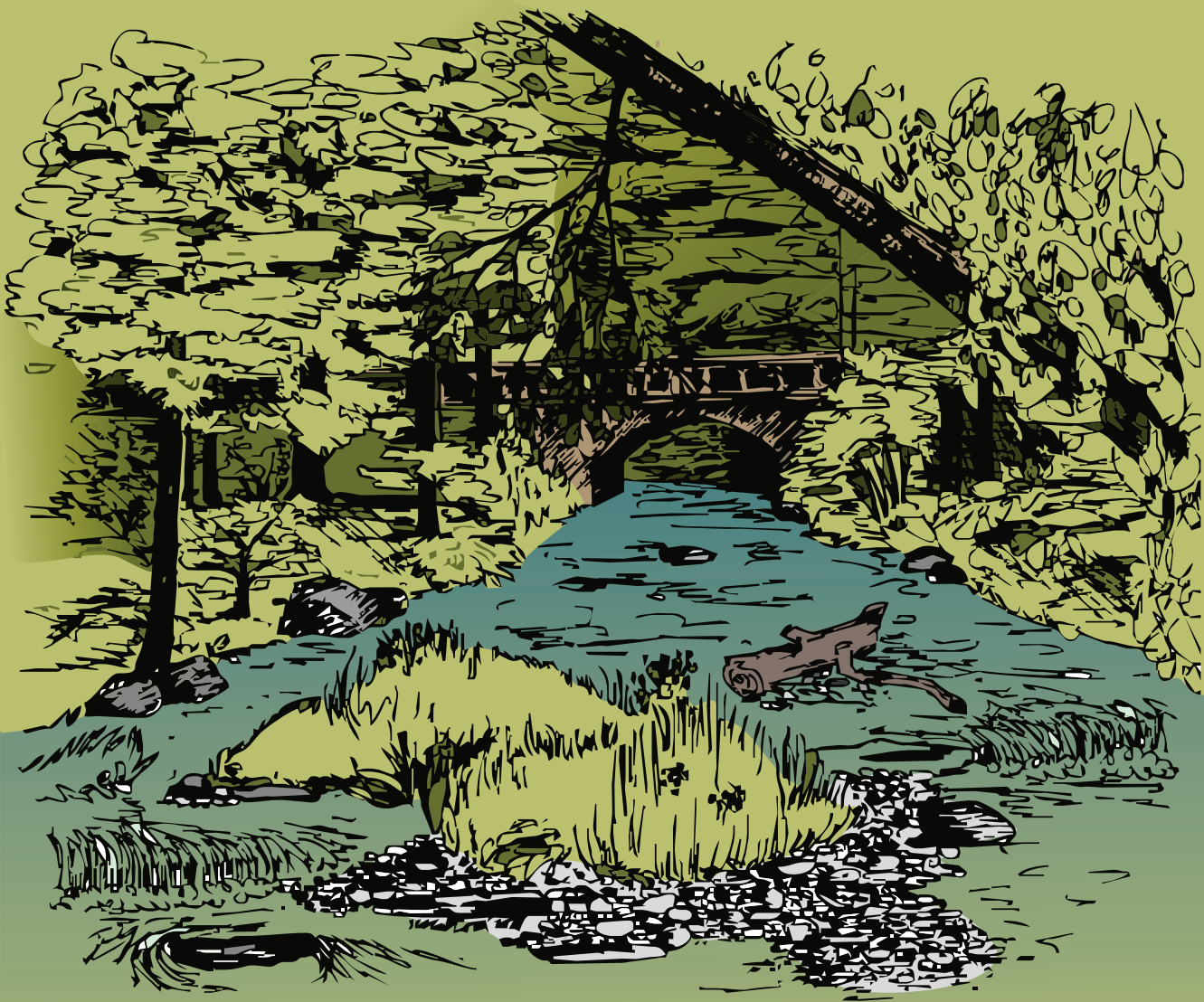


ŘÍČNÍ DŘEVO VE VODNÍCH TOCÍCH ČR

Zdeněk Máčka, Lukáš Krejčí a kolektiv
Masarykova univerzita
Brno 2011



Říční dřevo

ve vodních tocích ČR

Zdeněk Máčka, Lukáš Krejčí a kolektiv

Recenzenti

Mgr. Pavel Kožený – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha
Mgr. Pavel Raška, Ph.D. – Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem

Autorský kolektiv

Mgr. Zdeněk Máčka, Ph.D.¹ – editor, kapitoly 1, 2, 3, 6.1, 6.3.1, 7.1, 8
Mgr. Lukáš Krejčí, Ph.D.¹ – editor, kapitoly 4.1, 4.2, 5, 6.2, 6.3.2, 6.3.4, 7.1

Ing. Vladimír Gryc, Ph.D.³ – kapitola 6.4
Mgr. Petr Halas, Ph.D.² – kapitoly 4.3, 4.4
Ing. Tomáš Kolář³ – kapitola 6.4
Mgr. Nicol Kolářová¹ – kapitola 6.3.3
Ing. Eva Koňasová, Ph.D.³ – kapitola 6.4
doc. Ing. Jan Lacina, CSc.² – kapitoly 4.3, 4.4
Mgr. Blanka Loučková, Ph.D.⁴ – kapitola 6.3.1
Mgr. Lucie Peterková, Ph.D.¹ – kapitola 7.1
Mgr. Pavel Roštínský, Ph.D.² – kapitola 7.1
Ing. Michal Rybníček, Ph.D.³ – kapitola 6.4
Mgr. Mirek Smetana¹ – kapitola 6.1
doc. RNDr. Jaroslav Vašátko, CSc.¹ – kapitola 7.2
Ing. Hanuš Vavrčík, Ph.D.³ – kapitola 6.3.4, 6.4

Dále spolupracovali

Ing. Jan Baar³, Mgr. Ondřej Marvánek, Ph.D.¹, RNDr. Jarmila Šlezingerová³

¹ Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno

² Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., pobočka Brno, Drobného 28, 602 00 Brno

³ Ústav nauky o dřevě, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno

⁴ Katedra geografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

Technická redakce: Mgr. Lukáš Krejčí, Ph.D.

Kresby na obálce a v textu: Mgr. Nicol Kolářová

© 2011 Zdeněk Máčka, Lukáš Krejčí a kolektiv

ISBN 978-80-210-5624-4

Poděkování

Tato monografie je výstupem projektu „Environmentální význam mrtvého dřeva v říčních ekosystémech“. Za finanční podporu tohoto projektu děkujeme Grantové agentuře České republiky (grant reg. č. 205/08/0926). Za všestrannou pomoc a podporu při práci na Moravě v Litovelském Pomoraví děkujeme Ing. Olze Žerníčkové ze Správy chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví. Za pomoc a podporu při práci na Dyji děkujeme Ing. Robertovi Stejskalovi, Ph.D., ze Správy národního parku Podyjí. Za pomoc při terénních pracích děkujeme studentům Geografického ústavu PŘF MU Jánovi Babejovi, Martinovi Braunovi, Michalovi Drugovi, Richardovi Ehlovi, Ondřejovi Kincovi, Kláře Ležikové a Jitce Musilové. Děkujeme taktéž recenzentům za pročtení rukopisu a jejich náměty a připomínky.

OBSAH

1	Úvod	7
2	Definice říčního dřeva, formy jeho výskytu v říční krajině	10
3	Funkce dřeva v říčních ekosystémech	15
4	Charakteristika zkoumaných říčních úseků	22
4.1	Poloha a přehledové charakteristiky zkoumaných říčních úseků	22
4.2	Hydrogeomorfologická charakteristika zkoumaných říčních úseků	23
4.3	Struktura vegetačního krytu poříčních niv (biotopy)	27
4.4	Zásoby dřevní hmoty v břehových a doprovodných porostech, potenciál porostů pro produkci (přísun) říčního dřeva	33
5	Struktura říčního dřeva	36
5.1	Množství říčního dřeva	36
5.2	Velikostní struktura říčního dřeva	39
5.3	Poloha říčního dřeva v rámci funkčních zón koryta	40
5.4	Orientace říčního dřeva vůči proudění v korytě	43
5.5	Přísunové mechanismy a procesy říčního dřeva	45
5.6	Způsoby přirozeného kotvení říčního dřeva v korytě	47
6	Dynamika říčního dřeva	50
6.1	Monitoring povodňového transportu říčního dřeva	50
6.2	Sledování bilance říčního dřeva v modelových říčních úsecích	54
6.3	Naplavené dřevní akumulace – Dyje, Lužnice, Morava	56
6.3.1	<i>Dyje – extrémní povodně v letech 2002 a 2006 a jejich vliv na vznik dřevních akumulací</i>	56
6.3.2	<i>Lužnice – struktura kusů dřeva v akumulacích jako indikátor transportní kapacity řeky</i>	62
6.3.3	<i>Morava – dřevní akumulace jako dominantní forma výskytu říčního dřeva</i>	65
6.4	Rozklad mrtvého dřeva v prostředí poříčních niv – Dyje	70
6.5	Dendrochronologické datování říčního dřeva	72
7	Funkce říčního dřeva	77
7.1	Geomorfologické účinky říčního dřeva – Morávka, Svratka, Černá Opava, Morava	77
7.2	Porovnání malakofauny vybraných lokalit poříčních niv Moravy, Dyje a Svratky	94
8	Závěr a summary	98
	Seznam citovaných pramenů	102

1 Úvod



Stromy jsou nedílnou součástí říčních krajín v zalesněných povodích. Živé dřeviny i mrtvé dřevo mají značnou schopnost ovlivňovat podmínky a procesy v ekosystémech koryt a niv vodních toků. Živé stromy a keře například ovlivňují prostřednictvím zástiny teplotu vody anebo produkují úlomkovitý organický materiál (listy, větvičky, apod.) sloužící jako potrava vodním živočichům. Mnohem méně známá, avšak neméně důležitá a komplexní, je rovněž role mrtvého dřeva. Tato práce je věnována problematice tzv. říčního dřeva, které ve stručnosti chápeme jako padlé stromy a keře, případně jejich fragmenty, které ovlivňují fyzikální a biologické procesy v říčních systémech. Svým způsobem je termín říční dřevo ekvivalentem známějších pojmů mrtvé dřevo, splávi či dřevní hmota. Tímto novým termínem chceme vyjádřit specifickou vazbu padlých dřevin na fluvialní prostředí. (Více k definici říčního dřeva viz kap. 2.) Říční dřevo díky svojí schopnosti modifikovat hydraulické, geomorfologické, sedimentologické a ekologické procesy mění strukturu a fungování lotických a nivních ekosystémů napříč prostorovými a časovými měřítky (Gregory *et al.*, 2003).

Motivací pro vznik této práce byla skutečnost, že přes svoje nezanedbatelné dopady na strukturu a fungování říčních systémů, je říční dřevo v podmínkách České republiky badatelsky spíše opomíjeným fenoménem. Význam říčního dřeva pro lotické ekosystémy je u nás poměrně málo doceněný dokonce i mezi hydrobiologickou odbornou komunitou. Více diskutováno je říční dřevo mezi vodohospodáři, pro které představuje v korytech vodních toků rizikový prvek, problematický zejména z hlediska protipovodňové ochrany a

bezpečnosti vodních staveb. Studium říčního dřeva se tak u nás donedávna pohybovalo spíše na okraji zájmu přírodovědců, případně bylo říční dřevo v hledáčku správců toků jako nežádoucí element. Zatímco v USA, a později i v západní Evropě, Austrálii či Japonsku, je říční dřevo studováno biology, geomorfology a inženýry od konce 60. let 20. století, u nás máme k dispozici teprve první výsledky pilotních projektů. Vytvoření dostatečné znalostní báze o problematice říčního dřeva je ovšem v našich podmínkách žádoucí, a to zejména v souvislosti s implementací Rámcové směrnice o vodách¹ do naší vodohospodářské praxe. Říční dřevo přispívá k udržení a zlepšení dobrého ekologického stavu útvarů povrchových vod a je jedním z parametrů, který je v tomto ohledu sledován při hodnocení hydromorfologického stavu vodních toků². Účelem této monografie je zvýšit znalost o říčním dřevě na tocích České republiky, poskytnout zájemcům z okruhu vědecké komunity i vodohospodářské praxe informace o množství, zákonitostech prostorové distribuce, účincích a funkcích dřeva v korytech a příbřežních zónách vodních toků.

Předkládaná monografie reflektuje rostoucí zájem o problematiku říčního dřeva v našich podmínkách. Dosud zveřejněné odborné práce na toto téma mají povahu informačních materiálů pro odborníky i veřejnost (Siemens *et al.*, 2006; Kožený, 2007a), publikací výsledků základního výzkumu (Kožený, 2007b; Máčka a Krejčí, 2010a,b; Máčka *et al.*, 2011a,b) či metodických aplikačních studií (Šindlar *et al.*, 2003, Kožený *et al.*, 2011). Kromě pracoviště autorů se však v současnosti říčním dřevem soustavněji zabývají pouze pracovníci Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v Praze. Na rozdíl od většiny výše uvedených studií se tato práce věnuje především otázkám základního výzkumu. Ačkoliv k dispozici je celá řada zahraničních speciálních i obecných prací, pro potřeby větší informovanosti a vhodného přístupu k nakládání s říčním dřevem v České republice je třeba poskytnout relevantní podklady pocházející přímo z našeho regionu. Motivací pro vydání této monografie byla především snaha zvýšit povědomí o vlastnostech, zákonitostech prostorového rozšíření, časových změnách (dynamice) a funkcích říčního dřeva na příkladu vybraných toků České republiky. Výsledky projektu mají také řadu aplikačních přesahů směrem ke správě vodních toků.

Předkládaná monografie je shrnujícím výstupem projektu financovaného Grantovou agenturou České republiky „Environmentální význam mrtvého dřeva v říčních ekosystémech“ (reg. č. 205/08/0926). Projekt byl koncipován jako čtyřletý s dobou řešení v letech 2008 až 2011. Zaměření projektu mělo multidisciplinární povahu, a při jeho řešení se setkali odborníci z oblasti geomorfologie, říční ekologie, biogeografie, dendrochronologie a anatomie dřeva. Toto pojetí se odráží v zastoupení pracovišť různých institucí, které se na řešení projektu podílely. Hlavním řešitelským pracovištěm byl Geografický ústav Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (geomorfologie, říční ekologie). V roli spoluřešitelů se do projektu zapojil Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. – oddělení environmentální geografie (biogeografie, geomorfologie) a Ústav nauky o dřevě Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity (dendrochronologie, anatomie dřeva).

Říční dřevo bylo zkoumáno spíše v detailnějším prostorovém měřítku říčního úseku na vybraných tocích v povodích Moravy, Odry a Vltavy. Studium říčního dřeva v prostorovém měřítku povodí není v podmínkách České republiky možné, protože dřevo je z vodních toků soustavně odstraňováno a ve větším množství ho lze nalézt pouze v krátkých úsecích potoků a řek, zejména v rámci maloplošných zvláště chráněných území. V průběhu řešení byly zkoumány kratší říční úseky na Moravě, Dyji, Svatce, Černé Opavě, Morávce a Lužnici. Studium říčního dřeva se soustředilo na otázky jeho strukturálních vlastností, dynamiky a funkcí v říčních systémech. Ze strukturálních charakteristik byla

¹ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

² ČSN EN 14614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek

pozornost věnována především množství, dimenzím, prostorovému rozšíření a transformaci padlých stromů ve vodním prostředí. Z hlediska dynamiky byla sledována zejména pohyblivost (mobilita), přísun z břehových porostů, mezioční bilance v krátkých segmentech koryt, testovány byly také možnosti využití dendrochronologie pro postižení časové dynamiky přísunu stromů či jejich částí do řek. Z pohledu funkcí byly studovány vlivy říčního dřeva na utváření morfologie koryt a zrnitostního složení dnových splavenin.

Monografie je členěná do osmi kapitol. V kapitolách 2 a 3 lze nalézt úvodní seznámení s problematikou říčního dřeva z pohledu přírodovědce. Kapitoly obsahují především definici pojmu říční dřevo, popis různých forem a způsobů výskytu dřeva v korytech a nivách, nástin způsobů jak dřevo ovlivňuje fyzikální a ekologické procesy ve vodních tocích a přehled jeho rozmanitých funkcí v říčních krajinách. Kapitola 4 přináší informace o jednotlivých zkoumaných úsecích řek, jejich geomorfologickou a hydrologickou charakteristiku a přehled vegetačních poměrů. Stěžejní jsou kapitoly 5 až 7, obsahující výsledky vlastního původního výzkumu. Kapitola 5 informuje o strukturálních charakteristikách říčního dřeva, shrnuje poznatky o množství, velikostní struktuře, prostorové pozici, procesech přísunu a přirozených způsobech kotvení (stabilizace) říčního dřeva. Kapitola 6 se věnuje dynamice říčního dřeva z pohledu jeho transportu řekou směrem po proudu (značení vybraných kusů), změnám množství a uspořádání dřeva v krátkých bilančních úsecích, tvorbě dřevních akumulací za povodní a také časové dynamice přísunu padlých stromů do koryt řek pomocí dendrochronologických metod. V kapitole 7, zaměřené na vybrané funkce říčního dřeva, lze najít popis jeho geomorfologických a sedimentologických účinků v korytech vybraných vodních toků.

2 Definice říčního dřeva, formy jeho výskytu v říční krajině



Pojem říční dřevo, který lze nalézt v titulu této publikace, je nový termín, který se rozhodli autoři používat, aby co nejpříhodněji vystihli podstatu jevu, kterému je tato monografie věnována. Pro různé formy dřevní hmoty v korytech vodních toků a jejich bezprostředním okolí se používá v našich podmínkách celá řada pojmů, které však často vystihují pouze některé její dílčí vlastnosti a jsou proto svým způsobem zavádějící či zkreslující. Autoři nechtějí tyto termíny zavrhnout či rušit, což nakonec není ani možné, protože jsou již zakotveny v úzu řady oborů, ale nalézt přiléhavý, zastřešující termín, který by postihoval pestrost podob, ve kterých se dřevní hmota vyskytuje v říčních krajinách. Česká terminologie v této oblasti není jednotná, na rozdíl například od angličtiny, ve které se lze setkat s bohatší nabídkou pojmů, jejichž obsahová náplň je více ustálena (např. large woody debris, large wood, engineered log jam).

Pohled do české terminologie ukazuje, že je užíváno několik rozdílných pojmů, které však můžeme v některých případech považovat víceméně za synonymní. Ve vodohospodářské praxi se nejčastěji setkáme s pojmy splávi či plávi. Jsou to termíny, které se používají ve dvou významových nuancích. Jednak se může jednat o libovolný, nejčastěji drobný materiál rozmanitého původu, většinou organické povahy (např. větve, listí, sláma), ale lze sem zahrnout třeba i odpadky. V užším slova smyslu je pak takto označována pouze dřevní hmota všech velikostí od větví až po celé stromy. Další termín, který se objevil teprve v poměrně nedávné době, je plavená dřevní hmota (Šindlar *et al.*, 2003). Jedná se o volněji vymezený termín, který se používá pro větší dřevo přítomné v korytě či příbřežní zóně vodního toku, které bylo unášeno vodou, případně má potenciál pro budoucí odplavení. V rezortu ochrany přírody a krajiny se pak ponejvíce používá pojem mrtvé dřevo. Pokus o určité zobecnění a zastřešení různých podob dřeva, které má

vztah k potokům a řekám, představuje lakonický pojem dřevní hmota (Kožený *et al.*, 2011). Termíny splávi, plávi či plavená dřevní hmota jsou svým způsobem omezující, protože poukazují na to, že dřevo bylo či bude přemisťováno v říčním koridoru proudící vodou. Transport směrem po proudu však není nezbytným atributem dřeva ve vodních tocích. Padlé stromy mohou v říčním koridoru setrvávat ve své původní pozici desítky ba i stovky let a nikdy nemusí být vodou přeplaveny. Správně nevystihuje podstatu tohoto jevu ani pojem mrtvé dřevo, protože v korytech vodních toků se nachází celá řada živých dřevin, které mají stejné či podobné účinky (např. hydraulické) jako mrtvé dřevo. Termín dřevní hmota je zase příliš obecný a nijak nenapovídá, že se jedná o dřevo se vztahem k fluviálnímu prostředí. Mezi méně užívané pojmy patří v českém jazyce plavené dřevo (či plavené dříví), plovoucí dřevo, splavené dřevo, zbytky dřeva, dřevní suť, divoké dřevo.

Pokud nahlédneme do anglicky psané literatury, setkáme se zde s termínem woody debris, jenž se používá jako obecné pojmenování pro odumřelou dřevní biomasu. Jedná se o dřevní hmotu vyskytující se v libovolném typu ekosystému a je tedy pak třeba upřesnit, zda se jedná o materiál ve vodním toku či v jiném typu prostředí. Prostým překladem tohoto pojmu bychom dospěli k českým ekvivalentům zbytky dřeva, dřevní úlomky, popřípadě dřevní suť. Používání doslovného překladu do českého jazyka by ovšem nebylo příliš šťastné, neboť tyto pojmy navozují představu, že se jedná pouze o drobný, úlomkovitý materiál a zastírají skutečnost, že se mnohdy jedná o kompletní stromy a keře se zachovalými větvičkami i listím. Řidčeji se také používají termíny dead wood, in-stream woody debris či fallen trees, čili mrtvé dřevo, zbytky dřeva ve vodním toku a padlé stromy.

Specifičtěji, s větším zaměřením na říční ekosystémy, se v literatuře používají termíny large organic debris (LOD) – velké organické zbytky, large woody material (LWM) – velký dřevní materiál, zejména však termíny large woody debris (LWD) – velké dřevní zbytky, případně coarse woody debris (CWD) – hrubé dřevní zbytky. Tyto tzv. velké nebo hrubé dřevní úlomky jsou vymezeny minimálními rozměry, tloušťkou a délkou, které se nejčastěji kladou na hranici 10 cm pro tloušťku a 1 m pro délku. Kusy dřeva o této minimální velikosti se již považují za schopné plnit rozmanité ekosystémové funkce a vyvolávat v říčních krajinách hmatatelné účinky. V poslední době pak lze v anglicky psané odborné literatuře pozorovat příklon k používání termínu large wood, který nahrazuje široce rozšířený pojem large woody debris. Tento terminologický posun je motivován snahou vyhnout se označování dřeva v tocích jako úlomků či suti (ang. debris) a zohlednit skutečnost, že se nezřídka jedná o celé, kompletní stromy. Pro doplnění je třeba uvést, že svoje názvosloví má i drobnější dřevní materiál. Výrazy small woody debris (SWD) – malé, drobné dřevní zbytky či fine woody debris (FWD) – jemné dřevní zbytky označují menší kusy dřeva o průměru do 10 cm s libovolnou délkou. Někteří badatelé dále zužují velikostní vymezení drobných dřevních zbytků tak, že definují jejich minimální tloušťku a délku. Tak např. v pracích Baillie *et al.* (1999) či Kail a Gerhard (2003) jsou drobné dřevní zbytky definovány tloušťkou od 1 do 10 cm.

Termín říční dřevo navrhuje v českém jazyce používat z toho důvodu, že jednak zřetelně vymezuje vztah dřevní hmoty k fluviálnímu prostředí, a jednak má obecnější význam bez toho, že by předem přisuzoval dřevní hmotě nějaké specifické atributy (např. přemístění proudem či odumřelost). Nyní se tedy můžeme zaměřit na to, jakých podob říčního dřeva ve vodních tocích a jejich bezprostředním okolí může nabývat. Do kategorie říčního dřeva řadíme stromy, keře a jejich fragmenty (kmeny, větve, pařezy, kořeny), lze sem ale zahrnout i výrobky ze dřeva (např. trámy, desky, kůly, palivové dřevo, odplavené lávky, ploty), které se nechtěně dostaly do vodního toku.

Dále je třeba stanovit minimální rozměry jednotlivého kusu říčního dřeva. Výše zmíněné limity 10 cm pro tloušťku a 1 m pro délku jsou samozřejmě otázkou dohody a ačkoliv jsou zdaleka nejpoužívanější, lze se v literatuře setkat i s jiným velikostním vymezením. Bilby a Ward (1991) ve své studii řek na jihozápadě státu Washington

používali kritérium 10 cm pro tloušťku a 2 m pro délku, Young (1994) pro oblast Yellowstonekého národního parku 15 cm pro tloušťku a 2 m pro délku, Robison a Beschta (1990) na řekách jihovýchodní Aljašky 20 cm pro tloušťku a 1,5 m pro délku, May a Gresswell (2003) pro Cherry Creek v jižním Oregonu 20 cm pro tloušťku a 2 m pro délku a Reeves *et al.* (2003) na Cummins Creek na pobřeží středního Oregonu 30 cm pro tloušťku a 3 m pro délku. Minimální rozměry kusu s prokazatelnými účinky na koryto a nivu jsou ovšem závislé na poměru jeho velikosti vůči velikosti koryta. Se zvětšující se velikostí řeky účinky kusu určité velikosti klesají, jeho mobilita (pravděpodobnost odplavení) naopak roste. Minimální velikost kusů, které jsou již schopné ovlivňovat říční systém, je tedy odvislá od velikosti vodního toku (Gurnell, 2003). Pro možnost porovnávat množství (počet kusů, objem, hmotnost) říčního dřeva na českých tocích s údaji o jeho výskytu jinde ve světě se přidržujeme nejrozšířenějšího velikostního limitu 10 cm pro tloušťku a 1 m pro délku. Pak hovoříme o tzv. hrubém říčním dřevu. Pro dřevní hmotu nedosahující těchto rozměrů používáme termínu jemné říční dřevo.

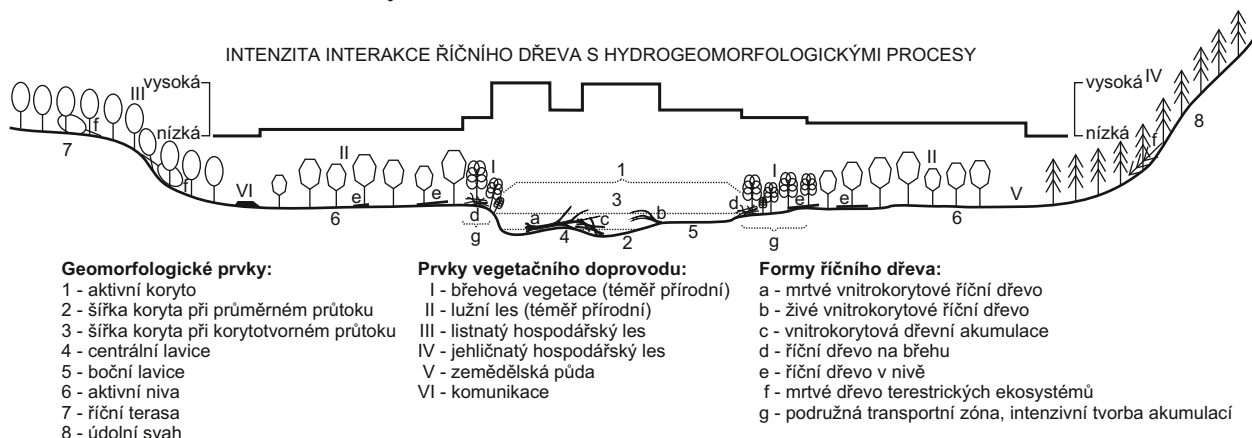
Dalším kritériem, které je vhodné brát v úvahu při definování říčního dřeva, jsou živost či mrtvost stromu. Ve většině studií věnovaných dřevní hmotě v tocích se pracuje pouze s kusy mrtvého dřeva (Piégay a Gurnell, 1997, Schuett-Hames *et al.*, 1999), někdy také se zmlazujícími, transportovanými kusy (Gurnell *et al.*, 2000a,b) či živé stojící stromy (Penczak, 1995; Wasklewicz, 2001). Zmlazující či živé dřeviny by však neměly být při studiu říčního dřeva opomíjeny. Velmi častým případem je dlouhodobé přežívání vitálních stromů nakloněných korunami a kmeny do koryta nebo živé stromy rostoucí přímo v korytě, zejména v případě stromových vrb (*Salix* spp.). Množství a funkce živého dřeva v korytech jsou obvykle odlišné než u mrtvého dřeva, jeho vliv však nelze opomíjet. Živé dřeviny významným způsobem ovlivňují hydrauliku proudění (disipace energie proudění), zachytávají partikulovaný organický materiál a zmenšují efektivní šířku koryta, čímž brání transportu volných kusů dřeva proudem.

Neméně důležité je zhodnotit polohu kusu dřeva v rámci koryta či nivy, která ovlivňuje jeho funkci v říčním ekosystému. Některé kusy dřeva se nacházejí celé v nivě, některé přesahují z nivy do koryta a jiné se nacházejí celé v korytě. Poloha kusu dřeva v rámci říčního koridoru určuje frekvenci a intenzitu interakcí s hydrogeomorfologickými procesy a funkce, které může v daném místě plnit. Většina studií se věnuje pouze vnitrokorytovému říčnímu dřevu. Pokud kus přesahuje za břehovou hranu, tak se zpravidla kalkuluje pouze s částí zasahující do koryta. Z hlediska přísunu, transportu a retence říčního dřeva má ovšem značný význam rovněž dřevo v periferních částech koryta, jako jsou vyšší části jesepních lavic, příbřežní zóna, občasné protékaná boční koryta či často zaplavované části nivy.

V širším slova smyslu tedy definujeme říční dřevo jako mrtvou či živou dřevní biomasu nacházející se v korytě nebo nivě vodního toku, která byla vystavena účinkům hydrogeomorfologických procesů a která tyto procesy sama modifikuje. Z hlediska interakce s geomorfologickými a hydrologickými procesy je ovšem významnější, z důvodu větších rozměrů, hrubé říční dřevo (s tloušťkou minimálně 10 cm a délkou 1 m). Takováto široce pojatá definice je dobře použitelná pro koryto (korytové říční dřevo), není však příliš praktická pro nivu. Z definice totiž vyplývá, že do kategorie říčního dřeva by v nivě patřily nejen mrtvé, vyvrácené stromy ale i všechny živé, stojící stromy. Bez toho, že bychom podceňovali účinky živé lužní vegetace na proudění vody a erozně-akumulační pochody v době povodní, považujeme za účelné zúžit vymezení říčního dřeva v nivě (nivní říční dřevo) ze zřejmých důvodů na padlé stromy a jejich fragmenty ležící na povrchu nivy.

Frekvence interakcí nivního říčního dřeva s hydrogeomorfologickými procesy je závislá na poloze v rámci říčního koridoru. Na jedné straně spektra stojí kusy dřeva zachycené v lužních porostech za povodní, které se nacházejí poblíž aktivního koryta a zvyšují drsnost povrchu nivy, vedou k zachytávání další organické hmoty a ovlivňují

distribuci a vlastnosti povodňových sedimentů. Na druhé straně spektra stojí tlející padlé stromy v okrajových nebo vyšších částech nivy, které se dostávají do kontaktu s hydrogeomorfologickými procesy jen velmi zřídka za velkých povodní. Pokud dřevo plavalo a bylo přemístěno vodním proudem z původního místa, na kterém se dostalo do říčního koridoru, hovoříme o alochtonním (plaveném) říčním dřevě. Pokud dřevina spočívá na svém původním místě, kde se vyvrátila či ulomila, hovoříme o autochtonním říčním dřevě. Obr. 2.1 ukazuje typickou situaci středoevropské řeky v člověkem využívané krajině s různými způsoby (módy) výskytu říčního dřeva, obr. 2.2 je ilustrací různých forem říčního dřeva v korytech a nivách vodních toků.



Obr. 2.1: Různé formy a způsoby výskytu říčního dřeva v korytech a nivách vodních toků protékající středoevropskou kulturní krajinou.

Samostatnou kapitolou klasifikace říčního dřeva je jeho třídění na individuální (samostatné) kusy a dřevní akumulace. Jako dřevní akumulace označujeme seskupení minimálně tří vzájemně se dotýkajících kusů hrubého říčního dřeva (viz obr. 2.2 D)). Velké dřevní akumulace mohou obsahovat i stovky kusů dřeva, jsou schopné účinně blokovat průtočný profil toku a významně měnit hydraulické, geomorfologické a sedimentologické poměry koryt i niv vodních toků. Na větších, zvláště pak upravených, vodních tocích se velké akumulace vyskytují pouze v omezeném rozsahu, jako signifikantní forma výskytu říčního dřeva se objevují pouze lokálně.



Obr. 2.2: Různé podoby říčního dřeva vyskytujícího se v korytech a nivách vodních toků. A) mrtvý, téměř kompletní strom naplavený na jesepní lavici, kde se kolem jeho kořenového balu vytvořila vírová tůň, větve byly využity bobry jako potrava (Morava, PP Osypané břehy), B) vyvrácená, zmlazující vrba ležící v korytě (Lužnice, PR Horní Lužnice), C) abrazí odvětvené a odkorněné stromy ležící v korytě (Morava, CHKO Litovelské Pomoraví), D) dřevní akumulace naplavená povodní do příbřežní zóny toku, vznik akumulace byl podmíněn zachytáváním plovoucího dřeva na živých stromech (Dyje, NP Podyjí).

3 Funkce dřeva v říčních ekosystémech

Hrubé říční dřevo je komponentou říčních ekosystémů, která dokáže podstatným způsobem ovlivnit jejich vzhled a fungování a plní mnohé ekosystémové funkce. Jakým způsobem a v jaké míře se může dřevo funkčně uplatnit, závisí na celé řadě faktorů; jedná se například o jeho rozměry, stupeň rozkladu, druh dřeviny, pozici v rámci koryta či nivy, hydrologický režim či zrnitost materiálů tvořících koryto a nivu. Výzkum vlivu dřeva na vodní toky se začal rozvíjet v 70. letech minulého století v hornatých oblastech porostlých jehličnatými lesy v severozápadní části USA (státy Oregon a Washington) (Swanson *et al.*, 1976; Beschta, 1979). V pozdější době pak začaly výzkumy i v jiných typech ekosystémů, zejména v západní Evropě (především Velká Británie, Francie, Německo), Austrálii a na Novém Zélandu a také ve střední a východní části USA. Z provedených studií vyplynulo, že říční dřevo plní zejména následující funkce: modifikuje hydrauliku proudění (Gippel, 1995), ovlivňuje transport splavenin (Bilby a Ward, 1989), utváří morfologii koryta a nivy (Nakamura a Swanson, 1993), přispívá ke vzniku vodních biotopů (Maser a Sedell, 1995; Beechie a Sibley, 1997), a pozitivně působí na populace některých skupin živočichů (zejména bezobratlých a ryb), mikroorganismů a vodních makrofyt (Lemly a Hildebrand, 2000; Wright a Flecker, 2004).

V předchozí době bylo dřevo považováno v korytech vodních toků za zbytečný a nežádoucí prvek. V Severní Americe dokonce panovala představa, že dřevo představuje migrační překážku pro lososovité ryby a všeobecně byla vnímána negativní role dřeva při povodňových situacích. Ačkoliv je v současné době říční dřevo široce doceněno jako integrální součást říčních ekosystémů v zalesněných povodích, nelze nezmínit jeho nežádoucí dopady na lidskou společnost. Dřevo může zhoršovat průběh povodní tím, že blokuje část průtočného profilu a způsobuje pak vylití vody z koryta. Při povodních bývají také méně stabilní kusy dřeva unášeny po proudu a zachytávají se na vodních stavbách jako jsou propustky, jezy, mostní pilíře či hráze vodních nádrží. Dřevo zachycené v profilech mostů zužuje průtočný profil, ve kterém následně dochází ke zrychlení proudění a podemílání mostní konstrukce. Pokud dřevo zachycené na konstrukci mostu vyvolá vzduť hladiny, dochází ke zvýšenému statickému namáhání stavby s možností porušení její stability (Diehl 1997; Kothiyari a Ranga Raju, 2001). Dalším problematickým



aspektem přítomnosti dřeva ve vodních tocích je ztěžování podmínek říční plavby, ať už jde o komerční plavbu na velkých řekách (Gurnell *et al.*, 2002; Piégay, 2003) či rekreační plavbu na menších tocích. Z tohoto důvodu bývá dřevo z vodních toků hustěji osídlených oblastí soustavně odstraňováno. Škodlivé účinky říčního dřeva pro technickou infrastrukturu jsou obecně známy a je jim věnována dostatečná pozornost mezi inženýrsky zaměřenými odborníky. Z tohoto důvodu se věnujeme v následujícím přehledu pouze ekosystémovým užitkům říčního dřeva, které jsou mnohem méně známé a akceptované, a při studiu říčního dřeva uplatňujeme východiska a postupy přírodovědných disciplín.

Z hlediska geomorfologických účinků se dřevo projevuje třemi způsoby: ovlivňuje pohyb a zachytávání splavenin, modifikuje dynamiku fluviálních procesů a přetváří korytovou morfologii. Přímé i nepřímé účinky dřeva se projevují v řekách napříč všemi prostorovými měřítky od nejmenších korytových jednotek (např. tůně, lavice), přes říční úsek a údolní dno až po celou říční krajinu. Na úrovni korytových jednotek dřevo silně ovlivňuje zejména velikost a typ tůní, náplavů (lavic) a v případě toků s výrazně hrubozrnnými sedimenty také dnových stupňů. Mnoho z geomorfologických účinků říčního dřeva je výsledkem působení velkých stabilních kusů, které efektivně blokují proudění vody a pohyb splavenin. Velké, tzv. klíčové kusy (ang. key members) mohou také zachytávat další plovoucí dřevo, čímž vznikají dřevní akumulace. Akumulace díky svým větším rozměrům ovlivňují proudění a morfologii koryta ještě výrazněji než individuální kusy.

Říční dřevo jako účinná překážka proudění vody lokálně modifikuje hydraulické podmínky a zesiluje erozní tvorbu tůní. V závislosti na orientaci a výšce nade dnem dřevo přispívá ke vzniku různých typů tůní. Vertikálně postavené kusy dřeva mají podobné účinky jako mostní pilíře a způsobují vznik turbulentních vírů erodujících okolní dno. Tento typ překážek vede v korytě ke vzniku výmolových tůní (v místech se zrychleným prouděním), vírových tůní (v důsledku turbulence vyvolané překážkou), případně hrazených tůní (vzdutí hladiny vyvolané laterální vertikální překážkou, například příčné ležící dřevní akumulací) (Robinson a Beschta, 1990). Klády bez kontaktu se dnem a v pozici více méně rovnoběžné s vodní hladinou vytvářejí horizontální překážky, které voda podtéká, proudění je směřováno proti dnu a zesílení eroze vede ke vzniku tůně. Kusy dřeva mohou být rovněž orientovány šikmo vůči vodní hladině; takovéto překážky vyvolávají vznik vírových tůní. Vznik tůní v důsledku horizontálně a šikmo postavených překážek závisí na průměru kusu dřeva, jeho orientaci vůči proudění, rychlosti proudění, vzdálenosti ode dna a sklonu vůči dnu (Beschta, 1983). Pod kládovými stupni, přes které přepadává voda, vznikají tůně v důsledku turbulence ve vývařišti. Hloubka tůní ve vývařišťích je odvislá od energie vodního proudu, hloubky vody a intenzitě turbulence (Borman a Julien, 1991). Tůně vytvořené při obtékání velkých dřevních akumulací bývají větší a bývají více hloubkově variabilní než jiné typy tůní.

Říční dřevo může vyvolat vznik sedimentárních lavic, pokud fyzicky blokuje transport splavenin nebo když vytváří proudové stíny, čímž vyvolává depozici unášeného materiálu. V místech, kde dřevo modifikuje proudění a vyvolává vznik tůně, vzniká za tůní náplav tvořený sedimenty erodovanými v tůni. Depozice sedimentů vázaná na dřevo může být značná. V některých říčních úsecích je objem sedimentů zachycených na dřevě až desetinásobný v porovnání s celoročním objemem splavenin transportovaných přes tyto úseky; dřevo tak významně reguluje pohyb sedimentů korytem (Pitlick, 1995). V řekách s velkou zásobou sedimentů zachycených na individuálních kusech či akumulacích je transport splavenin mnohem méně rozkolísaný (Massong a Montgomery, 2000). Z výše uvedeného vyplývá, že po odstranění dřeva dochází ke snížení retenční kapacity a zesílení transportu splavenin (Smith *et al.*, 1993).

Dřevo dvojnásobným způsobem ovlivňuje šířku koryta. V prvním případě chrání dřevo

břehy před erozí a zabraňuje rozšiřování koryta. Ve druhém případě naopak odklání proud proti břehu a lokálně akceleruje jeho erozi a způsobuje rozšíření koryta. Z tohoto důvodu může v zalesněných říčních úsecích na krátkou vzdálenost šířka koryta značně kolísat. Výrazný vliv na lokální variabilitu koryta mají zejména dřevní akumulace (Montgomery *et al.*, 2003). Ilustrativním příkladem v našich podmínkách je tzv. Kenická akumulace v NPR Ramena řeky Moravy, která vyvolala lokální rozšíření koryta na 41 m, průměrná šířka koryta v okolí je přitom pouze 23,8 m (Máčka a Krejčí, 2006) (viz obr. 6.14 a 6.15). Studie provedené v Severní Americe a na Novém Zélandě dokládají, že zalesněné říční úseky jsou širší a vykazují rovněž větší šířkovou variabilitu než úseky protékající travními porosty (Trimble, 1997; Davies-Colley, 1997). Eroze říčních břehů však nespojuje pouze se dřevem ležícím v korytě, ale je ovlivněna rovněž jejich prokořeněním. Smith (1976) během série terénních experimentů zjistil, že rychlost eroze byla nepřímo úměrná stupni prokořenění břehu, což dokazuje, že břehové porosty dřevin významně zpomalují břehovou erozi. Stabilní kusy dřeva nebo dřevní akumulace mohou rovněž rozdělit proudění a vyvolat vznik většího počtu samostatných, užších anastomózních koryt.

V prostorovém měřítku říčního úseku ovlivňuje dřevo počet tůní a lavic. V řekách obklopených lesními porosty se zpravidla zkracuje vzdálenost (rozestupy) mezi tůněmi s rostoucím množstvím dřeva v korytě. Dřevo rovněž výrazně zvyšuje hydraulickou drsnost koryta, což ovlivňuje rychlost proudění vody (rychlost se zmenšuje), průtok a tečné napětí působící na dno a břehy. Zmenšení tečného napětí (a tím snížení potenciálu pro erozi) může dosahovat značných hodnot. Buffington (2001) uvádí u šterkonosných toků v dospělých lesních porostech jihovýchodní Aljašky snížení tečného napětí díky dřevu o 60 %. Assani a Pettit (1995) zjistili na malém šterkonosném toku v Belgii zvýšení tečného napětí o 50 % po odstranění dřevních akumulací. Odstranění dřeva vedlo v tomto případě k úměrnému nárůstu transportu šterků. Kromě celkového zvyšování odporu vůči proudění vody zvyšuje dřevo prostorovou variabilitu tečného napětí a energie toku, což se odráží ve větším počtu tůní a lavic, a také větší šířkové variabilitě koryta. Dřevo tak iniciuje vznik nepravidelností (mikroforem) na dně a březích, které dále zvyšují rezistenci vůči eroznímu působení proudící vody.

Kombinovaný účinek zvýšené drsnosti způsobené dřevem a mikroformami dna a břehů podstatně snižuje tečné napětí na dně koryta a transportní kapacitu toku, čímž dochází ke zjemňování dnových sedimentů. Buffington a Montgomery (1999) modelovým výpočtem zjistili, že snížení transportní kapacity v důsledku přítomnosti lavic, nerovných břehů a dřeva může snížit střední velikost zrna u dnových sedimentů o 90 % oproti širokému korytu s plochým dnem a malou drsností. Vliv dřeva na průměrnou zrnitost sedimentů v říčním úseku a rovněž na prostorovou variabilitu zrnitostních frakcí (plošky dna tvořené sedimenty odlišného zrnitostního složení) má dopad na výskyt a pestrost vodních biotopů. Dobře prozkoumaný je zejména vliv lavic a dřeva na ukládání šterkopísků vhodných jako podklad pro tření lososovitých ryb v horských potocích. Bez jejich účinku by dno v těchto příkrých vodotečích tvořily zejména velmi hrubé sedimenty (hrubě šterkovité, kamenité), které jsou pro zakládání trdlišť těchto ryb nevhodné.

Vliv dřeva na hydraulické podmínky a transport sedimentů se může projevit v prostorovém měřítku říčního úseku rovněž změnami geomorfologického typu koryta. Koryto může být například přehrazeno kládovými stupni, na kterých se rozptyluje energie, která by jinak byla k dispozici pro transport sedimentů. Tyto organické stupně zadržují sedimenty a udržují aluviální koryto tam, kde by jinak existoval tok se skalním korytem. Podobně může dřevo vést ke vzniku série mělčin a tůní tam, kde by jinak bylo pouze ploché dno či skalní koryto. Z důvodu velmi silných vlivů dřeva na morfologii koryta se předpokládá, že samovolně vytvořené tůně by v tocích se středním sklonem (tj. > 1 %) s hrubě a středně šterkovitým dnem spíše neexistovaly. Četné studie na tomto typu toků naznačují, že většina tůní je zde přímo vytvořená či silně ovlivněná ležícím dřevem.

V širším prostorovém měřítku ovlivňuje dřevo rovněž utváření celého údolního dna. Dřevní záтары, které dříve kompletně blokovaly velké nížinné řeky, významně ovlivňovaly morfologii koryta a nivy, sklon údolního dna a transportní kapacitu toku. S obrovskými dřevními akumulacemi se setkávali první evropští kolonisté v Severní Americe. Španělští objevitelé například popsali v roce 1690 velký zátaras na dolním toku řeky Colorado v Texasu. Třicet let po odstranění tohoto zátarasu Americkou armádou v roce 1927 vytvořily sedimenty erodované z koryta řeky deltu, která přetínala napříč celou zátoku Matagorda (Hartopo, 1991). První evropští průzkumníci rovněž zaznamenali rozsáhlý dřevní zátaras na řece Red v Louisianě (tzv. Great Raft); zátaras sestával ze střídajících se úseků přehrazených dřevními akumulacemi a úseků s volnou pomalu tekoucí až stojatou vodou. Veatch (1906) odhadl, že v roce 1875 ovlivňoval tento složitý zátaras řeku v délce 390 až 480 km a začal se tvořit někdy v druhé polovině 15. století. Do dvaceti let po odstranění posledních zbytků zátarasu se prohloubilo koryto řeky Red v úseku 24 km dlouhém o 1 až 5 m a transportní kapacita se zvýšila šestinásobně. Další velká dřevní akumulace, která blokovala v délce 1 km koryto řeky Skagit ve Washingtonu, způsobovala každoročně při tání sněhu povodeň, která zaplavovala cca 380 km² okolní krajiny. Po odstranění akumulace se již ani největší jarní povodně nevylévaly z koryta (Montgomery *et al.*, 2003). Lze předpokládat, že rozsáhlé dřevní záтары se mohly tvořit i na našich řekách v prehistorickém období, kdy hospodaření v krajině nemělo tolik intenzivní charakter. V této době mohly mít velké dřevní akumulace značný vliv na podobu říčního vzoru a tvárnost údolních niv v zalesněných povodích. Takovéto akumulace pravděpodobně sehrály svoji roli při vzniku anastomózního větvení Moravy v Hornomoravském a Dolnomoravském úvalu.

V průběhu delšího času se mohou vlivy dřeva na erozi a transport splavenin kumulovat a projevit se geomorfologickými účinky dokonce na úrovni celého povodí. Například kládové stupně rozptylují potenciální energii, která by jinak byla využita pro transport splavenin. Studie věnované podélnému profilu menších vodních toků ukazují, že 6 % až 80 % spádu koryta může být vázáno na kládové stupně (Montgomery *et al.*, 2003). V říční síti vyvinuté na málo odolných horninách s velkými sklony koryt může vést snížení hydraulické drsnosti po odstranění dřeva ke katastrofickým projevům hloubkové eroze (Booth, 1990).

Ačkoliv se velké množství badatelů zaměřovalo zejména na způsoby, jakými říční dřevo ovlivňuje hydrogeomorfologické procesy, hrubé dřevo má velký dopad také na řadu procesů biologických. Dřevo například podporuje primární produkci ve vodních tocích tím, že poskytuje podklad pro život bakterií a řas, a taktéž se z něho uvolňují živiny přístupné pro organizmy. Na dřevě se ve vodním prostředí rychle vytvářejí biofilmy tvořené mikroorganismy a slizovitými látkami, které je obklopují. Dřevo slouží mikroorganismům nejen jako podklad, ale i jako zdroj živin. Dřevo rovněž vytváří vhodné podmínky pro zachytávání a rozklad partikulovaného organického materiálu, jehož zdrojem je vegetace na březích a v nivě. Mikroorganismy a bezobratlí živočichové obývající říční dřevo tuto organickou hmotu využívají a rozkládají rychleji než samotné dřevo. Velké dřevo rovněž zachytává a akumuluje těla uhynulých ryb. Živiny, zejména dusík, které se uvolňují z rozkládajících se zbytků rybích těl pak zrychlují rozvoj řasových a mikrobiálních biofilmů.

Říční dřevo také přímým i nepřímým způsobem zvyšuje sekundární produkci. Přímým vlivem je zvětšování povrchové plochy, která je dostupná pro bezobratlé spásáče (seškrabávače), nepřímým pak zvyšování pestrosti ekotopů v korytě. Smock *et al.* (1989) uvádí z malého toku na pobřežní nížině ve Virginii, že abundance bezobratlých byla desetkrát a biomasa pětkrát vyšší na dřevních akumulacích než na písčitéch substrátech. Větší hustota populací i větší druhová pestrost bezobratlých v tocích, které obsahují dostatek dřeva, byla zdokumentována rovněž na tocích jihovýchodní Austrálie a Nového

Zélandu (O'Connor, 1991; Collier a Halliday, 2000); důvodem byla větší dostupnost vhodných biotopů nebo lepší potravní nabídka, případně kombinace obojího. Vyšší populační hustota bezobratlých následně představuje větší a pestřejší potravní nabídku pro ryby, které se jimi živí.

To, že bezobratlí kolonizují větve ponořených stromů v lotických i lentických systémech, je známo již několik desetiletí (Berner, 1951). Bezobratlí rovněž osidlují listí a větvičky usazené na říčním dně. Ačkoliv mnohem větší pozornost byla v tomto ohledu věnována minerálním substrátům, dřevo může v řece představovat mnohem příznivější stanoviště pro kolonizaci. Pokud je dřevo přirozeně kotvené, nabízí v korytě relativně stabilní podklad, poskytuje vhodný povrch, na kterém se mohou bezobratlí přichytit a bývá zároveň pokryté biofilmy a porostlé rostlinami, které dále rozšiřují nabídku stanovišť a slouží jako zdroj potravy. Na rozdíl od minerálních podkladů může být dřevo některými druhy přímo konzumováno, je dostatečně měkké, aby v něm bylo možné vrtat chodbičky sloužící jako úkryty, zároveň je velmi efektivním zachytávačem proudem unášeného organického materiálu, který tak může být zužitkován. Dřevo je tak schopné oproti minerálním substrátům výrazně zvýšit pestrost potravní a stanovištní nabídky. Bezobratlí využívají dřevo mnoha způsoby v různých fázích jejich životního cyklu bez ohledu na to, jaký je jejich skutečný potravní zdroj. Dospělci ho využívají k odpočinku či jako stanoviště k páření a kladou na jeho povrch vajíčka, ať už pod hladinou nebo na vynořené části. Mnozí bezobratlí, zejména larvy hmyzu, využívají dřevo jako úkryt – schovávají se pod odchlípnutou borkou, vrtají si chodbičky, používají praskliny ve dřevě, nebo si je aktivně dlabou. Některé larvy hmyzu, jako například chrostíci (např. *Heteroplectron* spp., *Pycnopsyche* spp.), využívají drobné úlomky kůry a větviček pro vytváření schránek. Řada hmyzích druhů se zakuklí pevně přichycená na povrchu dřeva nebo ve dřevě, případně šplhá po dřevě z vody po vylíhnutí dospělého. Zřejmě nejdůležitějším důvodem, proč jsou bezobratlí tak hojní na ponořeném dřevě je to, že mohou využívat řadu potravních příležitostí s využitím různorodých potravních strategií.

Říční dřevo je také často využíváno bezobratlými přímo jako potrava. Hoffman a Hering (2000) provedli klasifikaci fauny vázané ve vodních tocích na dřevo do tří kategorií na základě míry využití dřeva jako potravy (xylofágie) - druhy požírající výhradně dřevo, druhy využívající dřevo jako jeden z potravních zdrojů, dřevo nekonzumující druhy. Některé druhy se vyskytují výhradně na dřevě a jsou potravně omezeny pouze na dřevní hmotu (obligátní xylofágové), jiné druhy do určité míry dřevo požírají, ale živí se rovněž listím (fakultativní xylofágové). Tradičnější třídění kladou živočichy požírající dřevo do skupiny kouskovačů (drtičů). Nexylofágní druhy s vazbou na dřevo pak náleží ke zbývajícím skupinám – seškrabávačům, filtrátorům a predátorům. Ve střední Evropě patří mezi obligátní xylofágy některé druhy chrostíků (*Trichoptera* spp.), brouků (*Coleoptera* spp.) a dvoukřídlých (*Diptera* spp.).

Množství bezobratlých živočichů žijících na říčním dřevě bylo kvantifikováno v celé řadě studií v různých částech světa. Vzorkování bylo prováděno buď na přirozených kusech a jejich akumulacích, případně byla studována kolonizace kusů dřeva vložených do vodního toku přímo za tímto záměrem. Bezobratlí byli kvantifikováni pomocí jejich početnosti, biomasy, případně produkce. Některé práce se soustředily na celé společenstvo, jiné byly úžeji zaměřené na konkrétní druhy, čeledě nebo řády. Početnost bezobratlých (vyjádřená počtem jedinců na jednotkovou plochu povrchu dřeva) na úrovni celého společenstva byla hodnocena v několika studiích a je značně proměnlivá. Hustota bezobratlých na dřevě v Německu, Rakousku, Texasu a Missouri byla poměrně nízká (< 5000/m²), ve většině ostatních studií však dosahovala nebo dokonce přesahovala hodnotu 10 000/m² (Benke a Wallace, 2003). Jedna z prvních studií, provedená na malém toku v Illinois, zdokumentovala na třech přirozených kusech dřeva hustotu větší než

22 000/m² a na uměle vloženém dřevě kolonizovaném máloštětinatci (*Oligochaeta* spp.) byla dokonce zaznamenána hodnota dosahující téměř 92 000/m².

Velké dřevo má neocenitelný podíl na vytváření míst s hlubší vodou a tůň, které jsou biotopem ryb. Tůně i jiné biotopy vázané na dřevo jsou pro ryby atraktivní z nejrůznějších důvodů. V první řadě jsou to místa, kam se mohou ryby uchýlit v době extrémních (maximálních i minimálních) průtoků. Za vyšších vodních stavů jsou tůně místy s pomalejším prouděním vody, za sucha naopak místy se zbývající hlubší vodou. Lososovité ryby se například skrývají v proudových stínech za kusy dřeva, odkud podnikají výpady do rychleji proudící vody, která unáší jejich kořist. Útočiště s nižšími rychlostmi za dřevem snižují úmrtnost při přezimování pro řadu drobných bentických druhů ryb, zvláště v tocích s písčítým dnem (Ross *et al.*, 1992). Jiné druhy ryb používají tůně kryté dřevem jako místa pro tření nebo kladou jikry přímo na ponořené dřevo (např. jelčici, *Cyprinella* spp.). Tůně bývají typicky obývány větším počtem ryb a rybami větších velikostí než mělké úseky koryta díky většímu prostoru (objemu), který je v těchto biotopech k dispozici. Vodní toky s nedostatečně vyvinutými, mělkými tůněmi s malým reziduálním objemem jsou domovem menšího počtu druhů, vykazují jednodušší trofické vztahy a početnost rybích populací je v nich více časově rozkolísaná (Schlosser, 1987). Kromě vlivu na tvorbu tůň nelze přehlížet ani vliv dřeva jako drsnostního prvku v mělkých tocích s jemnozrnnými sedimenty. Například řada toků v nížinách atlantického pobřeží USA postrádá hrubší šterkovité sedimenty. Dřevo je pak jediným prvkem vytvářejícím drsnost koryta a podporujícím vznik pestřejších, proudných biotopů (Smock a Gilinsky, 1992). Přítomnost dřevních akumulací, byť často obsahujících kusy s poměrně malým průměrem, vytváří v mělkém, písčitém korytě heterogenní zónu s proměnlivou rychlostí proudění a hloubkou vody.

Kromě podílu na tvorbě tůň a zpestření rychlosti a typu proudění vody se říční dřevo uplatňuje rovněž jako úkryt a celkově zpestřuje strukturu vodního prostředí. Jako úkryt může sloužit celá škála struktur od jediného kmene vyvráceného stromu až po velké dřevní akumulace. V tocích severního Japonska byla nalezena pozitivní závislost mezi množstvím úkrytů tvořených dřevem a početností lososa masu (*Oncorhynchus masou*) v biotopech tůň i mimo tůně (Inoue a Nakano, 1998). Obecně lze říci, že vodní toky s komplexnější strukturou koryta mají početnější populace a vyšší diverzitu rybí obsádky než toky s jednoduše utvářeným korytem. Toto souvisí mimo jiné s možností ukrýt se před predátory, izolovat se od potravních konkurentů nebo nalézt vhodná útočiště v období nepříznivých životních podmínek, jako jsou povodně a sucha. Dřevo poskytuje stín, který ztěžuje predátorům vidět ryby a rybám naopak pomáhá spatřit včas blížícího se predátora. Strukturální pestrost koryta je pro mnohé druhy ryb základním předpokladem jejich života. Ponořené větve a jiné dřevo rozdělují dostupný prostor a vizuálně izolují jednotlivé rybí jedince, což umožňuje vyšší hustotu obsazení dostupného prostoru.

Strukturální pestrost a velký výběr biotopů jsou kritickými podmínkami pro přežití stresových podmínek, jako jsou extrémně vysoké či nízké průtoky. V potocích náchylných k vysychání může hrubé říční dřevo či jiné překážky v korytě poskytnout jediné útočiště během období sucha. Vodní tůně, které přetrvávají v prohlubních na dně koryta, jsou vyhledávány i jinými skupinami živočichů než rybami; predátoři jako mývalové, volavky, hadi nebo vydry mohou profitovat z vysoké koncentrace ryb stahujících se za sucha do tůň. Na úrovni jednotlivých biotopických jednotek se projevuje segregace rybí obsádky podle druhů a velikosti. Zejména pro ryby s agresivnějším chováním je velká nabídka stanovišť nezbytnou podmínkou koexistence. Větší nebo více agresivní jedinci obsazují v menších tocích nejvýhodnější polohy (Fausch a White, 1981). Známá je segregace různých druhů mladých lososovitých ryb v tocích s tůněmi generovanými přítomností hrubého říčního dřeva. Práce zabývající se společenstvy ryb v tocích teplejších oblastí

ovšem ukazují, že vazby ryb na dřevo jsou ovlivněny rovněž dalšími faktory, jako je rychlost proudění vody, způsoby chování (vyhýbání se predátorům) či potravní příležitosti (Meffe a Sheldon, 1988). Jak ryba dorůstá, její vazba na dřevo se může měnit podle její velikosti a potravních preferencí. Například Quist a Guy (2001) zjistili významnou pozitivní vazbu na množství dřeva u semotila černoskvrnného (*Semotilus atromaculatus*) pouze v prvním roce života. Tuto skutečnost interpretovali jako důsledek přechodu z konzumace bezobratlých žijících na dřevě v mládí na konzumaci ryb ve starším věku. Užítky dřeva pro ryby lze shrnout následovně: dřevo vytváří zákryt a stín, pobytové prostředí pro mladé jedince či dospělce, představuje zdroj potravy (nabízí řasy nebo bezobratlé žijící na povrchu ponořeného dřeva), sehrává roli při reprodukci (zákryt pro tření, podklad pro kladení jiker), a nabízí úkryt před predátory.

4 Charakteristika zkoumaných říčních úseků



4.1 Poloha a přehledové charakteristiky zkoumaných říčních úseků

Vodní toky v České republice prošly v minulosti systematickými úpravami a skutečně přirozených úseků se do dnešní doby dochovalo poměrně málo (viz obr. 4.2). S říčním dřevem se můžeme setkat leckde, břehové porosty se vyvrací nebo lámou i na upravených řekách. Aby bylo možno provést seriózní výzkum, bylo však třeba najít takové říční úseky, kde se vyskytuje říční dřevo v přirozeném množství, má přirozenou dynamiku a člověkem není systematicky odstraňováno.

Pro výzkum bylo vybráno celkem 9 říčních úseků. Tyto úseky jsou situovány zejména do východní části ČR a jejich polohu ukazuje obr. 4.1. Detailnější specifikaci polohy podává tab. 4.1. Přehled o charakteristikách uvádí tab.

4.2. Obecně platí, že na všech úsecích kromě Černé Opavy

byla zjišťována celková struktura říčního dřeva a prováděny dílčí účelové výzkumy. Na Černé

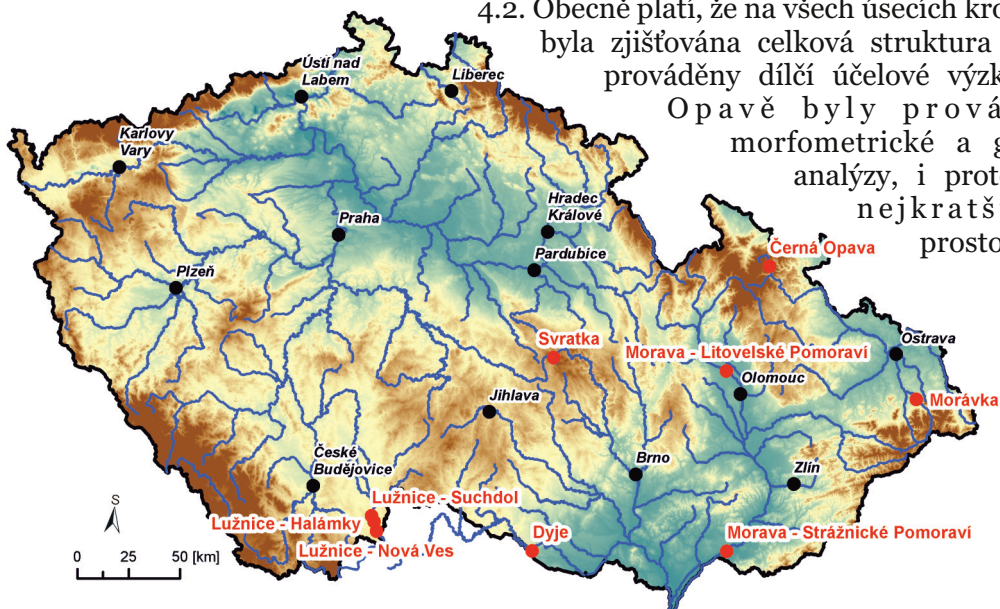
Opavě byly prováděny pouze

morfometrické a granulometrické

analýzy, i proto je tento úsek

nejkratší. Ve větším

prostorovém rozsahu,



Obr. 4.1: Poloha zkoumaných úseků v rámci České republiky.

než na ostatních řekách, bylo říční dřvo zkoumáno na Dyji a Morávce. Na Dyji byla provedena evidence říčního dřva mezi hrázemi vodních nádrží Vranov a Znojmo (44 km) a na Morávce v celé délce toku od pramene po ústí.

Tab. 4.1: Bližší vymezení zájmových úseků. Pokud to bylo možné, tak byl počátek a konec úseku situován na snadno identifikovatelné objekty.

	Vymezení horního okraje	Vymezení dolního okraje	Katastry obcí
Morava - Strážnické Pomoraví	ústí Veličky	-	Petrov, Rohatec, Strážnice, Vracov
Morava - Litovelské Pomoraví	-	silniční most Lhota – Sřeň	Litovel, Sřeň
Lužnice - Suchdol	-	začátek úpravy	Suchdol nad Lužnicí, Dvory nad Lužnicí
Lužnice - Halámky	170 m pod silničním mostem Dvory - Halámky	-	Halámky, Dvory nad Lužnicí
Lužnice - Nová Ves	250 m pod jezem	-	Nová Ves nad Lužnicí
Černá Opava	-	ústí Sokolího potoka	Heřmanovice
Morávka	"hruška"	ocelová lávka	Raškovice, Nižní Lhoty, Vyšní Lhoty, Frýdek-Místek
Dyje	Lípinská lávka	jez Papírna	Havraníky, Hnanice, Podmolí
Svratka	lesní cesta	hranice lesa	Cikháj, Herálec



Obř. 4.2: Většina významných vodních toků ČR byla v minulosti upravena. Upravený vodní tok s sebou přináší nutnou údržbu obnášející mimo jiné probírky břehových porostů a odstraňování říčního dřva. Dolní tok řeky Moravy byl téměř celý napříměn (vlevo). Do dnešní doby se v relativně přirozené podobě dochoval asi 12 km dlouhý úsek nazvaný Strážnické Pomoraví (vpravo).

Tab. 4.2: Přehledové charakteristiky zkoumaných říčních úseků.

	Staničení*	Délka úseku	Střední nadmořská výška koryta	Plocha povodí nad úsekem	Sklon dna	Průměrná šířka nivy	Průměrná šířka koryta	Průměrná hloubka koryta	Q_5	$Q_1, Q_5, Q_{10}, Q_{100}$	Stupeň ochrany přírody
	(ř. km)	(km)	(m n. m.)	(km ²)	(‰)	(m)	(m)	(m)	(m ³ ·s ⁻¹)	(m ³ ·s ⁻¹)	
Morava - Strážnické Pomoraví	125,9 - 128,6	2,8	167,5	9150	0,4	3500	69	6,0	59,6	375, 525, 588, 790	PPP
Morava - Litovelské Pomoraví	253,5 - 256,4	2,9	227,0	2245	0,7	5500	30	4,3	20,8	115, 227, 281, 483	NPR
Lužnice - Suchdol	129,1 - 130,1	1,1	450,5	625	0,7	420	15	3,7	5,2	25, 67, 92, 210	PR
Lužnice - Halámky	136,0 - 137,0	1,0	454,0	610	1,0	380	13	2,4	5,0	25, 67, 92, 210	PR
Lužnice - Nová Ves	145,8 - 146,8	1,0	464,0	604	1,2	290	16	2,5	4,9	25, 67, 92, 210	PR
Černá Opava	5,7 - 6,0	0,3	601,0	51	17,0	75	12	0,9	0,8	4,8, 17, 25, 65,6	CHKO
Morávka	7,4 - 10,5	3,2	364,5	132	8,2	420	23 (110)**	1,6	3,7	35, 97, 133, 300	NPP
Dyje	141,1 - 143,3	2,2	245,0	2493	2,7	120	56	1,5	10,3	75, 131, 156, 244	NP
Svratka	169,3 - 172,1	3,9***	668,0	3,2****	11,5	1,1	2,3	0,6	0,2*****	7, 12, 14, 24	CHKO

* Staničení bylo určeno dle Základní vodohospodářské mapy ČR

** V závorce je uvedena šířka celého větvičího se řečiště

*** Délka koryta byla změřena detailně přímo v terénu, a proto není totožná s údajem odvozeným ze staničení

**** Plocha povodí na spodním konci úseku je již 10,1 km²

***** Průtoky platí pro spodní okraj úseku

4.2 Hydrogeomorfologická charakteristika zkoumaných říčních úseků

Pro výzkum říčního dřva byly zvoleny takřka přírodní, nebo přirozené úseky vodních toků, v nichž volně probíhají fluvialní procesy včetně fungování přirozené dynamiky

říčního dřeva. Zároveň je minimalizováno antropogenní působení a to zejména v důsledku legislativní ochrany území. Tab. 4.3 navazuje na tab. 4.2 a rozšiřuje uvedené charakteristiky o další v návaznosti na hydrogeomorfologii. Řád vodního toku dle Strahlera (1952) do jisté míry odráží velikost vodního toku. Výzkum řek různých velikostí byl zvolen proto, aby zkoumané úseky odrážely různé podmínky výskytu a chování říčního dřeva

Tab. 4.3: Hydrogeomorfologické charakteristiky zkoumaných říčních úseků.

	Řád toku dle Strahlera	Říční vzor * (Schumm, 2007)	Křivolakost	Stupeň větvení/divočení (Schumm, 2007)	Geomorfologický podcelek	Dominantní dnový substrát	Q ₁₀₀ / Q ₅
Morava - Strážnické Pomoraví	8	1A	1,55		Dyjsko-moravská niva	písek, štěrk	13,3
Morava - Litovelské Pomoraví	7	1C	1,31	> 65 %	Středomoravská niva	písek, štěrk, jemnozem	23,2
Lužnice - Suchdol	5	1G	2,06		Lomnická pánev	písek	40,4
Lužnice - Halámky	5	1G	1,70		Lomnická pánev	písek	42,0
Lužnice - Nová Ves	5	1G	1,32		Lomnická pánev	písek	42,9
Černá Opava	3	2A	1,13	5 - 34 %	Medvědíská hornatina, Hynčická hornatina	štěrk, kameny	79,0
Morávka	5	2B	1,11	> 65 %	Třinecká brázda	štěrk	81,1
Dyje	6	0	2,39		Znojemská pahorkatina	štěrk, kameny, skalní podloží	23,7
Svratka	3	1E	1,18		Žďárské vrchy	písek, kameny	120,0

* 0 - koryto uzpůsobené údolnímu dnu, geologicky predisponováno, stabilní

1A - hluboce zaříznuté, laterálně aktivní a stejně široké meandrující koryto

1C - šířkově variabilní a obvykle v zákrutech širší koryto, laterálně aktivní, vzácně výskyt peřejnatých úseků

1E - vysoká šířková variabilita meandrujícího koryta způsobená i jinými než fluvialními procesy, laterálně nepřilíživě aktivní

1G - složitá a nepravidelná meandrování, vysoká laterální aktivita

2A - divočení/štěrkonosné větvení s převahou lavic

2B - divočení/štěrkonosné větvení s ostrovy a lavicemi

Morava - Strážnické Pomoraví

Řeka Morava prošla v oblasti v oblasti Strážnického Pomoraví pouze částečnou regulací a představuje cca 12 km dlouhý relativně přirozený úsek na jinak regulované řece Moravě. Tyto úpravy mají vliv na recentní fluvialní procesy, představované velice intenzivní boční erozí a nadměrným zahlubováním. Ukládání sedimentů je vázáno na jesepní lavice a při více než 5ti letých vodách na povrch údolní nivy (Brázdil *et al.*, 2011). Posuny koryta v konkávních březích činí až 3 m za rok. Hloubka koryta místy přesahuje 8 m. Morfologie koryta je jednoduchá a tůň jsou vázány pouze na vrcholy meandrů. Rozsah rozlivů do nivy je omezen odsazenými ochrannými hrázemi. Četnost záplav je v důsledku kapacitního, přílišně zahloubeného koryta snížena, avšak je stále vyšší než z koryta nad i pod Strážnickým Pomoravím. Mezi další hlavní antropogenní zásahy patří intenzivní zemědělství často prováděné nešetrně až na břehovou hranu, lesní hospodářství a rozsáhlá těžba vátých písků. Jelikož se jedná o dolní tok s velkou plochou povodí, je ve Strážnickém Pomoraví poměrně vyrovnaný odtok, pozvolný nástup povodní a jejich dlouhé trvání.

Morava - Litovelské Pomoraví

Specifikem velké části Litovelského Pomoraví je anastomózní říční vzor, tj. větvení vodního toku. Podle klasifikace Nanson a Knighton (1996) se jedná o anastomózní typ 5, který se vyznačuje převážně štěrkovým dnem, laterální aktivitou toku a relativním dostatkem energie k překládání koryta a dnových sedimentů. Ke studiu říčního dřeva bylo vybráno pouze hlavní rameno Moravy, které je charakteristické meandrováním s přebytkem energie. Koryto je značně laterálně aktivní, přičemž akumulace splavenin přímo v korytě je rovněž intenzivní. Dobře je vyvinuta sekvence tůň a mělčin. Koryto je kapacitní přibližně na jednoletou povodeň a rozlivy probíhají v celé šíři mezihrázového prostoru. I tak je však koryto nadměrně zahloubeno v důsledku těžby, úprav koryta nad i pod zachovalým meandrujícím úsekem. Počátky nadměrného zahlubování pak lze spatřovat v 19. století, kdy byl přímo z koryta těžen štěrk pro stavební účely.

Lužnice - Suchdol, Halámky, Nová Ves

Řeka Lužnice protéká nivou, která je výrazně ohraničena starými říčními terasami.

Pod přibližně dvoumetrovou vrstvou povodňových hlín se nacházejí písky. Tento málo soudržný materiál podmiňuje značnou říční dynamiku, spočívající v rychlém vývoji meandrů. V nivě se tak vyskytuje velké množství odškrcených meandrů v různém stádiu vývoje. Velice dobře jsou vyvinuty tůně a mělčiny. Tři úseky na Lužnici byly vybrány, protože v rámci malého území postihují velkou proměnlivost geomorfologických a vegetačních podmínek údolní nivy. Stručně lze koryta v jednotlivých úsecích charakterizovat takto:

Suchdol - široké a hluboké, mozaika luk a lesních lemů

Halámky - úzké a hluboké, měkký luh zasahující až do koryta

Nová Ves - široké a mělké, lužní les

Úsek u Suchdolu je typický velkým zahloubením, které je způsobeno zpětnou erozí od úpravy provedené bezprostředně pod úsekem. Řeka byla pod zájmovým úsekem napříměna, její koryto bylo zkapacitněno a příčně profilováno do tvaru lichoběžníku. Kapacita koryta je tak relativně velká a dosahuje přibližně Q_2-Q_3 . Okolní niva je využívána k pastvě a skot v několika místech destabilizuje břehy. Úsek Halámky je typický hlubokým korytem, poněvadž vegetace (vrby) zasahuje až do koryta a snižují tak laterální erozi. Celková kapacita koryta je menší než Q_1 . Okolní niva leží většinou ladem a podléhá sukcesi, místy je kosena. Úsek Nová Ves je ze všech úseků nejméně křivolaký a v minulosti byl zřejmě napříměn. Také recentní laterální aktivita je poměrně malá. Naopak z hlediska fluvialních tvarů v korytě je nejpestřejší.

Černá Opava

Během extrémní povodně v roce 1997 prodělalo koryto Černé Opavy značné změny. Jedná se o projevy přirozené renaturace z upraveného a člověkem udržovaného stavu. Před povodní bylo koryto jednoduché, často s opevněnými břehy. Během povodně došlo místně k bočnímu posunu koryta o 30 až 40 m a zahloubení, což bylo následováno vytvořením rozsáhlých nivních stupňů, do nichž se řeka rozvětvila. Přímo v krátkém zkoumaném úseku došlo k rozvětvení koryta vymělením a na relativně stabilních ostrovech zůstaly stát vzrostlé stromy (viz obr. 4.3). Dno jednotlivých ramen nepodlehlo hloubkové erozi zejména díky přítomnosti kořenů. Vzhledem k omezené šířce nivy či její úplné absenci je koryto málo laterálně aktivní (mimo povodňové pulzy). Břehová eroze probíhá intenzivně v nárazových březích a také v rovných úsecích podél výnosových kuželů ústících z přilehlých svahů. Tůně a mělčiny jsou vyvinuty a bývají většinou spjaty právě s říčním dřevem.



Obr. 4.3: Rozvětvené koryto Černé Opavy. Stromy rostoucí přímo v korytě byly vykáceny, avšak pařezy stále dno stabilizují.

Morávka

Řeka Morávka má ve zkoumaném úseku unikátní říční vzor, vyznačující se větvením ve šterkonosném korytě. Nejedná se o typické divočení, poněvadž přísun sedimentů z horních částí povodí je omezen (zejména v důsledku existence vodní nádrže Morávka). Další ochuzení o splaveniny probíhá na jezu Vyšší Lhoty nedaleko nad úsekem. V širokém řečišti, jehož vnější hranice jsou v rámci nivy přirozeně stabilní či v některých místech uměle stabilizované, se vyskytuje jedno trvale protékané rameno (místy rozvětvené) a

řada dalších ramen protékaných různě často v závislosti na průtoku. Meziroční změny v konfiguraci ramen jsou velké a způsobují je již poměrně nízké průtoky. Vegetace se zde uplatňuje jako výrazný biogeomorfologický činitel jednak stabilizací ostrovů, jednak akcelerací tvorby tůní. Další negativní antropogenní ovlivnění lze spatřovat ve změně hydrologického režimu. Kromě snížení četnosti malých a středních povodní vodní nádrží Morávka, zde také probíhá umělý převod vody mezi povodími, takže zájmový úsek je ochuzen o podstatnou část průtoku. V posledních letech se na horním okraji větvičího se úseku projevuje výrazná akcelerovaná dnová eroze.

Dyje

Dyje protéká úzkým zaříznutým údolím s geologicky predisponovaným průběhem koryta. Laterální pohyby koryta jsou minimální jednak v důsledku morfologie úzkého údolního dna a odolného korytového materiálu, jednak přítomností mnoha jezů a lokálního opevnění. V důsledku denního, špičkového vypouštění vody z nádrže Vranov dochází k pravidelnému narušování dnového substrátu zvýšenými průtoky a mobilizací písčité frakce korytových sedimentů. V korytě se také vyskytuje minimální počet akumuláčních tvarů jako jsou šterkopískové lavice či ostrovy (obr. 4.4). Další antropogenní ovlivnění tvoří vlastní vzduť jezů a rozkolísanost průtoků v důsledku špičkování vodní elektrárny Vranov. Také jsou výrazným způsobem transformovány povodňové hydrogramy.



Obr. 4.4: Rozsáhlé náplavy pod jezem bývalého Gruberova mlýna, které jsou po dlouhou dobu stabilizovány vzrostlými stromy.

Svatka

Zájmový úsek leží zcela v pramenné oblasti a můžeme pozorovat značný nárůst velikosti koryta a změnu jeho charakteru směrem po toku. Na horním okraji se jedná o úzké a relativně přímé a stabilní koryto. Dno není příliš členité. V lučním úseku nazývaném Pihoviny se koryto zahlubuje, začíná meandrovat a lze pozorovat výraznou boční erozi. V lesním úseku je koryto opět mělké, šířkově a hloubkově velice variabilní. Koryto zde vytváří zákruty, které jsou mnohdy podmíněny rostoucími stromy (obr. 4.5). Boční eroze je pouze lokální a velice pomalá. Ve dně můžeme pozorovat dva druhy substrátu. Hrubozrnná frakce představuje pravděpodobně materiál transportovaný na

údolní dno ze svahů v dávnější minulosti. Recentně transportovaný představují jemné šterky a písky. Přímé antropogenní ovlivnění samotného toku je minimální, výraznější vliv lesního hospodaření, které se projevuje odtraňováním dřeva nebo jeho nezáměrným vnášením do koryta ve formě potěžebních zbytků.



Obr. 4.5: Meandr Svratky utvořený kolem kořenů vzrostlých stromů. Ve dně jsou patrné dva zrnitostně odlišné druhy substrátu, hrubě šterkovitý a kamenitý substrát bývá vázán na brody, jemnější sedimenty na tůňě.

4.3 Struktura vegetačního krytu poříčních niv (biotopy)

Vegetace vybraných úseků řek a jejich niv byla zkoumána a charakterizována z hlediska jak potenciální, tak i aktuální vegetace. Potenciální vegetace je diferencována jednak podle Mapy potenciální přirozené vegetace České republiky (Neuhäuslová *et al.*, 1997), jednak podle geobiocenologického systému (Zlatník, 1976; Buček a Lacina, 1999). Aktuální vegetační kryt je účelově rozdělen tak, aby vymezené typy aktuální vegetace (biotopy) zahrnovaly plochy s určitým druhovým složením, strukturou a způsobem obhospodařování, které podmiňují i určitou možnost produkce mrtvého dřeva, případně i určitou možnost jeho transportu do vodních ekosystémů. Takto vymezené jednotky aktuální vegetace jsou porovnávány s biotopy, mapovanými v České republice v rámci projektu Evropské unie NATURA 2000 (Chytrý *et al.*, 2001; Chytrý *et al.*, 2010). Jednotlivé zkoumané říční úseky jsou charakterizovány podle následující osnovy:

- potenciální přirozená vegetace v geobotanickém i geobiocenologickém pojetí
- aktuální vegetace (biotopy)
- vegetační specifika zkoumaných úseků se zřetelem na produkci a transport mrtvého dřeva

Černá Opava

a) Potenciální přirozenou vegetací kolem zahloubeného hrubě šterkovitého koryta Černé Opavy je bučina s kyčelnicí devítilistou (*Dentario enneaphylli-Fagetum*). Území

v nadmořské výšce 560–580 m patří do 5. jedlobukového vegetačního stupně, do skupiny typů geobiocénů jedlové bučiny (*Abieti-fageta*). V rozšířeném povodňovém korytě jsou místy podmínky pro rozvoj společenstva vrby křehké (*Saliceta fragilis superiora*).

b) Obdobně jako na horní Svratce v CHKO Žďárské vrchy je Černá Opava v CHKO Jeseníky obklopena dobře produktivními smrkovými porosty různých věkových stupňů (X9A – lesní kultury s nepůvodními dřevinami jehličnatými). I zde patří k dominantním druhům podrostu třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), objevuje se tu i horská bika lesní (*Luzula sylvatica*) aj.

c) Na rozdíl od Svratky je Černá Opava divokou horskou bystrinou, která dokáže transportovat mrtvé dřevo i z horských částí povodí. Na březích podemílá mělký kořenový systém smrků, které se pak vyvracejí do toku. Značná část mrtvého dřeva menších dimenzí pochází z těžebních zbytků v hospodářských lesích.

Lužnice

a) Potenciální přirozenou vegetací je střemchová doubrava a olšina (společenstvo *Quercus robur-Padus avium*, společenstvo *Alnus glutinosa-Padus avium*) s ostřicí třeslicovitou (*Carex brizoides*), místy v komplexu s mokřadními olšinami (*Carici elongatae-Alnetum*) a společenstvy rákosin a vysokých ostřic (*Phragmito-Magnocaricetea*).

Území v nadmořské výšce 450–470 m patří do 4. vegetačního stupně, jeho pánevní dubojehličnaté varianty. Na zamokřená lužní společenstva v nivě – vrbiny (*Saliceta fragilis superiora*), olšiny (*Alnetum glutinosae superiora*) a jasanové olšiny (*Fraxineto-alnetum superiora*) – navazují na písčítých plošinách acidofilní společenstva dubových borů (*Quercus-pinetum*) a smrkojedlových doubrav (*Abieti-quercetum piceae*).

b) Ve třech výzkumných úsecích bylo vymezeno sedm biotopů: 1. vody, 2. travino-bylinná mokřadní lada, 3. polokulturní až kulturní louky a pastviny, 4. smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin, 5. lužní porosty s převahou vrb, 6. vrbové křoviny a 7. olšové a osikové porosty. Struktura vegetačního krytu ve všech třech zájmových úsecích Lužnice je uvedena na obr. 4.6.

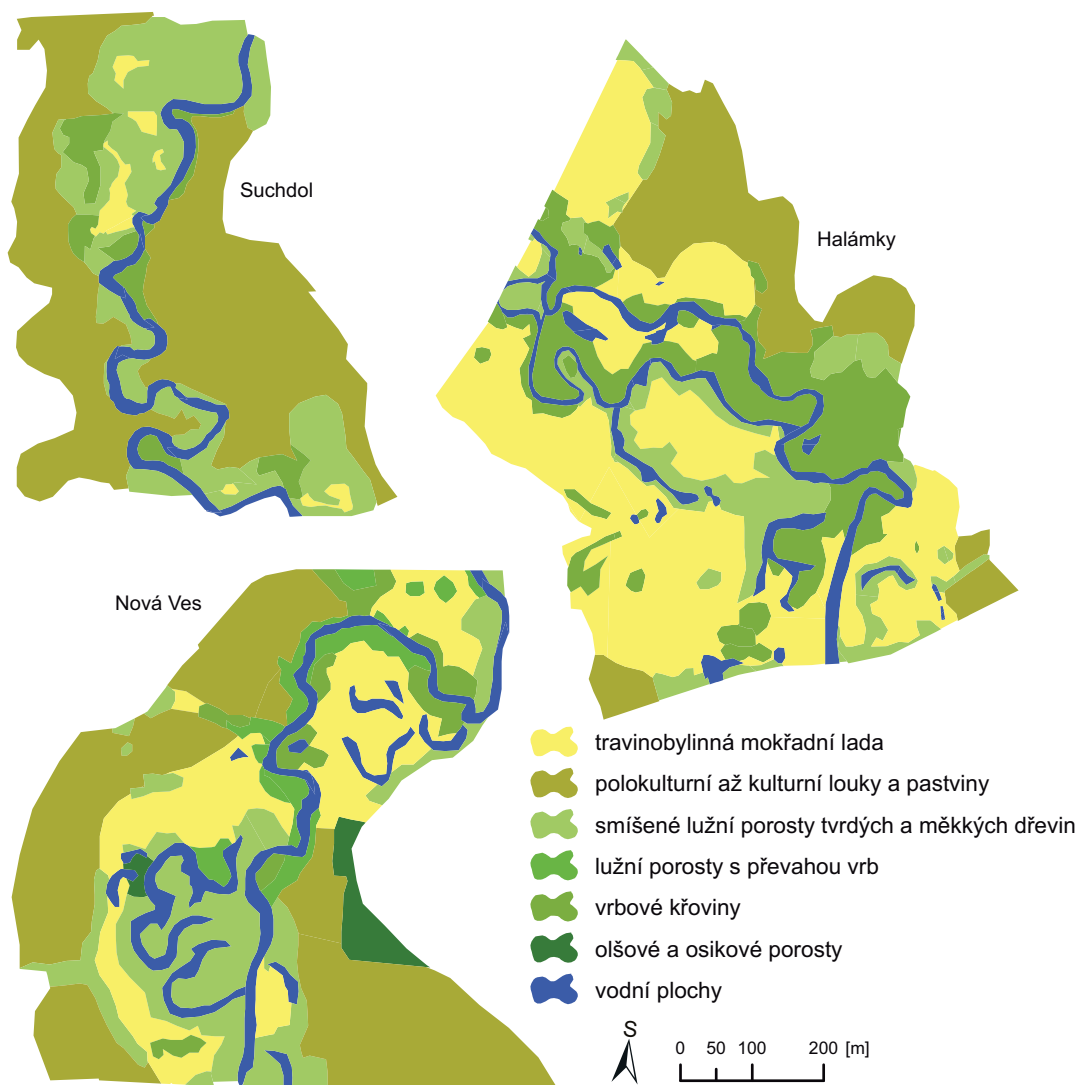
Vody zaujímají celkově 9,1 % plochy zkoumaných úseků. Kromě vlastního toku Lužnice jsou, zejména v úseku Halámky, významně zastoupeny periodické tůňe s pulzující hladinou v místech odříznutých říčních ramen. Rostou v nich hojně velmi vzácné druhy – např. stulík žlutý (*Nuphar lutea*) a voďanka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*). Z hlediska pojetí NATURA 2000 se jedná o biotop V1 – makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod.

Travino-bylinná mokřadní lada představují mozaiku „naturových“ biotopů M1.1 rákosiny eutrofních stojatých vod, M1.7 – vegetace vysokých ostřic a T1.6 – vlhká tužebníková lada. Celkově zaujímají čtvrtinu zájmového území, v úseku Halámky dokonce 41,9 %. Dominantními druhy jsou vysoké trávy a ostřice, chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), ostřice štíhlá (*Carex acuta*) aj., a byliny, např. tužebníček jilmový (*Filipendula ulmaria*), vrbina obecná (*Lysimachia vulgaris*) a řebříček bertrám (*Achillea ptarmica*). Pouze ojediněle se vyskytují křovité vrby, zejména vrba popelavá (*Salix cinerea*). Místy jsou tyto porosty silně ruderalizované.

Polokulturní až kulturní louky a pastviny jsou do různé míry druhově ochuzeným biotopem T1.4 – aluviální psárkové louky. Celkově zaujímají třetinu nivy ve zkoumaných úsecích, největší podíl mají v úseku Suchdol (55,3 %). Většinou se jedná o pravidelně kosené louky, levobřežní část úseku Suchdol je pastvena.

Vrbové křoviny (K2.1 – vrbové křoviny hlinitých a písčítých náplavů) celkově zaujímají 7,2 %, významněji jsou na větších plochách zastoupeny v úseku Halámky (14,2 %). Jedná se o do 5 m vysoké neprůchodné houštiny vrby křehké (*Salix fragilis*), vrby trojmužné (*Salix triandra*) a vrby košíkářské (*Salix viminalis*). Tyto porosty se vyznačují

specifickou růstovou formou: z rozlomených zbytků tlustších kmenů vyrůstají desítky mladých kmínků o průměru 5–12 cm. Vrbové houštiny nepřipouští další transport říčního dřeva, při svých okrajích je zachycují, vlastní mrtvé dřevo v nich zůstává ležet.



Obr. 4.6: Struktura vegetačního krytu ve všech třech zájmových úsecích Lužnice.

Lužní porosty s převahou vrb (L2.4 – měkké luhy nížinných řek) byly vymezeny na 5,7 %, přibližně se stejným podílem ve všech třech úsecích. Na rozdíl od předešlého biotopu se jedná zpravidla o dvouetážové porosty s převahou vrby křehké, ostrůvkovitě podrostlé vrbovými křovinami téhož druhu. Vzácně je přimíšena střeňka (*Prunus padus*), v nesouvislém bylinném podrostu bývá dominantní kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). Staré vrby se zde často rozlamují, transportu jejich dřeva povodňovými průtoky však většinou brání podrostní houštiny.

Smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin (L2.3 – tvrdé luhy nížinných řek a L2.4 měkké luhy nížinných řek, případně i L2.2 – údolní jasanovo-olšové luhy) představují druhově, věkově a tím i tloušťkově a výškově rozrůzněné porosty, často s vertikálním zápojem. V hlavní porostní úrovni a nadúrovni bývají až 200 let staré mohutné exempláře dubu letního (*Quercus robur*) a mladších topolů (*Populus* ×

canadensis). Do hlavní úrovně zasahují pomístně i bříza (*Betula pendula*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*) a vrba křehká, výjimečně i olše lepkavá (*Alnus glutinosa*). Spodní etáže tvoří zejména střemcha, vrba popelavá, vzácněji i kalina obecná (*Viburnum opulus*) a brslen evropský (*Euonymus europaea*). Obdobně jako synusie dřevin je druhově bohatší i synusie bylinného podrostu, kterou tvoří ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*), ptačinec hajní (*Stellaria nemorum*), sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), popenec břečťanovitý (*Glechoma hederacea*), kopřiva dvoudomá aj. Smíšené lužní porosty se vyskytují na 18,3 % plochy zkoumaných úseků, nejvíce v úseku Suchdol (27,9 %). Jedná se o porosty s vysokým potenciálem (přisunu, produkce) mrtvého dřeva i větších tloušťek, hustější spodní etáže však zpravidla zabraňují jeho transportu povodňovými průtoky.

Olšové a osikové porosty (L1 – mokřadní olšiny) byly vymezeny pouze v úseku Nová Ves na ploše 1 ha. Jedná se o cca 50-leté porosty olše lepkavé a na jiné ploše osiky (*Populus tremula*), ve spodní etáži se objevuje nesouvisle střemcha a vrba popelavá. Porost olše je převážně výmladkového původu, tvořený trsy až ze šesti kmenů. V bylinném podrostu s vysokou pokrývností rostou např. ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*) a kopřiva dvoudomá. I když je v olšovém porostu řada rozpadajících se souší, vzhledem ke větší vzdálenosti od řeky je nepravděpodobné, že by mohlo být mrtvé dřevo transportováno do toku.

c) Díky tomu, že je zkoumané území zařazeno do přírodní rezervace Horní Lužnice (vyhlášené r. 1994) a už od r. 1979 je součástí CHKO a biosférické rezervace Třeboňsko, je zdejší vegetační kryt, kromě kosených luk a pastvin, dlouhodobě ponechán přirozenému vývoji. To se příznivě projevuje v zachování mozaiky rozmanitých říčních a nivních biotopů v přírodě blízkém až přirozeném stavu. Více jak dvě třetiny (67,7 %) však zaujímají travino-bylinná společenstva a dřevinná společenstva mají jen necelý třetinový podíl ve zkoumaných částech říční nivy. Z hlediska produkce mrtvého dřeva a jeho případné transformace v říční dřevo je však významný fakt, že celý tok Lužnice je až na nepatrné výjimky oboustranně lemován většinou dobře strukturovanými, druhově, věkově i vzrůstově rozrůzněnými lužními lesíky a břehovými porosty. Případný transport mrtvého dřeva do vodních ekosystémů je i při povodňových průtocích podstatně omezován až znemožňován porosty dřevin v nižších etážích. Hlavní podíl říčního dřeva je tak v Lužnici způsoben vyvrácením dřevin (duby, vrby křehké aj.) z podemletých břehů. K pozitivním rysům vegetace nivy Lužnice patří, že se zde dosud nerozvinuly populace vysokých bylinných neofytů.

Morava ve Strážnickém Pomoraví

a) Potenciální přirozenou vegetací je jilmová jasenina (*Fraxino pannonicae-Ulmetum*) v komplexu s topolovou jaseninou (*Fraxino-Populetum*). V nadmořské výšce 165–169 m patří zkoumaný úsek do 1. dubového vegetačního stupně, v široké ploché nivě se v mozaice vyskytují skupiny typů geobiocénů topoljilmové jaseniny (*Ulmi-fraxineta inferiora*), habrojilmové jaseniny (*Ulmi-fraxineta carpini inferiora*) a dubové jaseniny (*Querci roboris-fraxineta inferiora*).

b) Ve zkoumaném úseku výrazně převládají lužní lesy nad poli, která jsou soustředěna do dolní (západní) části úseku. Nivní louky zde chybějí. Specifickým biotopem jsou písčité jesepy, které jsou blíže toku často přeplovované a proto bez trvalé vegetace. Jejich vyšší části téměř souvisle zaujímají ruderní lada, tvořená vysokými bylinami, včetně invazních neofytů – kopřiva dvoudomá, zlatobýl obrovský (*Solidago gigantea*), slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*), štetinec laločnatý (*Echinocystis lobata*) aj.

Dominantní lužní lesy lze dále členit podle dřevinné skladby, věku a struktury. Z autochtonních lužních dřevin je tvoří zejména jasan úzkolistý (*Fraxinus angustifolia*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a dub letní, vtroušeně i hojněji se místy vyskytují topol

bílý (*Populus alba*), topol černý (*Populus nigra*), jilm vaz (*Ulmus laevis*), vrba bílá (*Salix alba*) a lípa srdčitá (*Tilia cordata*). Z cizích dřevin jsou zde hojně zavedeny topolové kultivary (*Populus × canadensis*) a ořešák černý (*Juglans nigra*), samovolně se šíří javor jasanolistý (*Acer negundo*), zůstávající ve spodní etáži porostů. Z biotopů programu NATURA 2000 zde převládají L2.3 – tvrdé luhy nížinných řek nad X9B – lesními kulturami s nepůvodními dřevinami listnatými.

Pěknou ukázkou přirozeného lužního lesa je pravobřežní část přírodní rezervace Oskovec, kde ve věku cca 150 let dosahují duby letní, topoly i jasany výčetního průměru přes 1 m a výšky přes 30 m. K typickým druhům bylinného podrostu patří kromě kopřivy např. ostřice pobřežní (*Carex riparia*), ostružiník ježiník (*Rubus caesius*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) a bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*).

V území je vyvážený poměr porostů mladých (do 20 let), středního stáří (20–90 let) a starších (nad 90 let), přičemž převládají porosty tvrdých lužních dřevin.

c) Ke specifickým Strážnického Pomoraví patří, že se na produkci mrtvého dřeva významně podílejí bobři (*Castor fiber*), kteří dokážou kácet topoly o průměru až 1 m (např. při ústí Veličky do Moravy). Po květnové povodni r. 2010, kdy hladina vody sahala v lužních lesích až 1,5 m nad povrch nivy, bylo zjištěno, že se v některých porostech hojněji zachytilo plavené říční dřevo malých dimenzí. Místy pokrývalo až třetinu porostní plochy. Mohutné části kmenů z rozpadajících se starých stromů v PR Oskovec však vesměs zůstaly v mateřském porostu. Obdobně jako na Lužnici i zde se do vodního toku dostávají především stromy vyvrácené z lesních okrajů nad nátržovými břehy, které zde převládají nad pozvolnými písčnými jesy.

Pokud zůstanou stržené stromy v řece, stávají se jejich vyčnívající větve významným odpočinkovým místem vzácných ptáků, potravně vázaných na vodní ekosystémy. V letech 2010–2011 tak byli ve zkoumaném úseku na stržených stromech pozorováni ledňáček říční (*Alcedo atthis*), rybák obecný (*Sterna hirundo*) a orel mořský (*Haliaeetus albicilla*).

Morava v Litovelském Pomoraví

a) Potenciální přirozenou vegetací je jilmová doubrava (*Quercus-Ulmetum*). V nadmořské výšce 220–228 m patří území do 2. bukodubového vegetačního stupně. Převládající skupinou typů geobiocénů jsou habrojilmové jaseniny vyššího stupně (*Ulmifraxineta carpini superiora*), zamokřené deprese patří do olšových vrb (*Alnion glutinosae-saliceta superiora*).

b) Ve zkoumaném úseku u Střeně jsou souvislé lužní lesy a obdobně jako ve Strážnickém Pomoraví v nich převládají dřeviny tvrdého luhu (L2.3 – tvrdé luhy nížinných řek). Typický je vyšší podíl javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) a babyky (*Acer campestre*), kromě jilmu vazy se objevují i jilm habrolistý (*Ulmus minor*) a jilm drsný (*Ulmus glabra*). Mokřadní společenstva s převahou vrb (L2.4 – měkké luhy nížinných řek) se vyskytují jen ostrůvkovitě. Na mladých hlinitých a písčitých náplavech meandrující Moravy se rozvinula vysokobylinná ruderalní společenstva, v nichž z invazních neofytů roste zejména netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) a slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*).

c) Kromě přírodní rezervace Litovelské luhy a břehových porostů národní přírodní rezervace Ramena řeky Moravy se jedná vesměs o jednoetážové hospodářské lesy, v nichž zůstávají po probírkách a těžbě ležet větve stromů menších tloušťek. Častěji než ony i v Litovelském Pomoraví však tvoří hlavní podíl říčního dřeva podemílané stromy v nátržových březích.

Morávka

a) Potenciální přirozenou vegetací je střemchová jasenina (*Pruno-Fraxinetum*) místy v komplexu s mokřadními olšinami (*Alnion glutinosae*). Podhorské území

v nadmořské výšce 350–410 m leží na pomezí 3. dubobukového a 4. bukového vegetačního stupně. Zkoumaná nivní část patří převážně do javorojasanových olšin (*Fraxini-alneta aceris*) místy s přechody do habrojilmových jasenin (*Ulmi-fraxineta carpini superiora*). Štěrkové lavice povodňového koryta patří do vrbin vrby křehké (*Saliceta fragilis*).

b) Kolem do 150 m širokého povodňového koryta, vytvořeného při povodni v červenci 1997, převládají v nivě cca 50-leté podhorské lužní lesy, vzniklé výsadbou i přirozeným náletem na plochách bývalých pastvin s jednotlivě rozptýlenými stromy. Kromě jasanu ztepilého, olše lepkavé, vrby křehké, střemchy, javoru klenu, topolu černého, lípy srdčité se v nich vzácně uplatňuje i dub letní a habr (*Carpinus betulus*) a typicky i lužní dřeviny vyšších poloh – olše šedá (*Alnus incana*) a vrba šedá (*Salix eleagnos*). Místy se zachovaly v nadúrovni mohutné staré duby letní a jilmy vazy o výčetním průměru až 120 cm a výšce přes 30 m. V bylinném podrostu lužních lesů je charakteristický významný podíl karpatských druhů – např. kyčelnice žláznatá (*Dentaria glandulosa*), šalvěj lepkavá (*Salvia glutinosa*) a čistec alpský (*Stachys alpina*). Mladé lužní porosty vykazují zásoby dřevní hmoty kolem 100 m³ na 1 ha, přítomnost mohutných bývalých soliter pastvin dřevní zásoby podstatně zvyšuje.

Vegetační kryt povodňového koryta je v dynamickém vývoji, závislém na fluviálních procesech. Ve vyšších nepřeplovovaných částech se od roku 1997 samovolně vyvinuly téměř zapojené porosty lužních dřevin, místy s ojedinělou příměsí akátu (*Robinia pseudacacia*) a s podrostem suchomilného janovce metlatého (*Cytisus scoparius*). Níže položené štěrkové lavice jsou při zvýšených průtocích dále přemísťovány a jejich vegetace disturbována. Vyrývají se zde různě pokročilá stádia povodňových lad s dřevinami, vývojově směřujících k vrbinám případně olšinám s olší šedou. Ve smyslu přírodních biotopů projektu NATURA 2000 se jedná o biotopy M4.1 – štěrkové náplavy bez vegetace, M4.2 – štěrkové náplavy s židovínkem německým (*Myricaria germanica*) a K2.2 – vrbové křoviny štěrkových náplavů.

c) Morávka a její poříční krajina patří k územím, která jsou v rámci ČR nejvíce zasažena šířením invazních neofytů, v tomto případě zejména křídkatou japonskou (*Reynoutria japonica*). V letech 2007–2010 zde byly porosty křídkatky, místy souvislé a vysoké až 3 m, likvidovány kombinovanou metodou mechanické a chemické likvidace v rámci projektu „Záchrana lužních stanovišť v nivě Morávky“, dotovaného Evropskou unií. Při zvýšených průtocích porosty křídkatky (i v suchém stavu) zachycovaly plavené říční dřevo malých dimenzí a jejich fragmentované stonky tvořily místy významný podíl nahromaděného splávi.

V květnu 2010 proběhla na Morávce opět významná povodeň, která v povodňovém korytě z roku 1997 výrazně transformovala štěrkové lavice, disturbovala v něm rozmanitá sukcesní stádia vegetace a zejména v pravobřeží strhávala příbřežní části lužního lesa. Na výzkumném transektu u Nižních Lhot, širokém 40 m a dlouhém 120 m, vedeném napříč povodňovým korytem, bylo zaznamenáno celkem 60 stromů a stromků, vesměs i s kořenovým systémem, které byly podemlety a transportovány většinou z nevelkých vzdáleností (cca 50 až 150 m). Jednalo se o jasan, javory kleny, lípy, vrby křehké, olše šedé, topoly a střemchy, jejichž výčetní průměr byl 9 až 49 cm a výška 7 až 21 m. Navzdory tomu, že celé území je zařazeno mezi Evropsky významné lokality projektu NATURA 2000, byla naplavená dřevní hmota ze štěrkových lavic nedlouho po povodni odklizená a tím bylo znemožněno sledovat její další transport řekou.

Svratka

a) Potenciální přirozenou vegetací kolem horního toku Svratky jsou smrková bučina (*Calamagrostio villosae-Fagetum*) a podmáčená rohozcová smrčina (*Mastigobryo-Piceetum*). V nadmořské výšce 650–680 m patří tato část Žďárských vrchů do 5. jedlobukového vegetačního stupně, skupin typů geobiocénů smrkojedlové bučiny (*Fageta*

piceoso-abietina) a smrkové olšiny (*Picei-alneta*).

b) Zcela převládají jednoetážové smrkové porosty různých věkových stupňů – od mlazín až po dospělé mýtné porosty (X9A – lesní kultury s nepůvodními dřevinami jehličnatými). V depresích kolem meandrující Svratky se ostrůvkovitě vyskytují i přirozené víceetážové porosty olše šedé i lepkavé s příměsí smrku (L9.2 – rašelinné a podmáčené smrčiny). V podrostu smrkových porostů patří k dominantním druhům metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a borůvka (*Vaccinium myrtillus*), v mokřadních částech pak např. ostřice řídkoklasá (*Carex remota*), devěsíl bílý (*Petasites albus*) a vrbina hajní (*Lysimachia nemorum*). V trati Pihoviny se zachovaly druhově pestré podmáčené a zrašelinělé louky (T1.5 – vlhké pcháčové louky, R2.2 – nevápnitá mechová slatiniště).

c) Velmi dobře produktivní smrkové porosty patří všechny do lesa hospodářského. Do drobného toku Svratky se dostávají pouze těžební zbytky většinou tak, že přímo padají do toku. Obdobně se zde mohou do toku dostat i části smrků olámané větrem, mokřým sněhem či námrazou. Rozhodující pro přísun mrtvého dřeva do toku je i technologie těžby. V levobřeží Svratky se nechávají těžební zbytky ležet, v pravobřeží, u jiného vlastníka lesa, se štěpkují.

4.4 Zásoby dřevní hmoty v břehových a doprovodných porostech, potenciál pro produkci (přísun) říčního dřeva

Podle způsobu vzniku můžeme mrtvé dřevo rozlišit na přirozené a antropogenně podmíněné. Do přirozeného mrtvého dřeva patří to, které se dostává na půdní povrch a případně přímo do toků přirozeným rozpadem starých suchých stromů, olamováním větví větrem, mokřým sněhem a námrazou či dokonce vyvrácením celých stromů. Přirozeného původu je samozřejmě i mrtvé dřevo, které vzniká vyvrácením stromů při podemlání břehů povodňovými průtoky, stejně jako stromy kácené, často přímo do toku, bobry.

Naproti tomu mrtvé dřevo antropogenně podmíněné je to, které zůstává ležet na povrchu či padá přímo do toku při úmyslné těžbě. Kromě těžebních zbytků se často, zejména po povodních, jedná i o splavené rozmanité dřevěné artefakty.

Potenciál mrtvého dřeva v dřevinných společenstvech se zásadně liší podle toho, jedná-li se o porosty ponechané přirozenému vývoji (zpravidla pouze v rezervacích), či o lesy hospodářské. Podle šetření, provedeného v obhospodařovaných lesích Lesprojektem, zůstává ležet v porostech cca 16 m³ dřevní hmoty na 1 ha, to je asi 7 % celkového objemu dřevní hmoty v porostech (Kraus, 1999; Míchal, 1999). Naproti tomu v lesích ponechaných dlouhodobě přirozenému vývoji je podíl mrtvé dřevní hmoty podstatně vyšší. Tak např. v pralesovitých lužních rezervacích Ranšpurk a Cahnov na soutoku Dyje s Moravou bylo zjištěno, že na hektarovou porostní zásobu 563 m³, resp. 598 m³ připadá 148 m³, resp. 133 m³ mrtvé dřevní hmoty, tedy zhruba čtvrtina (Hort a Vrška, 1999).

Zdaleka ne každé mrtvé dřevo, ležící na půdním povrchu, se však může stát plaveným říčním dřevem. Větší pravděpodobnost mají v tomto směru lužní lesy, případně další porosty v blízkosti toků. Podle evidence Lesprojektu (1985) zaujímá hospodářství lužních stanovišť v ČR 32 660 ha, tj. 1,35 % plochy lesů v ČR. V bezprostřední blízkosti toků je z části i olšové hospodářství podmáčených stanovišť (0,83 %), smrkové hospodářství oglejených stanovišť (9,60 %) aj. Plaveným říčním dřevem i z těchto tokům blízkých porostů se však může stát jen nepatrný podíl autochtonního mrtvého dřeva, a to jak přirozeného, tak i antropogenně podmíněného. Záleží totiž nejen na reliéfu a výšce a síle vyšších (povodňových) průtoků, ale i na struktuře porostů a částečně i na jejich podrostu.

Na výzkumných úsecích bylo zjištěno, že i mrtvé dřevo velkých dimenzí zůstává i při velké povodni ležet v mateřském porostu (viz přírodní rezervace Oskovec ve Strážnickém Pomoraví). Transport mrtvého dřeva menších dimenzí mohou znemožnit nejen husté mlaziny a vrbové křoviny, ale také hustý podrost vysokých bylin (viz např. porosty invazivního neofytu křídlatky japonské v nivě řeky Morávky).

Podrobné údaje o dřevní hmotě podle jednotlivých dřevin v rozmanitých věkových stupních v lesních porostech obsahují lesní hospodářské plány. Tyto údaje chyběly pro přirozeně se vyvíjející lužní lesíky a břehové porosty Lužnice. Proto zde bylo provedeno vlastní dendrometrické šetření ve všech čtyřech zde vymezených dřevinných biotopech. Rozmanitost biotopů dokumentují obr. 4.7 a 4.8. Výsledky uvádějí tab. 4.4 a 4.5.

Tab. 4.4: Zásoby dřevní hmoty podle jednotlivých dřevin a zastoupení dřevin v tloušťkových stupních na výzkumných plochách v nivě Lužnice.

Výčetní průměr (cm):	do 10	10–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	Celkem kusů	Celková zásoba dřevní hmoty (m ³)
Suchdol 1; plocha 30 x 30 m, biotop: smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin												
Bříza bělokorá	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2,7
Dub letní	31	10	3	1	2	1	0	1	1	0	49	36,7
Lípa srdčitá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1
Olše lepkavá	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,2
Střemcha obecná	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,4
Vrba popelavá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2
Celkem	49	13	3	1	2	1	0	1	1	1	70	41,3
Halámky 1; plocha 30 x 30 m, biotop: smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin												
Brslen evropský	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0
Dub letní	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	7	11,4
Kalina obecná	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,1
Střemcha obecná	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0,9
Topol spp.	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	5	17,4
Vrba popelavá	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0,3
Celkem	19	1	3	1	4	1	1	1	0	1	31	30,2
Halámky 2; plocha 20 x 20 m, biotop: smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin												
Brslen evropský	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,1
Dub letní	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	8,3
Olše lepkavá	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,7
Vrba křehká	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	3	2,7
Vrba popelavá	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,1
Celkem	11	1	1	2	1	0	1	1	0	1	17	11,9
Halámky 3; plocha 30 x 30 m, biotop: lužní porosty s převahou vrb												
Střemcha obecná	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
Vrba křehká	13	6	8	6	1	0	0	0	0	0	34	15,4
Celkem	14	6	8	6	1	0	0	0	0	0	35	15,4
Halámky 4; plocha 20 x 20 m, biotop: vrbové křoviny												
Vrba košíkářská	157	9	0	0	0	0	0	0	0	0	166	1,3
Vrba křehká	332	16	0	0	0	0	0	0	0	0	348	2,2
Vrba trojmužná	71	5	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0,5
Celkem	560	30	0	0	0	0	0	0	0	0	590	3,9
Nová Ves 1; plocha 30 x 30 m, biotop: olšové porosty												
Bez černý	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,1
Bříza bělokorá	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1,7
Olše lepkavá	59	43	7	0	0	0	0	0	0	0	109	26,4
Střemcha obecná	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0,6
Střemcha pozdní	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1,5
Celkem	76	44	7	1	1	1	0	0	0	0	129	30,2

Ze čtyř uvedených biotopů mohou být v zájmovém území kolem Lužnice zdroji plaveného říčního dřeva smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin a lužní porosty

s převahou vrb. Při předpokladu, že s největší pravděpodobností se říčním dřevem stane dřevní hmota stromů, rostoucích v těsné blízkosti řeky (zejména nad jejími nátržovými břehy) je zřejmé, že přísun této dřevní hmoty bude rozmanitý v závislosti na mozaice biotopů. Tak např. v úseku Halámky, kde meandrující řeka teče v délce 1400 m, je potenciál pro přísun mrtvého dřeva nižší, než v kratším úseku Suchdol (1000 m). Je tomu tak proto, že v lokalitě Halámky jsou poměrně dlouhé poříční úseky mokřadních lad a vrbových křovin, kdežto



Obr. 4.7: V nivě Lužnice u Halámek je biotop eutrofních stojatých vod obklopen vrbovými křovinami. V pozadí kolem řeky je patrný biotop smíšených lužních porostů.



Obr. 4.8: Biotop lužních porostů s převahou vrb v nivě Lužnice u Halámek.

Lužnice v lokalitě Suchdol je téměř v celé délce oboustranně lemována, z hlediska potenciálu pro přísun mrtvého dřeva, velmi produktivním biotopem smíšených lužních porostů tvrdých a měkkých dřevin.

Tab. 4.5: Zásoby dřevní hmoty v rámci zkoumaných úseků modelového území Lužnice podle biotopů.

Biotop	Úsek	Rozloha biotopu (ha)	Podíl biotopu (%)	Zásoby dřevní hmoty (m ³)	
				Celková zásoba dřevní hmoty (m ³)	Průměrná zásoba dřevní hmoty (m ³ /ha)
Vrbové křoviny	Suchdol	0,0	0,1	2,0	98,0
	Halámky	5,6	14,2	548,8	
	Nová Ves n. L.	1,7	4,7	170,5	
	všechny úseky	7,4	7,2	721,3	
Smíšené lužní porosty tvrdých a měkkých dřevin	Suchdol	7,1	27,9	2570,0	363,5*
	Halámky	5,1	12,9	1843,0	
	Nová Ves n. L.	6,4	17,4	2337,4	
	všechny úseky	18,6	18,3	6750,4	
Lužní porosty s převahou vrb	Suchdol	1,5	6,1	264,0	171,4
	Halámky	2,3	5,8	390,9	
	Nová Ves n. L.	2,0	5,4	342,9	
	všechny úseky	5,8	5,7	997,8	
Olšové a osikové porosty	Suchdol	0,0	0,0	0,0	336,0
	Halámky	0,0	0,0	0,0	
	Nová Ves n. L.	1,0	2,8	346,1	
	všechny úseky	1,0	1,0	346,1	

* hektarová zásoba dřevní hmoty byla vypočítána jako průměr ze 3 ploch (Suchdol 1, Halámky 1 a Halámky 2).

5 Struktura říčního dřeva



Struktura říčního dřeva představuje souhrn kvantitativních a kvalitativních parametrů, jež jej charakterizují z hlediska jeho množství, velikosti, polohy, přisunu či stability. Je důležité zmínit, že takto detailně byly sledovány pouze individuální kusy říčního dřeva o minimální tloušťce 10 cm a minimální délce 1 m, popřípadě kusy v nekompaktních a rozvolněných dřevních akumulacích téže velikosti, které lze za individuální kusy považovat. Pro studium akumulací byl zvolen jiný metodický přístup. Míra agregace říčního dřeva do dřevních akumulací se mezi jednotlivými zájmovými úseky značně liší. V průměru je do akumulací situováno okolo 22 % kusů říčního dřeva. Kusy, které se vzájemně dotýkají, ale akumulací v pravém slova smyslu nejsou (viz například souvislou distribuci stromů podél konkávních břehů zákrutů) jako akumulace počítány nejsou. Nejvyšší podíl kusů v akumulacích byl zaznamenán v případě Dyje, kdy je více kusů situováno do akumulací, konkrétně 56 %, nejnižší na Morávce (5 %).

Z hlediska prostorového vymezení byl studován materiál vyskytující se v korytě, popřípadě příbřežní zóně vodního toku. Příbřežní zónu účelově definujeme jako pás území přiléhajícího k řece do vzdálenosti 30 m od břehové hrany. Materiál naplavený do nivy v různé vzdálenosti od koryta studován nebyl.

5.1 Množství říčního dřeva

Množství říčního dřeva je jedním ze základních strukturálních ukazatelů. Vyjadřuje se počtem, popřípadě také objemem kusů na jednotku délky či plochy koryta. Objem jednotlivých kusů byl stanoven tak, aby co nejvíce odpovídal realitě. U holých kmenů byl

počítán pomocí Huberova vzorce, tj. nahrazen objemem idealizovaného komolého kužele. V případě zachování určitého podílu větví byly použity lesnické tabulky. Tab. 5.1 podává úvodní přehled o množství říčního dřeva na zkoumaných vodních tocích.

Tab. 5.1: Množství říčního dřeva na zkoumaných vodních tocích ČR, výzkum byl prováděn v letech 2008 - 2010.

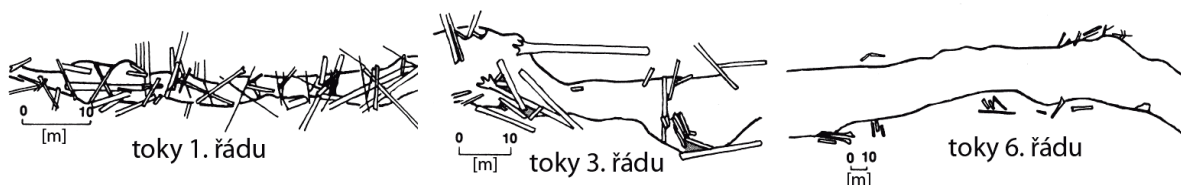
	Morava - Strážnické Pomoraví	Morava - Litovelské Pomoraví	Lužnice - Suchdol	Lužnice - Halámky	Lužnice - Nová Ves	Morávka	Dyje	Svratka
Celkový počet kusů	172	605	160	45	226	675	459	325
Celkový objem (m ³)	180,6	463,5	150,1	38,4	109,6	146,7	148,1	20,7*
Průměrný počet ks na 100 m	5,7	21,6	16,0	4,5	22,6	21,8	20,9	8,3
Minimálně ks / 100 m	0,0	5,0	3,0	0,0	5,0	0,0	2,0	4,0
Maximálně ks / 100 m	24,0	67,0	33,0	12,0	46,0	112,0	46,0	21,0
Průměrný objem na 100 m (m ³)	6,0	16,6	15,0	3,8	11,0	4,7	6,7	0,5
Minimálně m ³ / 100 m	0,0	0,4	1,4	0,0	2,3	0,0	0,4	0,1
Maximálně m ³ / 100 m	23,1	81,8	52,6	10,0	17,3	24,3	31,1	1,7
Průměrný počet ks na 1 ha	9,0	58,3	108,9	42,0	167,7	20,4	37,8	362,3
Průměrný objem na 1 ha (m ³)	9,5	44,6	102,2	35,9	81,3	4,4	12,2	23,1

* V případě malého koryta Svratky byl určen objem pouze pro část stromů, která přímo leží v korytě či přilehlé zóně.

Jak vyplývá z tab. 5.1, změřeno a popsáno bylo celkem 2667 kusů říčního dřeva s celkovým objemem 1 258 m³ dřevní hmoty. Ze srovnání průměrného jednotkového množství vyplývá, že mezi toky existuje velká proměnlivost. Ta je v některých případech dána především velikostí toku (šířkou koryta). Celkové množství říčního dřeva jednoznačně roste s velikostí toku. Přepočty absolutního množství na jednotkovou plochu koryta pak způsobují vyšší relativní množství v případě malých toků s úzkým korytem. Toto zjištění zcela koresponduje s již známými poznatky z jiných částí světa (viz obr. 5.2). Na zcela malých vodních tocích pak množství říčního dřeva nejspíše koresponduje s množstvím mrtvého dřeva v lesních ekosystémech. V malých korytech nedochází k významnému pohybu a koncentraci dřevní hmoty. Variabilita množství říčního dřeva v rámci jednoho vodního toku je také velmi vysoká a odráží mnoho faktorů. Obr. 5.1 ukazuje rozdíly v množství říčního dřeva mezi různými řekami. Obecně je možno říci, že hlavní místa koncentrace jsou vázána na konkávní břehy zákrutů, kde je jednak intenzivní přísun autochtonního materiálu, jednak se zde zachytává transportovaný materiál.

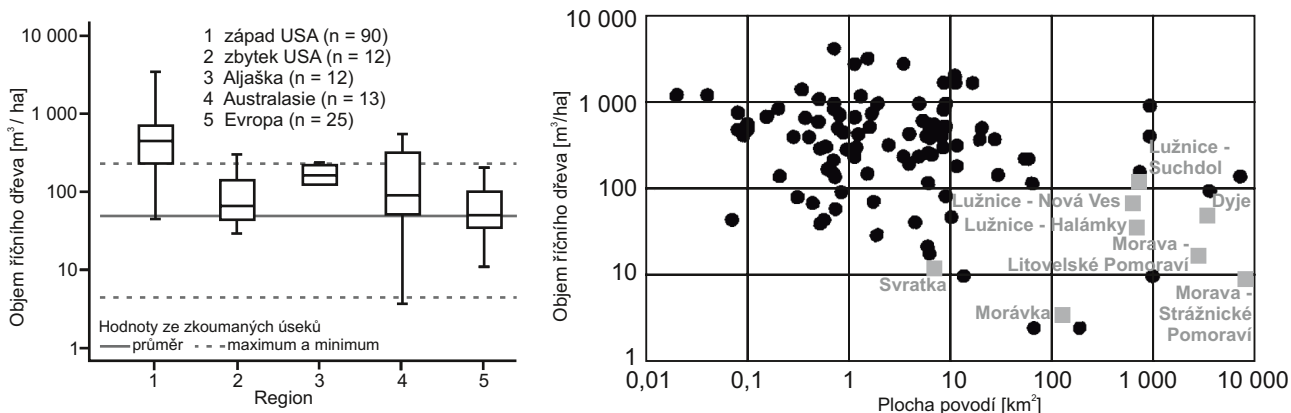


Obr. 5.1: Porovnání úseků s velkým množstvím říčního dřeva (vlevo, Morava - Litovelské Pomoraví) a minimální koncentrací (vpravo, Lužnice - Halámky).



Obr. 5.2: Typická distribuce říčního dřeva v korytech různých velikostí na příkladu řeky McKenzie v Oregonu (upraveno podle: Naiman *et al.*, 2002).

Kvantitativní údaje o množství říčního dřeva na zkoumaných tocích je možno porovnávat s výsledky jiných prací z různých částí světa. Množství říčního dřeva na vodních tocích ČR poměrně dobře koresponduje zejména s výsledky z Německa. Oproti přírodním oblastem SZ USA jsou zde rozdíly v měřítku jednoho řádu i více (viz obr. 5.3 vlevo). Obr. 5.3 vpravo ukazuje, že přírodní či přirozené vodní toky v ČR se nacházejí ve spodní polovině celkového rozpětí co do množství říčního dřeva vzhledem k ploše povodí oproti přirozeným vodním tokům Severní Ameriky. Na tomto obrázku je také vidět poměrně zajímavý fakt. Drtivá většina prováděných výzkumů je zaměřena na velmi malé či malé vodní toky. Vysvětlení je celkem jednoduché. Na malých tocích je výzkum snadnější, kdy je možno koryto brodit. Na středně velkých či velkých vodních tocích je již práce velice namáhavá a nezděravá se musí přistoupit k práci z loďky či korytem plavat.



Obr. 5.3: Množství říčního dřeva v různých částech světa, respektive v tocích různé velikosti a srovnání se zkoumanými říčními úseky v ČR (upraveno podle: Gurnell (2003) - vlevo a Gippel (1995), jehož data reprezentovaná černými tečkami pocházejí z přirozených vodních toků USA - vpravo).

Zřejmě nejlepší přehled o množství říčního dřeva v evropských tocích nabízí Hering *et al.* (2000), kteří studovali vybrané, téměř přirozené německé toky. Zkoumané vodní toky měly šířku od necelého 1 metru po 450 metrů. Toto území je z hlediska přírodních podmínek velice podobné České republice (s výjimkou vysokohorských toků). Průměrně se zde vyskytovalo $1,44 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}$, což odpovídalo 12,5 kusům s průměrem větším než 10 cm. Průměrná hodnota vyjádření objemu vůči ploše koryta činí pouze $20 \text{ m}^3 / \text{ha}$. Reálná variabilita objemu však byla velká od 0 do $206 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}$ (0 - $3750 \text{ m}^3 / \text{ha}$).

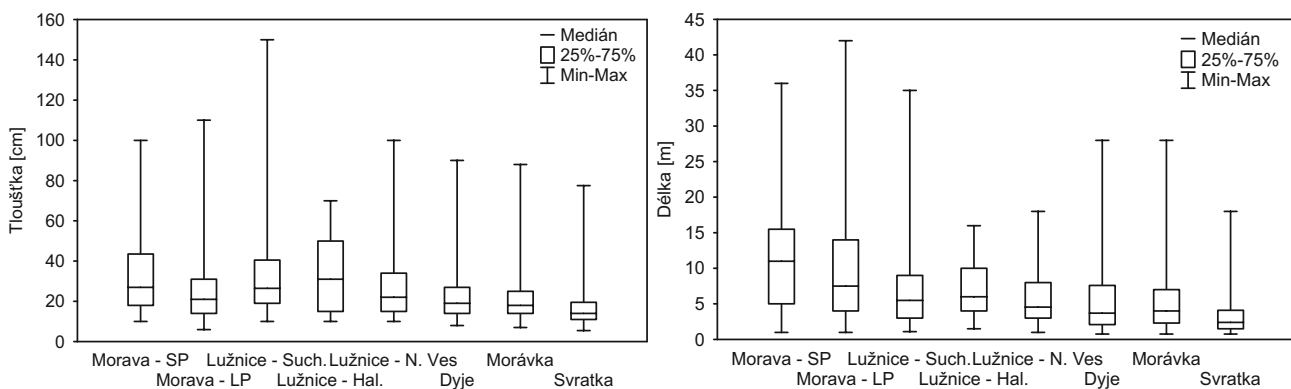
V jižní Anglii se množství říčního dřeva v úsecích obhospodařovaných lesů pohybuje v rozmezí $1,02 - 1,96 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}$. V divočím úseku řeky Ubaye ve Francii se říční dřevo vyskytuje na širokém území v množství až desítek tun na hektar. Dále bylo studováno několik míst na řekách Ain a Ardèche, kde bylo 7,6 resp. $74,2 \text{ m}^3 / \text{ha}$. Pro francouzské

aluviální toky jsou tyto hodnoty od 0,28 do 743,4 m³ / ha (Piégay a Gurnell, 1997). Tyto hodnoty odpovídají studii Piégay (1993), která uvádí množství říčního dřeva pro aluviální toky ve Francii od 0,002 do 400 m³ / ha. Piégay *et al.* (1999) ve studii na řece Drôme uvádí výskyt 1,78 – 2,66 m³ / ha na lavicích a méně než 60 m³ / ha na stabilizovaných ostrovech.

5.2 Velikostní struktura říčního dřeva

Množství říčního dřeva uvedeného v předchozí části je dosahováno různými kusy (různé velikosti a podoby). Obecně existují vazby na charakter vegetačního doprovodu, přísunové mechanismy, transport a na působení člověka na břehové a doprovodné porosty podél vodního toku, a také přímo na říční dřevo. Kromě těchto recentních faktorů se na některých úsecích vyskytují subfossilní kusy, které jsou obnažovány erozí. Tyto kusy jsou většinou velmi mohutné, protože pocházejí z doby zcela přírodních lesů. Velké množství subfossilních kusů do značné míry ovlivňuje zejména velikostní strukturu říčního dřeva v úseku Lužnice - Suchdol.

Na obr. 5.4 je zobrazeno rozložení tloušťky a délky říčního dřeva. V tab. 5.2 můžeme porovnat průměrné hodnoty. Mezi jednotlivými říčními úseky existuje určitá proměnlivost. Nejtlustší kusy se vyskytují v případě úseku Lužnice - Halámky. Tento stav je způsoben velkým počtem mohutných živých vrb rostoucích přímo v korytě či ze břehů do koryta. Nejtenčí je říční dřevo na Svatce. Zde se totiž ve většině případů nejedná o říční dřevo vzniklé fluvialními procesy či přirozenou mortalitou vegetačního doprovodu, nýbrž se jedná o ponechané potěžeby zbytky či jinak člověkem modifikované kusy. Stejně vysvětlení platí pro Svatku i v případě délky kusů říčního dřeva, poněvadž se zde vyskytují ze všech úseků nejkratší kusy. Nutno podotknout, že i přesto, že vyhodnocena je celková délka kusů a nikoliv pouze část kusů ležících nad či v korytě. Nejdelší kusy můžeme nalézt ve Strážnickém Pomoraví. Zde se vyskytují relativně přirozené lesy a tlak na samovolné rozlámání kusů v korytě či krácení člověkem je malý.



Obr. 5.4: Tloušťka a délka říčního dřeva na zkoumaných říčních úsecích, měření bylo prováděno v letech 2008 - 2010.

Podíváme-li se na velikost kusů z hlediska podobnosti mezi jednotlivými úseky, zjistíme, že většinou mezi nimi existují statisticky významné rozdíly. Kdybychom chtěli znát úsek, který nejlépe charakterizuje velikostní strukturu říčního dřeva na zkoumaných vodních tocích, pak je to ten, který se podobá největšímu počtu ostatních zkoumaných úseků. V případě tloušťky je to úsek Lužnice - Halámky a v případě délky úsek Morava - Litovelské Pomoraví. Naopak do značné míry velikostně jedinečný materiál je v případě tloušťky ve Strážnickém Pomoraví a v případě délky na Svatce.

Tab. 5.2: Průměrné hodnoty tloušťky a délky říčního dřeva na zkoumaných vodních tocích.

	Tloušťka [cm]	Délka [m]
Lužnice - Halámky	35,4	7,4
Lužnice - Suchdol	33,0	6,8
Morava - Strážnické Pomoraví	31,9	11,9
Lužnice - Nová Ves	27,0	5,8
Morava - Litovelské Pomoraví	25,4	9,7
Morávka	22,7	6,0
Dyje	21,3	5,4
Svratka	16,7	3,8

Zřejmě nejlepší informaci o velikosti materiálu podává objem říčního dřeva, protože v tomto ukazateli je kombinován údaj o tloušťce i délce. Velkou vypovídací hodnotu má zejména pak jeho směrodatná odchylka, kdy je vidět, že průměrná hodnota je extrémně ovlivněna velmi velkými kusy. Základní představu o objemu říčního dřeva ve zkoumaných úsecích podává tab. 5.3.

Tab. 5.3: Základní statistiky objemu říčního dřeva, hodnoty v m³/kus.

	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Morava - Strážnické Pomoraví	1,05	0,02	11,07	1,61
Morava - Litovelské Pomoraví	0,77	0,01	18,50	1,73
Lužnice - Suchdol	0,94	0,01	31,81	2,70
Lužnice - Halámky	0,85	0,02	3,64	0,98
Lužnice - Nová Ves	0,49	0,01	7,44	1,00
Morávka	0,32	0,01	7,26	0,72
Dyje	0,22	0,01	5,11	0,39
Svratka	0,10	0,01	2,26	0,19

5.3 Poloha říčního dřeva v rámci funkčních zón koryta

Říční dřevo se může vyskytovat v různých částech koryta či nivy, a to jak v podélném profilu, tak i v příčném řezu. Zároveň se mění jeho struktura. V rámci říční sítě jsou množství a distribuce silně ovlivněny velikostí koryta a dominantním přísunovým mechanismem (Bilby a Ward, 1989; Beechie a Sibley, 1997). Lassetre a Harris (2001) udávají, že na malých tocích (tocích nízkého řádu) je uspořádání říčního dřeva náhodné a převládají individuální kusy. Na středně velkých tocích převládají kusy, jež jsou ve vzájemném dotyku nebo soustředěné do akumulací uložených v rámci koryta (velmi často podél konkávních břehů meandrů). Na velkých tocích je pak převaha dřeva v akumulacích vyskytujících se na náplavech, ostrovech, březích a v nivě (v místech přednostního zachytávání plovoucího dřeva).

Pro účely studia polohy říčního dřeva v rámci příčného profilu byly vyčleněny tři funkční zóny. První zónu tvoří vlastní koryto, na horním okraji ohraničené úrovní břehových hran. Co se týká materiálu v této zóně, můžeme konstatovat, že je v časté interakci s fluvialním prostředím. Druhá zóna leží přímo nad první zónou, tj. nad korytem. Říční dřevo zde ležící je pouze v občasně interakci s vodou, nicméně může působit jako významný blokační faktor pro plavený materiál. Třetí zóna leží vně vlastního koryta. U každého kusu byl určen procentuální objemový podíl v každé ze zón a následně také objem.

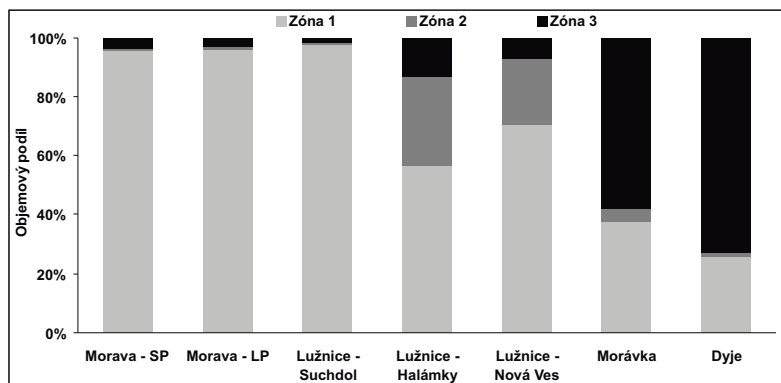
Na obr. 5.6 je zobrazen objemový podíl říčního dřeva v jednotlivých zónách. Je vidět, že v podstatě můžeme vyčlenit tři typy vodních toků. První skupinu tvoří oba úseky řeky Moravy a úsek Lužnice - Suchdol. Jedná se o výrazně meandrující zahloubená a široká

koryta. Zde je drtivá většina materiálu vázána na vlastní koryto. V důsledku velké kapacity je zde vnos do nivy omezen, břehy jsou nestabilní a přísun probíhá přímo do koryta. Šířka koryta je taková, že běžně nedovoluje překlenutí vyvráceným stromem.

Druhou skupinu tvoří zbývající úseky Lužnice, kde je relativně významný podíl materiálu vázán na druhou zónu. Jedná se o poměrně úzká a nepřiliš hluboká koryta. Břehy jsou tudíž stabilnější a dřeviny na nich rostoucí se postupně do koryta naklánějí. Tyto mnohdy mohutné kusy účinně zachytávají plavený materiál. Třetí skupinu tvoří koryta, jenž jsou velmi málo zahlobená a vůči své nivě či řečišti nejsou ostře vymezena. V případě Morávky je většina materiálu deponována na náplavech mimo trvale průtočné hlavní koryto a v případě Dyje leží říční dřevo v nivě většinou zachycené o rostoucí stojící stromy. V korytě pak leží jen velké kusy, které se sem vyvrátily a nebyly odneseny.



Obr. 5.5: Mohutné topoly zasahující do všech tří funkčních zón, Morava - Litovelské Pomoraví.



Obr. 5.6: Rozložení objemu říčního dřeva v jednotlivých funkčních zónách.

V aktivně meandrujících vodních tocích by mělo být velké množství dřevního materiálu situováno do oblasti nárazových (konkávních) břehů zákrutů. Důvody jsou dva. Prvně je zde silná boční eroze, a tudíž i intenzivní přísun stromů rostoucích na břehu či v nivě. Jedná se o kompletní mohutné stromy s půdou obaleným kořenovým balem, které jsou velmi těžko odplavitelné. Za druhé je na tyto klíčové kusy zachytávám plavený materiál. Jak tyto oblasti typicky vypadají ukazuje obr. 5.7.

Mezi říční úseky, kde má reálný smysl funkci konkávních břehů studovat, patří velké či středně velké meandrující toky, tj. úseky řeky Moravy a úsek Lužnice u Suchdolu. Rozsah konkávních břehů je v případě úseku Morava - Strážnické Pomoraví 36 %, v případě úseku Lužnice - Suchdol 36 %, v případě úseku Dyje - Litovelské Pomoraví 36 %.

v Litovelském Pomoraví 27 % a v případě Lužnice 39 %. Podívejme se nejprve na podíl kusů, který v jednotlivých úsecích v konkávách leží. U obou úseků Moravy je to identický podíl 52 %. V případě Lužnice je o poznání nižší a činí 41 %. V případě objemu je tento podíl ještě výrazně větší, poněvadž zde leží rozměrné kusy. Kusy v konkávách jsou zejména výrazně delší než kusy ležící jinde a tento rozdíl je dokonce statisticky významný. Podíváme-li se na skutečnost, jaký materiál se v konkávách nachází, tak z hlediska počtu je ze 60 % autochtonní a ze 40 % alochtonní. Typická podoba autochtonních kusů je dobře zachovalý strom s kořenovým balem a alochtonní kusy jsou holé kmeny (poměrně dlouhé). Můžeme tak konstatovat, že v přirozených vodních tocích působí konkávní břehy jako místa přednostního přísunu stromů do řeky působením břehové eroze a také jako přirozené lapače plaveného dřeva.



Obr. 5.7: Stromy vyvrácené z konkávního břehu zůstávají většinou stabilní, přičemž vlastní břeh dále ustupuje. Na tyto stromy se zachytává plavený materiál. V důsledku velkého množství říčního dřeva zde typicky často probíhá zasedimentování tůň při vrcholu meandru, která by se zde obyčejně nacházela. Řeka Morava, Litovelské Pomoraví.

Poměrně zajímavým fenoménem je distribuce říčního dřeva v širokých řečištích divočicích vodních toků. Velmi často jsou z tohoto hlediska studovány alpské piedmontní řeky, nejznámější je zřejmě italská Tagliamento. Tyto řeky jsou typické proměnlivým množstvím dřevního materiálu v závislosti na pozici v rámci řečiště. Nejméně říčního dřeva bývá na štěrkových, často přeplavovaných lavicích, větší množství jsou vázána na stabilní ostrovy. Nejvíce říčního dřeva, až tisíce tun na hektar, bývá spjata se semipermanentními ostrovy porostlými pionýrskými dřevinami.

Podobný výzkum můžeme v České republice provést pouze na jednom místě, na větvcím se úseku řeky Morávky, známém jako NPP Skalická Morávka. Sice se nejedná o typický divočicí říční vzor, neboť zde není dostatečný přísun splavenin, ale větvení a říční dynamika je zde stále dobře zachována. Vyčlenit zde můžeme jedno dominantní, trvale protékané rameno o proměnlivé šířce do 20 m, vedlejší periodicky protékaná ramena a zbytek štěrkového řečiště o průměrné šířce 110 m. V nivě se ještě vyskytují další boční ramena, ale ta zkoumána nebyla.

Tab. 5.4 uvádí rozdělení množství říčního dřeva mezi hlavní koryto a zbytek řečiště. Zde je vidět, že z hlediska počtu i objemu leží více materiálu mimo hlavní koryto. Na druhou stranu je zřejmé, že v hlavním korytě se nachází mnohem větší kusy, což je důsledek relativně čerstvého přísunu.

Tab. 5.4: Rozložení říčního dřeva v řečišti Morávky, stav k roku 2008

	Počet ks	Objem ks (m ³)	Ks / 100 m	Objem / 100 m (m ³)	Ks / 1 ha	Objem / 1 ha (m ³)
Hlavní koryto	190	59,3	5,9	1,8	57,9	18,1
Zbytek řečiště	485	87,4	15,3	2,8	14,7	2,6

Tato distribuce je důsledek silné povodně v roce 1997, kdy bylo vyvráceno a rozlámáno mnoho vrů rostoucích v řečišti. Část z nich zmladila a zakořenila, část zůstala tlít na místě. Během dílčích revizí byly zjištěny drobné změny v poloze hlavního koryta a s tím spojené odchylky v distribuci. Dalekosáhlé změny nastaly během povodně v roce 2010. Kromě toho, že se naprosto změnila konfigurace ramen v řečišti, tak došlo k extrémnímu přísunu dřevního materiálu a to jak rostoucího v řečišti (vrby), tak i z vlastních břehů. V průměru přísun znamenal celkové množství v řádu stovek m³ / ha řečiště. Nicméně se zde vytvořilo několik akumulací (viz obr. 5.8) čítajících stovky kusů s neuvěřitelným objemem odhadnutým až na několik set m³. Ihned po opadnutí povodně začala však být struktura měněna výrazně člověkem. Docházelo k odřezávání celých stromů, jejich mechanickému odstraňování a ponechávání kořenových balů.

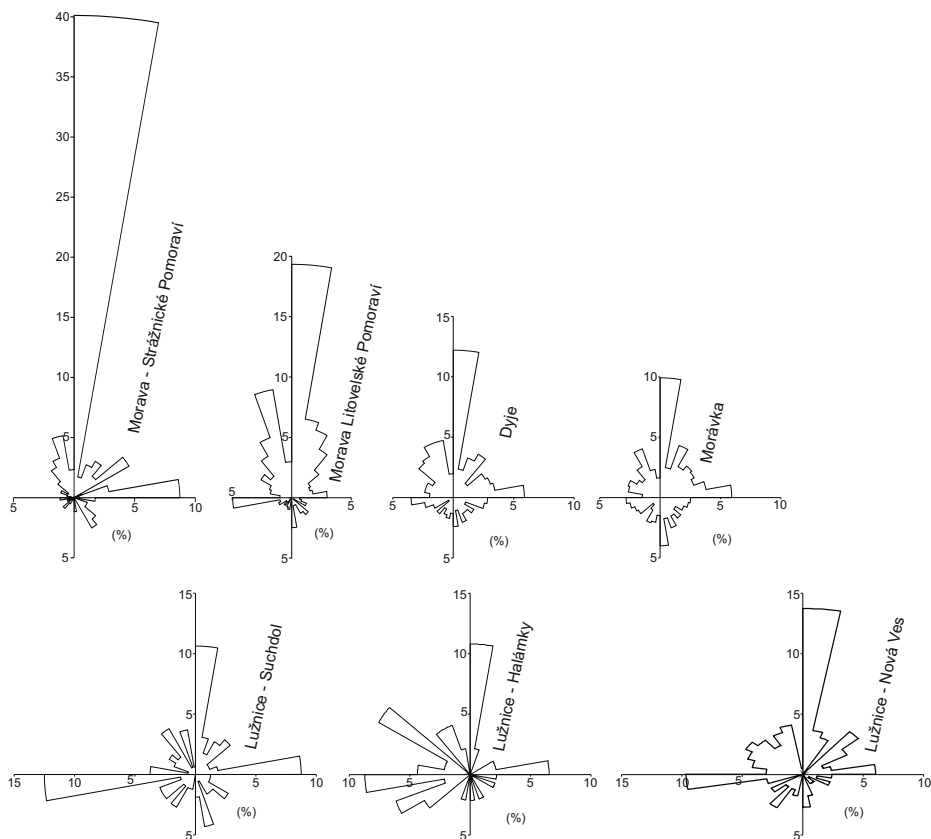


Obr. 5.8: Jedna z obřích dřevních akumulací v řečišti Morávky, která vznikla během povodně v květnu 2010.

5.4 Orientace říčního dřeva vůči proudění v korytě

Za orientaci říčního dřeva je považován úhel mezi kmenem a proudnicí. Její hodnota se měří po směru hodinových ručiček a výchozí poloha (orientace 0°) je taková, že kus leží

generelně konstatovat, že delší kusy jsou z hlediska průtočnosti toku (povodňového ohrožení) nebezpečnější. Kusy, které leží vůči proudnici pod malým úhlem, totiž v příčném řezu nezabírají příliš velkou část průtočného profilu a zároveň nezvyšují odpor vůči proudění (blokační účinek), tak jako v případě jejich uložení pod velkým úhlem. Orientaci dlouhých kusů ovšem ovlivňují i další faktory, např. přítomnost kořenového balu. Těžký kořenový bal slouží jako bod, okolo kterého dochází za zvýšených vodních stavů k otáčení stromů do subparalelního uložení.



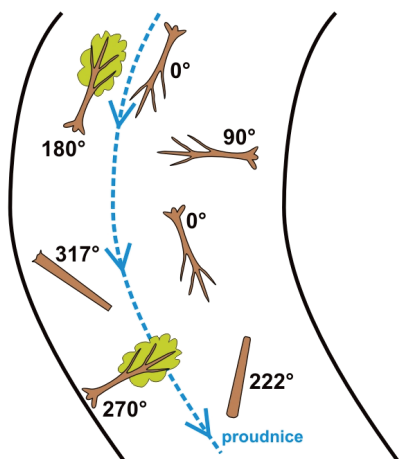
Obr. 5.10: Orientace říčního dřeva na zkoumaných úsecích.

5.5 Přísunové mechanismy a procesy říčního dřeva

Podle podoby každého kusu bylo možno většinou spolehlivě určit, jakým způsobem (mechanizmem) se říční dřevo ocitlo v korytě, popřípadě příbřežní zóně. Konkrétní procesy, které stojí za způsobem přísunu říčního dřeva, již není snadné s jistotou určit, a tak bylo často přistoupeno k zaznamenání možnosti „nelze určit“, aby zbytečně nedocházelo ke zkreslování výsledků. Jednoduše řečeno, jsme schopni určit, že daný kus se vyvrátil, ale nevíme, jestli to bylo větrem, břehovou erozí či jinak. Obr. 5.11 ukazuje zastoupení jednotlivých způsobů přísunu, v obr. 5.12 jsou zachyceny již konkrétní procesy.

Na první pohled jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými úseky a to jak v poměru běžných procesů, tak zejména vystupují lokální specifika. Nejběžnějšími mechanismy jsou vyvrácení (39 %) či ulomení (37 %) kusu. Ostatní mechanismy jsou jako celek zanedbatelné. Některé úseky se ovšem vymykají z obecného trendu a jsou specifické; například na Moravě ve Strážnickém Pomoraví je důležitý faktor činnost bobra (obr 5.13)

paralelně s proudnicí a jeho kořenový bal (silnější konec) je výše proti proudu (viz obr. 5.9). Pro lepší představu se jedná o pomyslné otočení kusu po směru hodinových ručiček



Obr. 5.9: Ilustrace určení orientace kusu.

z výchozí polohy (0°) do jeho aktuální polohy. V případě výrazně nerovných kusů dřeva musí být odhadnut převládající nebo generelní směr kmene. Stejně se postupuje u zvlněné proudnice. Stojí-li kus v korytě vertikálně, pak se orientace neurčuje.

V malých korytech může říční dřevo zabírat až 80 % plochy průtočného profilu, přičemž hodnota tohoto ukazatele je ovlivněna uložením kusů pod velkým úhlem vůči ose koryta. Směrem po proudu, se zvětšující se velikostí koryta, je říční dřevo natáčeno paralelně s proudem. Tím se snižuje jeho vliv jakožto překážky pro proudění v korytě, ale roste jeho význam pro tvorbu náplavů a ochranu břehů (Brierley *et al.*, 2005).

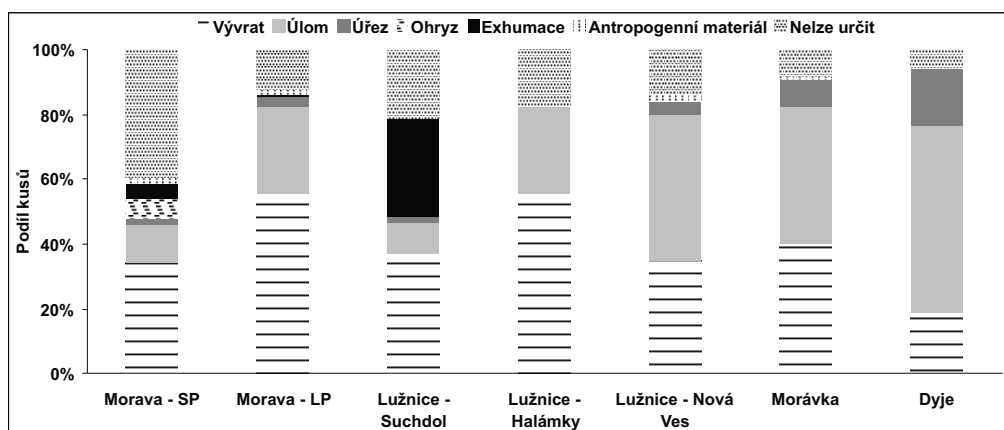
V případě Svratky nebyla orientace určována exaktně kvantitativně, nýbrž byl každý kus zařazen do jedné ze tří kategorií: příčný (31 %), šikmý (41 %), podélný (28 %). Na obr. 5.10 je zobrazeno relativní četnostní rozdělení orientací kusů v intervalu 10° na jednotlivých úsecích. Již na první pohled jsou patrné velké rozdíly mezi jednotlivými toky. Na velkých tocích se nejvíce uplatňuje síla proudu, která stáčí kusy pod malým úhlem vůči proudnici. Na tocích středních a malých je rozložení orientace proměnlivější a bude více odpovídat náhodnému působení více faktorů. Na Dyji je orientace ovlivněna zejména polohou malých kusů v příbřežní zóně, kdy se zachytávají na stromech či kamenech většinou v poloze kolmé vůči ose koryta. Další hypotéza byla taková, že v širších korytech jsou kusy snadněji natáčeny proudem, a proto by se v širokých korytech mělo nacházet nejvíce paralelních a subparalelních kusů (kusů natočených vůči proudnici do 20°). Tento vztah mezi šířkou koryta a orientací byl statisticky prokázán. V širších korytech je tedy více kusů orientovaných paralelně či subparalelně s prouděním.

V literatuře jsou mnohé pasáže věnovány transportu, kdy je uváděno, že při pohybu je obvykle kořenový bal (tlustší konec) výše proti proudu. Je-li transportovaný kus zachycen, tak se mnohdy může pootočit kolmo vůči překážce, tj. často zároveň také kolmo vůči korytu. Orientace tak nemusí mít vypovídací hodnotu vzhledem k transportu říčního dřeva, tj. není jeho indikátorem a zároveň alutochtonní či alochtonní kusy nemusejí mít predikovatelnou orientaci. Ani na zkoumaných říčních úsecích nebyl zjištěn žádný vztah, ze kterého by bylo možno stanovit nějaké pravidlo mezi orientací a mobilitou.

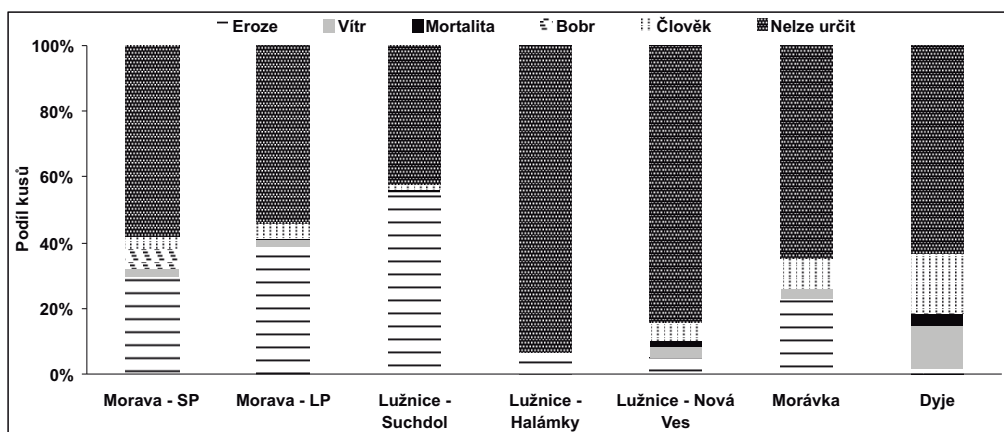
Smysl má určení vztahu mezi délkou kusu a orientací, poněvadž je vhodné zjistit, zdali jsou delší kusy natáčeny proudem obtížněji než kratší. Pokud by se ukázalo, že délka nemá na orientaci žádný vliv a všechny kusy jsou víceméně natáčeny stejně, bylo by vhodné zahrnout tyto poznatky při správě vodních toků. Pro tento účel byly kusy rozděleny podobně jako v předchozím případě do dvou souborů. První soubor tvořily kusy s orientací od 340° do 20° společně s kusy s orientací 160° - 200° . Kusy s touto orientací můžeme označit jako subparalelní.

Hodnota orientace kmene do 20° vůči břehu je v literatuře považována z hlediska blokace koryta za málo významnou. Na zkoumaných úsecích se ukázalo, že delší kusy mají většinou právě výše uvedené subparalelní uložení. Výsledek o převaze subparalelního uložení delších kusů na některých tocích má jedno zcela praktické využití. Nelze totiž

či na Lužnici u Suchdolu exhumace subfosilních kmenů (obr 5.14). V případě konkrétních procesů se nepodařilo determinovat 62 % kusů, na erozi připadá 23 %. Třetím nejvýznamnějším procesem je působení člověka s 8 %.



Obr. 5.11: Mechanizmy přísunu říčního dřeva na zkoumaných říčních úsecích.



Obr. 5.12: Procesy přísunu říčního dřeva na zkoumaných říčních úsecích.



Obr. 5.13: Bobří ohryzy vedoucí k přísunu mohutných stromů, Morava - Strážnické Pomoraví.

Statisticky významné vztahy mezi zahloubením koryta a počtem vývrátů nebyly zjištěny. Nejčastěji dochází k vývrátu tím způsobem, že strom je postupně podemlán a do koryta se vyvrátí tak, že jeho kořenový bal je středem otáčení. Za okomentování stojí velký podíl exhumovaných subfosilních kusů na přehlubněných tocích, což svědčí o značném zahlubování vodních toků. Činnost bobra je vázána prozatím jen na řeku Moravu, ale na začátku roku 2010 byly bobrem pokácené stromy zaregistrovány také v Podýjí. Ne všechen materiál pokácený bobrem se však dostane do koryta a ve skutečnosti je působení bobra ještě mnohem významnější.

Aby bylo možno determinovat skutečný význam eroze pro přísun říčního dřeva, je třeba omezit množinu přísunu na vývraty způsobené erozí (odfiltrování subfossilních kusů, popřípadě dalších kusů). Ve většině literatury totiž zaznívá, že břehová eroze je bezesporu nejdůležitějším procesem zodpovědným za přísun říčního dřeva. Považujeme-li celkovou množinu určených procesů přísunu za reprezentativní výběr, pak zcela jistě neplatí vztah, že břehová eroze je nejdůležitějším přísunovým mechanismem. Na malých tocích, kde energie vody není dostatečná k intenzivní břehové erozi, je dokonce tento způsob přísunu zcela podružný. Totéž platí i pro stabilní koryta úzkých údolí.



Obr. 5.14: Mohutný exhumovaný kmen v úseku Lužnice - Suchdol.

Konečné množství říčního dřeva by měl dále ovlivňovat rozsah konkávních břehů. V ideálním případě by měl platit vztah, že čím větší podíl konkáv daný břeh má, tím větší by měl být z tohoto břehu přísun říčního dřeva. Tyto břehy jsou totiž erodované a svislé (či s velkým sklonem), a tak kromě vývratů se z nich do koryta dostávají subfossilní kusy, kusy vyvrácené větrem, popřípadě jakékoliv formy úlomů. Výsledky prokázaly, že statisticky neplatí vztah, že čím vyšší podíl konkáv na daném břehu je, tím větší je z daného břehu přísun. Zjištěna nebyla ani závislost mezi rozsahem konkáv a počtem vývratů.

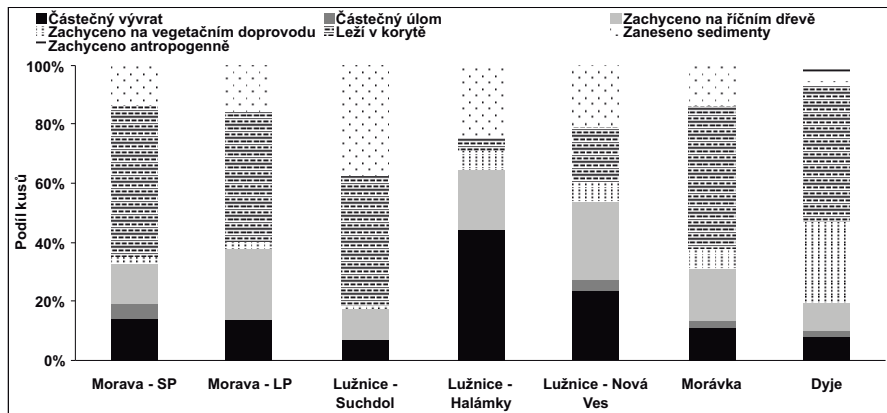
Vliv vegetačního doprovodu na přísun říčního dřeva je zásadní. Je jasné, že pokud by vodní tok protékal jen lučními porosty, přísun by byl vázán pouze na alochtonní (popř. subfossilní) kusy. Z podstaty věci by tedy měly řeky protékající lesními oblastmi obsahovat více říčního dřeva než vodní toky nelesních oblastí, respektive toky s větším podílem lesního vegetačního doprovodu by měly mít více říčního dřeva než toky s menším podílem. Korelační vztahy mezi podílem břehů tvořených lesem (typu les nad 30 m šířky, lem do 30 m šířky) a počtem kusů říčního dřeva jsou velice silné. Statisticky významný vztah mezi objemem říčního dřeva a rozsahem zalesněných břehů nebyl nalezen, i přesto, že by se zdálo logické, že les produkuje objemnější materiál než jiný typ vegetačního doprovodu.

Další analýza ukázala, že aby bylo v korytě velké množství říčního dřeva, není nutná podél koryta přítomnost lesa či lesního vegetačního lemu. Do těchto výsledků však vstupuje téměř nepodchytilitelná možnost přísunu subfossilních kusů a alochtonních kusů. U malých a středních toků stačí pro výskyt říčního dřeva pouze břehový porost, poněvadž malé průtoky nepůsobí velkou laterální aktivitu, a také většina kusů neodplave. Právě u těchto toků je z hlediska říčního dřeva výskyt lesa či lemu bezvýznamný. Teoreticky nejvýznamnější místa přísunu, porostlé konkávní břehy, nejsou u menších vodních toků z hlediska přísunu říčního dřeva zcela zásadní.

5.6 Způsoby přirozeného kotvení říčního dřeva v korytě

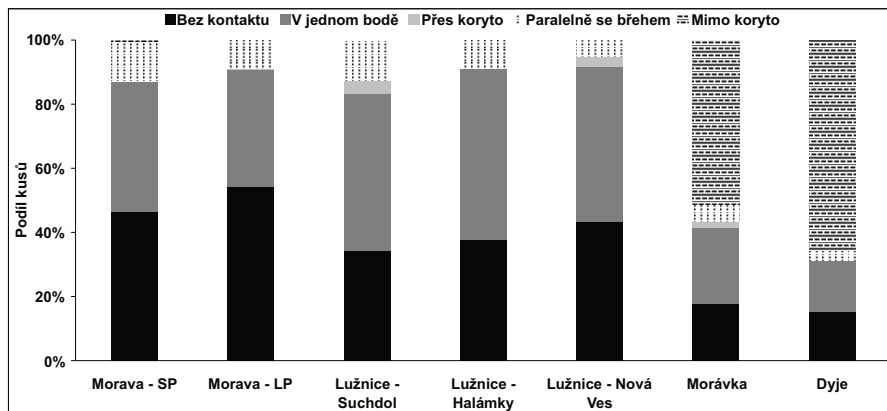
Každý kus říčního dřeva se nachází ve své aktuální poloze z určitého důvodu. Na jeho stabilitu pak můžeme usuzovat ze způsobu zachycení v korytě. Není však možno tyto

úvahy zevšeobecňovat, poněvadž velký kus pevně zachycený ve velkém korytě je jistě méně stabilní než velký kus v malém korytě, který není kotven žádným způsobem. Cílem je zejména porovnání způsobu zachycení mezi jednotlivými řekami (viz obr. 5.15). Nejčtetnějším způsobem pozice (zachycení) říčního dřeva je volně v korytě, tj. kusy leží relativně volně na pevném podkladu. U těchto kusů se velká stabilita nepředpokládá, a tak jsou potenciálně mobilní či jejich mobilita závisí na dalších faktorech jako je kořenový bal, větve, pozice apod. Kusy klasifikované jako částečné vývraty a částečné úlomy jsou stabilní pouze dočasně a je otázkou dalšího vývoje, jak se budou chovat. Důležité však je, že kusy označené v době mapování jako alochtonní mohou být na daném místě již poměrně stabilně kotveny (například sedimenty) a v dalším období tak být zcela stabilní. Antropogenní způsob zachycení na Dyji reprezentují kusy zachycené na jezech.



Obr. 5.15: Způsoby kotvení říčního dřeva ve zkoumaných úsecích.

Podobně nejednoznačnou interpretaci vykazuje i kontakt mezi břehy a říčním dřevem (viz obr. 5.16). Je vidět, že naprostá většina kusů se břehů nedotýká či se dotýká pouze v jednom bodě. Toto je způsobeno zřejmě zejména prouděním vody, kdy pouze ty největší kusy, ležící napříč korytem a dotýkající se obou břehů, si jsou schopny svou polohu dlouhodobě zachovat. Navíc takovéto kusy se mohou teoreticky vyskytovat pouze na tocích, kde je šířka koryta menší než maximální výška vegetačního doprovodu. Tyto kusy jsou relativně stabilně kotveny, na druhou stranu, za zvýšených průtoků jsou vystaveny silnému proudu. Lze tedy předpokládat, že kusy ležící napříč korytem budou mít velmi velké rozměry, a tudíž budou mít největší potenciál blokovat koryto. Kusy ležící mimo koryto opět indikují specifičnost Dyje, respektive Morávky.



Obr. 5.16: Kontakt mezi říčním dřevem a břehy na zkoumaných úsecích.

Statistické vyhodnocení odkrylo významné vztahy mezi počtem kusů ležících napříč korytem a počtem kusů přesahujících svojí délkou jak minimální, tak i průměrnou šířku koryta. Na některých úsecích je velmi pravděpodobné, že kusy delší, než průměrná šířka koryta, koryto překlenou, jinde je pravděpodobnost velmi malá. Zjednodušeně řečeno, například na Morávce ležely všechny kusy delší než je průměrná šířka koryta napříč korytem. Naproti tomu, druhý extrém tvořila Černá Opava, kde z 12 kusů delších, než je průměrná šířka koryta, ležel napříč pouze jeden. Z toho plyne, že není možno jednoznačně a paušálně definovat potenciálně nebezpečné kusy, které blokují koryto z jednoho břehu na druhý.

6 Dynamika říčního dřeva



Dynamikou rozumíme časové změny charakteristik (parametrů) říčního dřeva, buď strukturálních, funkčních či prostorových. Příklady časových změn strukturálních charakteristik jsou změny v počtu kusů či objemu říčního dřeva ve sledovaných úsecích vodních toků, či změny velikostních charakteristik (tloušťky a délky) v daném úseku. Příkladem změn ve funkcích říčního dřeva je změna počtu a druhu drobných tvarů dna a břehů vodního toku v závislosti na změnách množství a vlastností přítomného říčního dřeva. Prostorovými změnami rozumíme zejména přísun stromů do řeky a jejich transport vodou dále po proudu. Časové změny (dynamika) strukturálních, funkčních i prostorových charakteristik říčního dřeva jsou vzájemně kauzálně provázány. Z výše nastíněných otázek prezentujeme pouze vybrané okruhy problémů. Zaměřili jsme se jednak na otázky pravděpodobnosti odplavení a transportní vzdálenosti kusů dřeva za zvýšených vodních stavů, změny množství dřeva v krátkých, vybraných říčních úsecích (bilancování) a testovali jsme možnost datování přísunu stromů do řeky dendrochronologickými metodami. Použili jsme rovněž nepřímé způsoby studia dynamiky říčního dřeva prostřednictvím výzkumu dřevních akumulací (indikátor transportu dřeva povodněmi) a sledování stupně rozkladu říčního dřeva (indikátor časového průběhu přísunu stromů do řeky).

6.1 Monitoring povodňového transportu říčního dřeva

Studium pohyblivosti (mobility) říčního dřeva má svoje opodstatnění zejména z pohledu vodohospodářské praxe. Plovoucí dřevo se zachycuje na vodních stavbách, jako jsou

propustky, mostní pilíře, náhony, jezy či hráze vodních nádrží, a může způsobit jejich poškození či narušit jejich bezpečný provoz. Užitečná je v tomto ohledu zejména znalost podmínek, za jakých (při jakém průtoku) bude dřevo odplaveno a jaká bude jeho transportní vzdálenost. Pravděpodobnost odplavení kusu dřeva je dána vnějšími okolnostmi (pozice v říčním koridoru, hydraulické podmínky, vodní stav) a vlastnostmi samotného kusu dřeva (rozměry, habitus, přítomnost přirozených způsobů kotvení).

Jedním ze způsobů, jak odpovědět na otázky podmínek odplavení a transportní vzdálenosti, je označení vybraných kusů dřeva, zaměření jejich polohy a následné dohledání po povodňových událostech. Označené kusy se opakovaně dohledávají a kontrolují vždy po určité době (po povodňových událostech, případně s pravidelným intervalem jednou či dvakrát ročně). Pomocí takto koncipovaného monitoringu lze odvozovat, jak se budou chovat kusy říčního dřeva různých vlastností při různě velkých průtocích (počet a kulminační průtoky povodní v období mezi dvěma následujícími kontrolami). Současně lze studovat, jak reagovaly na povodeň kusy dřeva různých vlastností. Za tímto účelem bylo provedeno označení vybraných kusů dřeva na Lužnici, Moravě (Litovelské a Strážnické Pomoraví) a Morávce.

K označení kusů dřeva byly použity hliníkové štítky s vyraženým číselným kódem a červené textilní stuhy. Poloha každého kusu byla zaměřena GPS přijímačem; polohová chyba zaměření dosahovala hodnoty 3 až 6 m. Následně byla provedena, vždy zhruba po jednom roce, kontrola označených kusů a zaměřena jejich nová poloha (viz tab. 6.1). Monitoring byl zahájen v roce 2008 a pokračoval až do roku 2011. Výjimkou byla řeka Morávka, kde byly kusy označeny až v roce 2009. Monitoring na Morávce byl ukončen v roce 2010, kdy květnová povodeň zcela přetvořila řečiště a odnesla či pohřbila pod sedimenty a nově naplavené dřevo všechny označené kusy.

Tab. 6.1: Termíny prvotního označení a následné kontroly kusů dřeva, u kterých byla sledována jejich mobilita (uveden je měsíc a rok).

Lužnice	VIII/2008	IX/2009	VIII/2010*	VII/2011
Morava – Litovelské Pomoraví	VIII/2008	VII/2009	VII/2010	VII/2011
Morava – Strážnické Pomoraví	VIII/2008	IX/2009	IX/2010	VI/2011
Morávka		III/2009	IV/2010	

* V roce 2010 byl z důvodu setrvalě vysokých vodních stavů zkontrolován pouze jeden ze tří monitorovaných úseků, jednalo se o úsek u Suchdolu n.L.

Metoda monitoringu pomocí štítkování je jednoduchá a levná, má ovšem i svá úskalí, a to především to, že ne všechny označené kusy se podaří znovu dohledat. Jednak mohou být odneseny na příliš velkou vzdálenost, v případě, že nejsou odplaveny, mohou být zaneseny sedimenty či dalším dřevem a štítek pak již není viditelný. Na Lužnici bylo ve třech dílčích úsecích označeno celkem 29 kusů dřeva, na Moravě v Litovelském Pomoraví 30 kusů, na Moravě ve Strážnickém Pomoraví 19 kusů a na Morávce 31 kusů. Konkrétní kusy dřeva byly vybírány tak, aby reprezentovaly různou polohou v rámci koryta, různou velikost a různou zachovalost kořenového balu a větví (viz tab. 6.2 a 6.4). Kusy nenalezené v dalších letech v rámci zkoumaného říčního úseku, byly považovány za odplavené a dohledávány dále po proudu již nebyly. V následujícím textu jsou jako příklad uvedeny výsledky monitoringu z řeky Moravy pro úseky v Litovelském a Strážnickém Pomoraví.

Morava – Litovelské Pomoraví

V rámci monitoringu bylo sledováno celkem 30 kusů říčního dřeva, z nichž zůstalo po třech letech monitoringu v úseku dlouhém 2,85 km zachováno 15 kusů. Největší úbytek kusů dřeva nastal v prvním roce monitoringu (11 ks), v dalších dvou letech ubylo vždy pouze po dvou kusech. V prvním období (březnu 2009) prošla monitorovaným úsekem 1letá povodeň, která zřejmě odplavila nejméně stabilní kusy. Zbylé stabilnější kusy pak

v korytě většinou přetrvaly i přesto, že na ně v pozdější době působily i větší povodně (Q₁ v III/2010 a V/2010, Q₅ v VI/2010, Q₂ v I/2011). Některé z označených kusů se podařilo v následujících letech dohledat a určit tak jejich transportní vzdálenost. V období mezi roky 2008 a 2009 byl kus č. 8 posunut rovným úsekem koryta o 10 m, kus č. 12 byl transportován zákrutem koryta na vzdálenost 170 m, kus č. 15 byl přemístěn o 620 m dále a uložil se v jednom z menších, bočních koryt, kus č. 21 byl posunut 80 m zákrutem a kus č. 25 se přemístil o 55 m rovným úsekem. Přehled o meziročních změnách označených kusů podává tab. 6.3.

Tab. 6.2: Vlastnosti označených kusů říčního dřeva v Litovelském Pomoraví, u kterých byla opakovaně monitorována jejich mobilita (stav v roce 2008). Červeně jsou podbarveny kusy, které ze sledovaného úseku Moravy během období monitoringu (2008–2011) zmizely.

Číslo štítku	Průměr (cm)	Délka (m)	Kořenový bal	Zachování koruny	Zonace	Orientace	Poloha na konkávě	Kotvení
1	25	9,6	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podélně	ne	ne
2	33	16,2	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ne	částečný vývrát
3	65	25	ne	koruna	40/60/0	napříč	ano	na živé vegetaci
4	19	14	ne	hlavní větve	100/0/0	napříč	ano	na říčním dřevě
5	70	31	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podél	ano	na říčním dřevě
6	20	9	ne	hlavní větve	100/0/0	napříč	ano	na říčním dřevě
7	34	4,5	ne	holý kmen	100/0/0	šikmo	ano	na říčním dřevě
8	33	21	náznaky	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	na říčním dřevě
9	18	13	náznaky	holý kmen	100/0/0	podélně	ano	zaneseno sedimenty
10	40	4,2	ne	holý kmen	100/0/0	podélně	ano	na říčním dřevě
11	41	30	náznaky	holý kmen	100/0/0	podélně	ano	ne
12	17	3,2	náznaky	holý kmen	100/0/0	napříč	ano	na říčním dřevě
13	31	27	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	na říčním dřevě
14	20	14	kompletní	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ano	částečný vývrát
15	50	4	ne	holý kmen	100/0/0	napříč	ano	na říčním dřevě
16	14	6	náznaky	hlavní větve	100/0/0	podélně	ne	zaneseno sedimenty
17	26	6	náznaky	holý kmen	100/0/0	podélně	ano	ne
18	39	13	náznaky	holý kmen	100/0/0	šikmo	ano	na živé vegetaci
19	23	17	kompletní	holý kmen	100/0/0	podélně	ano	zaneseno sedimenty
20	27	8	náznaky	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ano	ne
21	20	8	náznaky	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	ne
22	52	23	náznaky	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	zaneseno sedimenty
23	18	6	náznaky	holý kmen	100/0/0	šikmo	ano	ne
24	15	6	náznaky	holý kmen	100/0/0	podélně	ano	na říčním dřevě
25	29	14	náznaky	holý kmen	100/0/0	šikmo	ano	na říčním dřevě
26	11	9	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	na říčním dřevě
27	30	4	zachovalý	holý kmen	100/0/0	šikmo	ano	zaneseno sedimenty
28	31	13	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	na říčním dřevě
29	21	12	kompletní	hlavní větve	100/0/0	podélně	ano	částečný vývrát
30	43	16	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ano	ne

Tab. 6.3: Výsledky monitoringu mobility označených kusů říčního dřeva na řece Moravě v Litovelském Pomoraví (období 2008 - 2011).

Datum kontrolního monitoringu (měsíc/rok)	VII/2009	VII/2010	VII/2011
N-letost největší povodně v době sledování (měsíc/rok)	1 (III/2010)	5 (VI/2010)	2 (I/2011)
Kulminační průtok (m ³ /s)	120	170	135
Počet dohledaných kusů bez změny pozice	14	13	14
Počet dohledaných kusů se změnou pozice	5	4	1
Počet nedohledaných kusů	11	13	15

Pohled na vlastnosti kusů, které byly z monitorovaného úseku odplaveny, ukazuje, že nevykazují specifické vlastnosti, které by je předurčovaly k přednostnímu odplavení. V některých případech se jedná i o poměrně rozměrné kusy se zachovalým kompletním kořenovým balem a hlavními větvemi (kus č. 14). Naopak odplaven nebyl kus s tloušťkou pod 20 cm a délkou pod 4 m bez zachovalého kořenového balu a větví (č. 12). Monitoring pouze naznačuje, že určitou roli zřejmě hraje přítomnost dobře zachovalého kořenového balu, který působí jako stabilizační prvek. Možnost čištění koryta od dřeva, které by provedl správce toku, lze v tomto případě spíše vyloučit.

Morava – Strážnické Pomoraví

V rámci monitoringu bylo sledováno celkem 19 kusů říčního dřeva, z nichž zůstalo po třech letech monitoringu v úseku dlouhém 2,8 km zachováno 11 kusů. Dva z nejrozměrnějších kusů byly evidentně z koryta odstraněny správcem toku. Navzdory tomu, že se jedná o dolní tok Moravy se značným průtokem a velkou šířkou koryta přesahující výrazně délku monitorovaných kusů dřeva, byl úbytek sledovaných kusů menší než očekávaný. Korytem prošla v monitorovaném období 100letá voda (březen 2010), přesto se více než polovina sledovaných kusů udržela na původním místě. U kusů, které změnila polohu, ale podařilo se je dohledat, byly zaznamenány transportní vzdálenosti, které leží na hranici přesnosti měření použitého GPS přístroje. Zaznamenány byly spíše změny v orientaci vůči ose koryta (proudnicí). Podobně jako v Litovelském Pomoraví zmizely kusy s velmi odlišnými vlastnostmi a nelze jednoznačně stanovit, které strukturální charakteristiky lze považovat za podstatné pro zvýšení stability říčního dřeva. Celková mobilita kusů vykazuje vztah k výskytu (frekvenci) povodní během období monitoringu. V roce 2009, po průchodu jedné desetileté povodně, nebyly dohledány pouze 3 kusy (což odpovídá 16 % z celkového počtu označených kusů). V roce 2011, po průchodu dvou padesátiletých a jedné stoleté povodně nebylo dohledáno celkem 6 (32 %) označených kusů. Přehled o meziročních změnách označených kusů podává tab. 6.5.

Tab. 6.4: Vlastnosti označených kusů říčního dřeva ve Strážnickém Pomoraví, u kterých byla opakovaně monitorována jejich mobilita (stav v roce 2008). Červeně jsou podbarveny kusy, které ze sledovaného úseku Moravy během období monitoringu (2008–2011) zmizely. Modře jsou podbarveny kusy, které byly z koryta odstraněny správcem toku.

Číslo štítku	Průměr (cm)	Délka (m)	Kořenový bal	Zachování koruny	Zonace	Orientace	Poloha na konkávě	Kotvení
1	110	23	kompletní	koruna	100/0/0	šikmo	ne	částečný vývrát
2	45	16,5	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podélné	ne	ne
3	60	17	ne	holý kmen	0/25/75	příčné	ano	na živé vegetaci
4	70	21,7	kompletní	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ano	částečný vývrát
5	30	18,6	ne	holý kmen	100/0/0	podélné	ano	zaneseno sedimenty
6	19	10,5	kompletní	koruna	100/0/0	napříč	ne	částečný vývrát
7	16	11,4	kompletní	koruna	100/0/0	napříč	ano	částečný vývrát
8	9	14	ne	hlavní větve	100/0/0	podélné	ano	ne
9	65	25	ne	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ne	ne
10	32	12,5	kompletní	koruna	100/0/0	napříč	ne	částečný vývrát
11	22	4	Ne	holý kmen	100/0/0	podélné	ne	ne
12	22	9,5	kompletní	holý kmen	100/0/0	šikmo	ne	částečný vývrát
13	41	9	kompletní	koruna	100/0/0	napříč	ne	částečný vývrát
14	21	4,3	ne	hlavní větve	100/0/0	podélné	ne	ne
15	38	13,5	ne	hlavní větve	100/0/0	podélné	ano	ne
16	89	21	zachovalý	holý kmen	100/0/0	podélné	ano	ne
18	64	24	zachovalý	hlavní větve	100/0/0	podélné	ano	ne
19	24	7,5	náznačky	hlavní větve	100/0/0	podélné	ne	zaneseno sedimenty
20	85	15,5	ne	hlavní větve	100/0/0	šikmo	ne	zaneseno sedimenty

Tab. 6.5: Výsledky monitoringu mobility označených kusů říčního dřeva na řece Moravě ve Strážnickém Pomoraví (období 2008–2011).

Datum kontrolního monitoringu (měsíc/rok)	IX/2009	IX/2010	VI/2011
N-leťost největší povodně v době sledování (měsíc/rok)	10 (III/2009)	100 (III/2010)	50 (VI/2011)
Kulminační průtok (m ³ /s)	590	720	520
Počet dohledaných kusů bez změny pozice	14	13	12
Počet dohledaných kusů se změnou pozice	2	2*	2*
Počet nedohledaných kusů	3	3	6

* U jednoho kusu došlo mimo změnu orientace také k jeho posunu po proudu.

Deset z monitorovaných kusů říčního dřeva bylo původně orientováno napříč korytem. Jednalo se vesměs o kusy se zachovalou korunou včetně malých větviček (5 kusů) či hlavními větvemi (3 kusy). V případě příčně orientovaných kusů se jeví dobrá zachovalost koruny dobře vysvětlitelná tím, že se jedná o kusy, které se do koryta dostaly relativně nedávno, tudíž na ně proud působil relativně nejkratší dobu a nedošlo tak zatím

k jejich natočení po proudu. Stromy destabilizované břehovou erozí se vyvracejí do koryta kolmo ke břehu. Z těchto 10 kusů byly v období monitoringu 2 kusy rozřezány a z větší části odstraněny z koryta (kus č.1, 3). U poloviny těchto kusů nebyly zaznamenány během 3 let monitoringu žádné změny, kusy zůstaly orientovány napříč korytem. Další tři kusy (č. 6, 10, 13) postupně změnily svoji orientaci z původně téměř kolmé na paralelní s proudnicí. Ve všech třech případech se přitom jednalo o kusy s kompletní korunou, vývraty dosud částečně spojené kořeny se břehem, které při průměrném vodním stavu neleží celým kmenem ve vodě. Zachovalý bal se tak stal osou otáčení celého stromu korunou směrem po proudu, přičemž rychlost tohoto otočení byla kolem 40° za rok. Tato hodnota je mnohonásobně větší, než u kusů ležících buď zcela v korytě toku, nebo pouze s částečně zachovalou korunou.

Dále byl ve Strážnickém Pomoraví sledován proces přísunu stromů do koryta. Za tímto účelem byl v září 2009 vybrán cca 350 m dlouhý úsek konkávního břehu s lesním porostem dosahujícím až k břehové hraně; břeh podléhá poměrně rychlé břehové erozi. Jedná se o levý břeh zákrutu 1,1 km pod silničním mostem spojujícím Bzenec–Přívoz a Strážnici. Zde byly všechny stromy rostoucí do vzdálenosti 3 m od břehové hrany označeny štítky. Cílem bylo postihnout časovou dynamiku přísunu stromů do koryta řeky v důsledku břehové eroze. Následný monitoring označených stromů byl proveden v časových intervalech, které postihly působení velkých jarních povodní v letech 2010 a 2011 (viz tab. 6.6).

Tab. 6.6: Kvantifikace přísunu stromů do koryta Moravy v důsledku boční eroze konkávního břehu (období 2009–2011).

Interval monitoringu stromů	IX/2009 - X/2010	X/2010 - VIII/2011
Počet stromů do vzdálenosti 3 m od stávající břehové hrany	26	32
Počet stromů vyvrácených do koryta	16	3
Celkový objem vyvrácených stromů (m ³)	30,4	9,2
Objem vyvrácených stromů na 100 m koryta (m ³)	8,7	2,6
Průměrná vzdálenost vyvrácených stromů od původní břehové hrany (m)	2,4	1,8

Množství stromů, které se do koryta dostávají v důsledku břehové eroze, je závislé na počtu, trvání a kulminačním průtoku povodní a na porostní hustotě (počet stromů na jednotku plochy nivy) přilehlého lužního lesa. V období mezi roky 2009 až 2010 (se dvěma jarními povodněmi o Q_{50} a Q_{100}) ustoupil břeh v důsledku boční eroze v průměru o 3 m za rok. Naopak menší jarní povodeň v roce 2011 (Q_{50}) měla za následek nepoměrně menší přísun stromů do koryta, přičemž průměrný ústup břehové hrany v období mezi roky 2010 a 2011 byl pouze 0,7 m.

6.2 Sledování bilance říčního dřeva v modelových říčních úsecích

Dalším možným způsobem, jak studovat bilanci a mobilitu říčního dřeva, je založení bilančních úseků. Tato metoda spočívá v označení veškerých kusů hrubého říčního dřeva v daném úseku a následných periodických revizích. Kusy jsou detailně popsány a zfotodokumentovány. Úsek může mít délku od několika desítek do několika stovek metrů. Také podrobnost sledování může nabývat několika úrovní. V určitých případech může být předmětem zájmu pouze donáška/odnos a v tomto případě stačí dohledat dříve označené kusy a označit nové připravené. Při detailnějším pohledu můžeme studovat také transport v bilančním úseku, k čemuž potřebujeme mít všechny kusy detailně zaměřené. To se obvykle dělá tak, že se na kus připevní dva štítky, které se geodeticky či pomocí GPS

zaměří. Tento přístup zvolili a publikovali například Kožený *et al.* (2006) při studiu kotvených stromů v NPR Vrapač v Litovelském Pomoraví. Mezi hlavní výhody této metody patří poměrně velký soubor kusů s prokázanou či vyloučenou mobilitou, známe také čas transportu. Na druhou stranu nejsme schopni určit, kam byl případně kus z úseku vyplaven, respektive odkud byl připraven. Ne vždy se podaří označit naprosto všechny kusy v úseku z důvodu hluboké vody či nepřehlednosti dřevní akumulace.

Bilanční úseky byly založeny v roce 2009 na Moravě v Litovelském Pomoraví o délce 60 m a v roce 2010 na Lužnici u Suchdolu o délce 70 m. Z výsledků vyplývá, že dynamika říčního dřeva je i na těchto středně velkých řekách poměrně vysoká a to i přesto, že v úsecích neprošly velké povodně. Výsledky jsou uvedeny níže v textu.

Morava

Rok Akce

- 2009 označeno 32 kusů
2010 dohledáno 18 kusů označených v roce 2009, označeno 16 nových kusů
N-letost povodně: 2
2011 dohledáno 17 kusů označených v roce 2009 dohledány 3 kusy označené v roce 2010, označeno 10 nových kusů
N-letost povodně: 1

Porovnáme-li kusy, které odplavaly (připlavaly), a které zůstaly nemobilní, zjistíme, že mezi těmito soubory není téměř žádný rozdíl. Kusy, které nebyly vodou posunuty, měly většinou alespoň zachovalý kořenový bal. Výsledky je možno shrnout tak, že v případě Moravy nezávisí transport na parametrech říčního dřeva a je náhodný. Z dalších zkušeností vyplývá, že již na řece této velikosti nemá transport žádné limity, poněvadž byl zaregistrován pohyb velmi velkých kusů s kompletním kořenovým balem či byly zcela rozplaveny velké a do té doby stabilní akumulace (viz například obr. 6.1).



Obr. 6.1: Mohutný strom odplavený z bilančního úseku na Moravě v Litovelském Pomoraví.

Lužnice

Rok Akce

- 2010 označeno 24 kusů
2011 dohledáno 18 kusů označených v roce 2010
označeno 14 nových kusů
N-letost povodně: 5

Kusy, které odplavaly, byly výrazně kratší a tenčí než kusy bez pohybu. Odplavené kusy měly podobu holých kmenů a neměly kořenový bal, vykazovaly málo stabilní způsob kotvení a neměly kontakt se břehem. Nové kusy v úseku měly podobné parametry jako kusy odplavené. Ze čtrnácti nově označených kusů můžeme však osm považovat za stabilní, ležící na dně, které byly za vyššího vodního stavu při prvotní inventarizaci úseku přehlédnuty. Bylo zjištěno, že kusy dosahující délky přibližně 2/3 šířky koryta jsou již poměrně stabilní.

Z tohoto dílčího výzkumu vyplývá, že studium dynamiky a transportu říčního dřeva metodou bilančního úseku je vhodný postup. Podíváme-li se na množství potažmo objem dřevní hmoty v úsecích, zjistíme, že materiálu výrazně nepřibývá ani neubývá. Celkový pohyb materiálu je dynamičtější v případě většího koryta Moravy, kde také nebyly zjištěny žádné limity transportu. Úsek na Moravě byl situován do konkávního břehu zákrutu, kdežto na Lužnici se jednalo o rovný úsek. Je možno konstatovat, že v případě zákrutu je dynamika říčního dřeva větší a to i po odfiltrování intenzivního přísunu nových stromů z erodovaného břehu.

6.3 Naplavené dřevní akumulace – Dyje, Lužnice, Morava

Studium mobility říčního dřeva přímými metodami, jako je sledování štítkovaných kusů či bilancování v krátkých úsecích řek, je poměrně obtížné. Dalším způsobem, jak získat znalosti o podmínkách transportu dřeva v řekách, je studium naplavených (alochtonních) či kombinovaných dřevních akumulací. Ze studia akumulací je možné udělat si představu, jaké jsou vlastnosti kusů dřeva, které byly transportovány během povodní či jak vypadají místa přednostního zachytávání plovoucího dřeva. Obsahem této kapitoly jsou výsledky zkoumání různých forem alochtonních dřevních akumulací na řekách Dyji, Lužnici a Moravě.

6.3.1 Dyje – extrémní povodně v letech 2002 a 2006 a jejich vliv na vznik dřevních akumulací

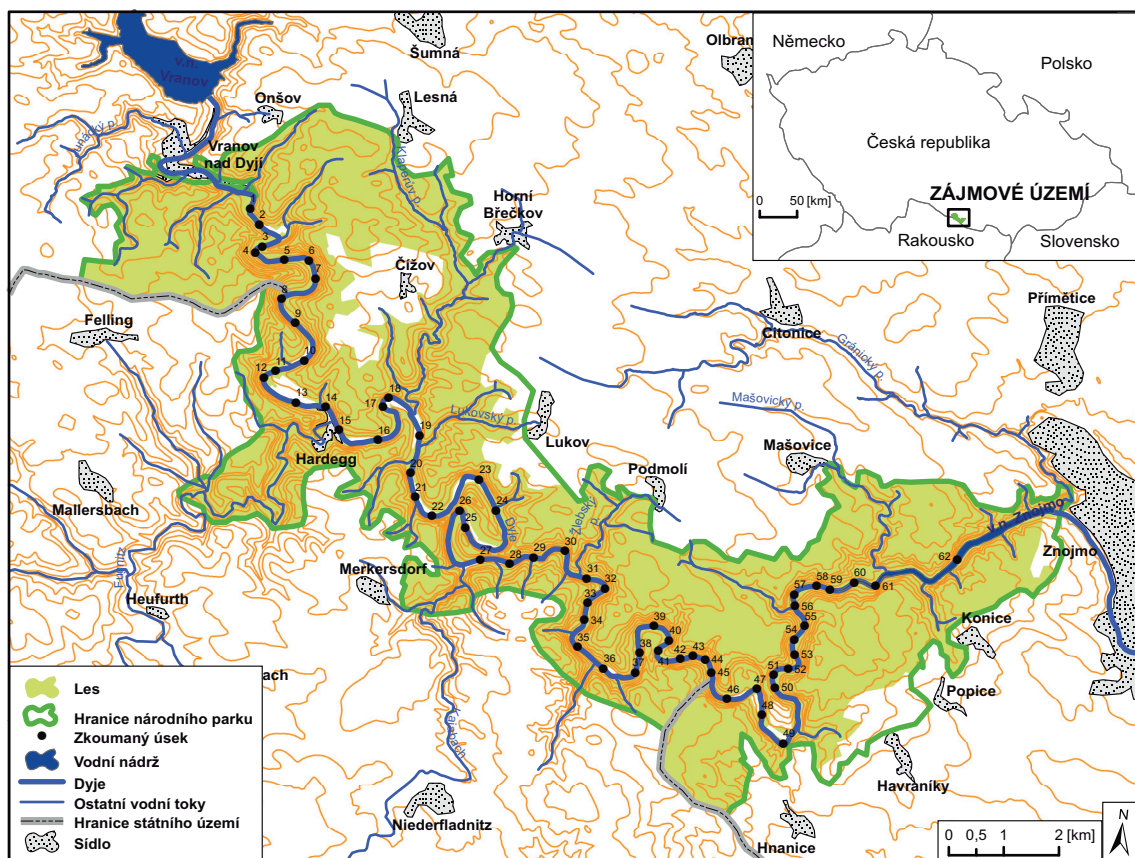
Úvod

Mapování a měření dřevních akumulací probíhalo v prostoru mezi vodními díly Vranov a Znojmo v úseku řeky Dyje dlouhém 42 km; v části tohoto úseku je Dyje hraniční řekou mezi Českou republikou a Rakouskem. Motivací pro výzkum dřevních akumulací byla situace, která nastala po připlavení velkého množství dřevního materiálu do nádrže Znojmo při jarních povodních v letech 2002 a 2006. Připlavené dřevo pokrylo hladinu nádrže a hrozilo zablokování přelivu přehrady s možností přelití sypané hráze a jejím následným poškozením. Po první povodni provedl správce toku (Povodí Moravy, s.p.) odklizení části dřevního materiálu v celém úseku mezi hrázemi nádrží Vranov a Znojmo; zpracováno bylo cca 1 200 m³ dřevního materiálu (včetně jemného dřeva) (Pořízka a Vančura, 2003). Delší a objemnější kusy byly pouze pořezány na kratší polena a ponechány na místě k zetlení. Na rakouské straně řeky byl naopak uplatněn striktně bezzásahový přístup. Podobná situace nastala v roce 2006. Analýza obrazu provedená na fotografiích dřevního materiálu, který pokryl hladinu nádrže při druhé povodni, ukázala, že do nádrže bylo připlaveno cca 1 250 ks hrubého říčního dřeva s objemem cca 80 m³ (Kožený a Simon, 2006).

Hlavním cílem této části výzkumu bylo přispět k lepšímu porozumění procesům transportu říčního dřeva, jeho ukládání a tvorbě dřevních akumulací. Data získaná při terénním výzkumu byla využita pro zodpovězení čtyř hlavních otázek: (1) jaké je množství a prostorové rozšíření dřevních akumulací v říčním koridoru, (2) zda tvorbu akumulací podmiňuje geomorfologický charakter údolního dna (např. morfometrické parametry jako šířka koryta a nivy, poloměr meandrů, sklon koryta), (3) jaké jsou vlastnosti dřevních akumulací (např. pozice, typ, velikost), (4) jaké jsou vlastnosti kusů tvořících akumulace (např. rozměry, stupeň rozkladu).

Pracovní metody

Pro mapování dřevních akumulací bylo vybráno 60 úseků o délce 200 m. Výběr úseků byl proveden stratifikovaným náhodným výběrem. Pro stratifikaci byl použit půdorysný vzor údolí; třetina úseků byla situována na vrcholech meandrů, třetina v inflexních bodech a třetina ve vstupní, respektive výstupní větvi meandrů. Během terénních prací byly přidány ještě dva úseky navíc, celkem bylo tedy zmapováno 62 úseků o celkové délce 12,4 km (obr. 6.2). Terénní práce proběhly v červnu a červenci roku 2009. Akumulace byly mapovány v korytě a také v nivě a na úpatí svahů (v úsecích bez vyvinuté nivy) do úrovně povodně v roce 2006. V každém úseku byly registrovány akumulace, které obsahovaly minimálně tři vzájemně se dotýkající kusy hrubého říčního dřeva. Pro každou dřevní akumulaci byly zaznamenány geografické souřadnice, aby mohly být následně její parametry vyjádřeny prostorově v GIS.



Obr. 6.2: Rozmístění úseků pro mapování dřevních akumulací podél říčního koridoru Dyje mezi vodními díly Vranov a Znojmo, mapování proběhlo v roce 2009.

Pro každou akumulaci byl zjišťován soubor parametrů, které popisují její prostorovou pozici, genetický typ, počet obsažených kusů dřeva, rozměry a přítomnost či nepřítomnost blokačních prvků (jako například stojící stromy nebo balvany), které podporovaly depozici unášeného dřeva. Řada akumulací měla kompaktní jádro, ze kterého trčel do strany jeden či více dlouhých kusů dřeva. V takovém případě byly měřeny jednak rozměry kompaktní části (jádra) akumulace a dále celkové rozměry se zahrnutím kusů vyčnívajících do stran. V rámci kompaktních rozměrů se nachází převážná část dřevní biomasy akumulace, celkové rozměry jsou zase podstatné z hlediska funkcí akumulace ve fluvialním systému, zejména jejího hydraulického efektu a zachytávání další organické hmoty. Pro všechny kusy dřeva tvořící akumulace bylo zjišťováno, zda jsou

autochtonní nebo připlavené. Autochtonními se rozumí kusy, které nebyly transportovány vodou, a u kterých bylo možné poznat jejich původní polohu. Alochtonní pak jsou kusy transportované vodou alespoň na vzdálenost rovnou jejich délce. Kombinované jsou akumulace, ve kterých se nachází lokální, velký kus dřeva na který byly naplaveny další kusy. Pro každý kus byly dále zjišťovány jejich rozměry, zachovalost a zda byly uříznuté motorovou pilou (antropogenní přísun). Pro každý úsek byly zjištěny následující geomorfologické charakteristiky údolního dna: šířka koryta, šířka nivy (zvláště v pravobřeží a levobřeží), sklon koryta a poloměr meandru.

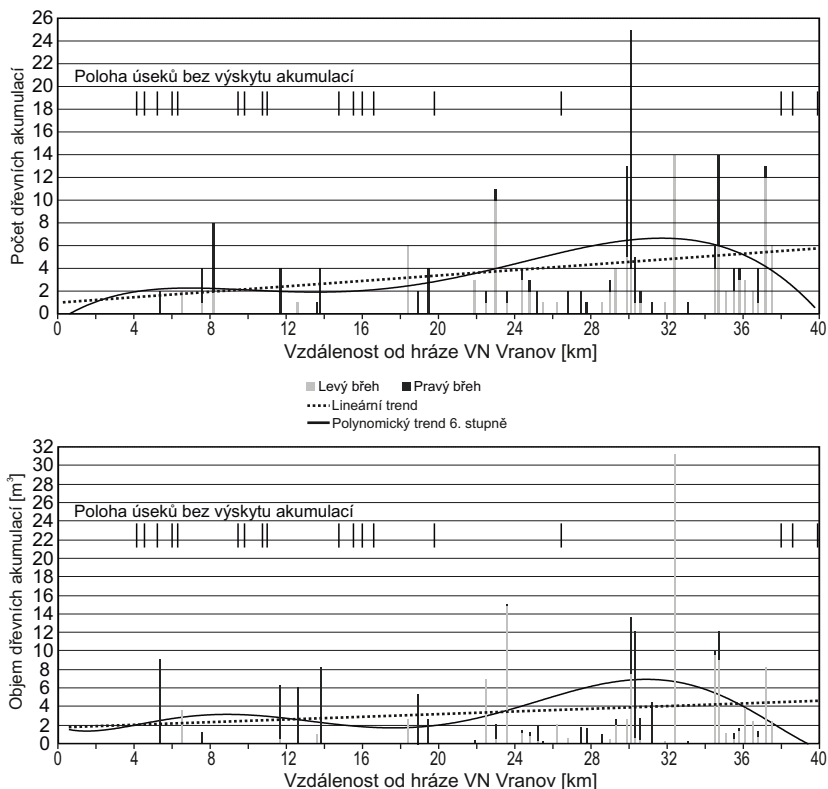
Počet a objem dřevních akumulací

V rámci zkoumaných úseků bylo zmapováno celkem 200 dřevních akumulací. Z tohoto počtu se nacházelo 193 v příbřežní zóně (na březích a v nivě) a pouze 7 přímo v korytě. Žádná z akumulací, které se nacházejí v korytě, není položena přímo uprostřed koryta či v proudnici, ale vždy v blízkosti jednoho ze břehů. Z akumulací, které se nacházely v příbřežní zóně, bylo položeno 89 v pravobřeží a 104 v levobřeží. Na českém státním území bylo zjištěno 129 akumulací, na rakouském území pak 71 akumulací. V akumulacích bylo změřeno 1476 individuálních kusů dřeva, což představuje 196,978 m³ dřevní biomasy. Zaznamenaný počet kusů však představuje pouze minimální hodnotu, protože uvnitř velkých akumulací se nachází neurčené množství pohřbených kusů, které nebylo možné změřit. V pravobřeží je v akumulacích zachyceno 618 kusů obsahujících 77,738 m³ dřevní biomasy, v levobřeží pak 858 kusů obsahujících 119,246 m³ dřevní biomasy. Z toho na českém státním území je zachyceno v akumulacích 1159 kusů s objemem 151,472 m³, na rakouském území pak 317 kusů s objemem 45,506 m³.

Prostorové rozšíření dřevních akumulací

Počet akumulací zjištěný v jednotlivých úsecích je značně rozkolísaný; v 18 úsecích nebyly nalezeny žádné akumulace, maximální počet akumulací zaznamenaných v jednom úseku je 25. Průměrně se vyskytuje 16 akumulací na 1 km říčního koridoru. Z obr. 6.3 je patrné rozložení počtu a objemu akumulací v jednotlivých úsecích a také v závislosti na vzdálenosti od hráze nádrže Vranov (od počátku zájmového území). Počty a objemy akumulací jsou uvedeny zvláště pro pravý a levý břeh, protože většina akumulací se nacházela v příbřežní zóně. Z grafu je patrné, že rozmístění akumulací v podélném směru je značně nerovnoměrné. Podél řeky se cyklicky střídají úseky s výraznější retencí říčního dřeva s úseky s malou tvorbou akumulací nebo zcela bez nich. Celkově lze konstatovat, že tvorba akumulací byla menší v horních dvou třetinách zkoumaného území a jejich množství nepravidelně narůstalo směrem po proudu. V horních dvou třetinách zájmového území se nachází 72 akumulací, v dolní třetině 128 akumulací. Skokově se počet akumulací a objem dřevní hmoty v nich obsažený zvětšuje ve vzdálenosti 28 km od hráze nádrže Vranov. Žádné akumulace pak nebyly zaznamenány na samém konci zájmového území v dosahu vzdutí nádrže Znojmo. Největší retence říčního dřeva a tvorba akumulací se tak váže na 9,5 km dlouhý úsek řeky bezprostředně nad vzdutím nádrže Znojmo. Z obr. 6.3 je také patrné, že v dolní třetině zájmového území je největší variabilita v počtu akumulací mezi jednotlivými úseky.

Významnou úlohu při vzniku akumulací sehrála přítomnost jezů, které lokálně silně modifikují morfologii a hydraulické poměry koryta. Mezi 62 studovanými úseky se nachází 5 úseků, ve kterých se vyskytuje jez. Na tyto úseky je vázáno celkem 29 akumulací (14,5 %), přímo pod jezy se nachází 26 akumulací (13 %). Akumulace ležící pod jezy jsou nadprůměrně velké, jak co do počtu kusů, tak do objemu. Z hlediska objemu se pod jezy nachází 21,5 % dřevní biomasy všech akumulací. Ještě markantnější je to v případě počtu kusů, kdy na akumulace pod jezy připadá 300 kusů (20,3 %).

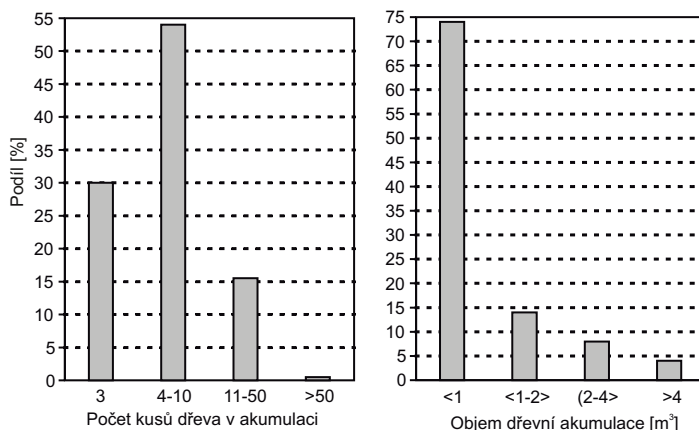


Obr. 6.3: Počet (nahore) a objem (dole) dřevních akumulací v 62 náhodně lokalizovaných úsecích podél 42 km dlouhého úseku říčního koridoru řeky Dyje. Mapování proběhlo v červnu a červenci 2009.

Vlastnosti dřevních akumulací

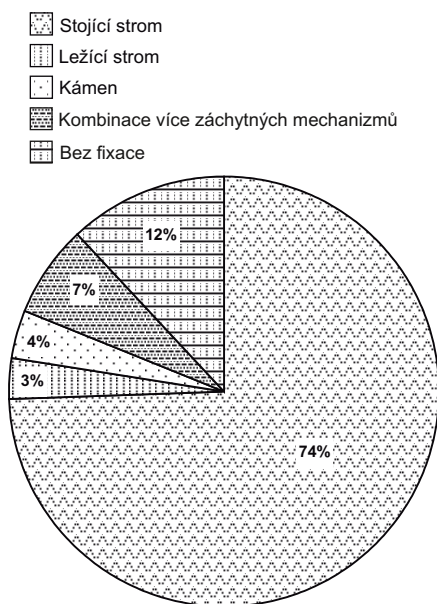
Ve zkoumaných úsecích se nacházejí autochtonní (6 %), kombinované (29 %) i alochtonní akumulace (65 %). Alochtonní a kombinované akumulace vznikly za povodní v letech 2002 a 2006 a indikují intenzivní transport dřeva v říčním koridoru. Poměrně vysoký podíl kombinovaných akumulací ukazuje na významný vliv velkých vyvrácených stromů (klíčové kusy) pro zachytávání plovoucího dřeva. Průměrný počet kusů říčního dřeva obsažených v autochtonních akumulacích je 5,3, v kombinovaných 9,3 a v alochtonních 6,7. Autochtonní akumulace jsou rozmístěny náhodně v rámci celého zájmového území, počet kombinovaných akumulací zvolna roste směrem po proudu a alochtonní akumulace jsou z větší části koncentrovány do dolní třetiny území.

Velikost akumulací byla vyjádřena pomocí počtu obsažených kusů dřeva a objemu dřevní biomasy (obr. 6.4). Z grafů je patrné, že dominují akumulace obsahující menší počet kusů a akumulace s objemem dřevní biomasy do 1 m³.



Obr. 6.4: Rozdělení dřevních akumulací podle velikosti na základě počtu obsažených kusů a objemu.

Velké akumulace čítající několik desítek kusů jsou poměrně vzácné a tvoří méně než 5 % z celkového počtu. Maximální počet kusů dřeva zaznamenaný v jedné akumulaci byl 98, maximální zaznamenaný objem dřeva v akumulaci byl 14,9 m³. Tyto hodnoty však jsou mírně podhodnocené, protože blíže nespecifikovaný počet kusů pohřbených uvnitř akumulace nemohl být změřen. Několik velkých akumulací, které však nebyly do analýzy zahrnuty, obsahujících až desítky kusů, se nachází také mimo mapované úseky. Největší akumulace bývají zpravidla velmi kompaktní, zaklíněné mezi živé, stojící stromy a obsahují i velké množství jemného dřeva a dalších organických naplavenin (seno, listí, aj.). Velké akumulace představují zvláštní biotopy, na kterých probíhají v současnosti iniciální sukcesní stádia s rozvojem bylinné vegetace. Akumulace s velkým počtem kusů jsou soustředěny spíše do dolní třetiny zájmového území, akumulace s menším počtem kusů, ale velkým objemem dřevní biomasy, jsou rozmístěny více rovnoměrně.

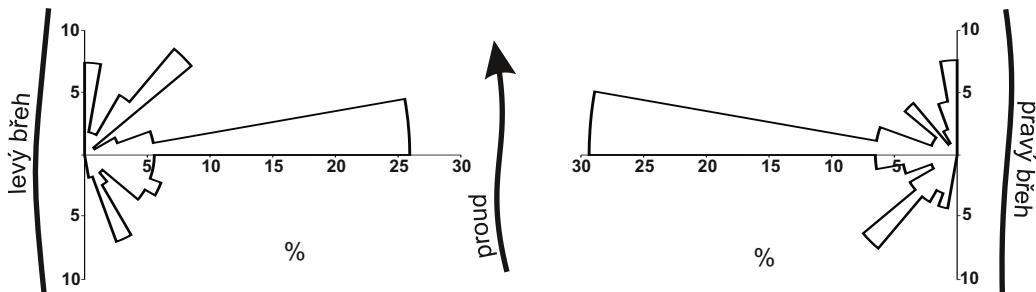


Obr.6.5: Poměrné zastoupení blokačních mechanismů, které se uplatnily při zachytávání říčního dřeva za povodní a podmínily tvorbu dřevních akumulací v říčním koridoru Dyje.

Tvorbu akumulací a jejich prostorovou distribuci ovlivnil do značné míry výskyt různých překážek, které se nacházejí na březích a v nivě, méně také v korytě. Obr. 6.5 ukazuje poměrné zastoupení blokačních mechanismů, které vyvolaly zachytávání a akumulaci říčního dřeva na určitých místech. Z grafu jednoznačně vyplývá, že prvořadou úlohu při zachytávání dřeva sehrály především živé, stojící stromy. Tento fakt je také nejspíše zodpovědný za to, že nejvíce alochtonních akumulací se nachází v dolní třetině údolí, která je nejsouvisleji zalesněná. Pouze 12 % akumulací vzniklo na volném prostranství a neváže se na žádnou překážku blokující proudění vody a transport dřeva. Kromě živých stromů se v menším počtu případů uplatnily jako záchytný prvek také velké ležící stromy a velké balvany.

Balvany se uplatnily jako blokační mechanismus v horní a dolní třetině zájmového území, kde vystupují na povrch ortoruly a granity, které zvětrávají na velké bloky. Záchytný efekt balvanů se však projevuje spíše za menších povodní, protože při extrémních průtocích bývají ponořené pod vodou. Na některých místech se na vzniku akumulace podílelo více záchytných mechanismů současně. K takovým případům patří např. zachycení dřeva v úzkém průchodu mezi stromem a skalním svahem nebo balvanem, ale zejména případy, kdy zachytávání vyvolal vyvrácený strom v kombinaci se stojícím stromem.

Velký význam různých blokačních mechanismů pro depozici plovoucího dřeva a vznik akumulací vyplývá i z orientace delší osy akumulací (obr. 6.6). Transportované kusy dřeva bývají v korytě většinou orientovány paralelně s osou proudění. Naproti tomu převážná většina akumulací je orientována příčně či diagonálně ke směru proudění, což naznačuje natlačení plovoucích kusů na překážku a jejich stočení do pozice kolmé ke směru proudění.

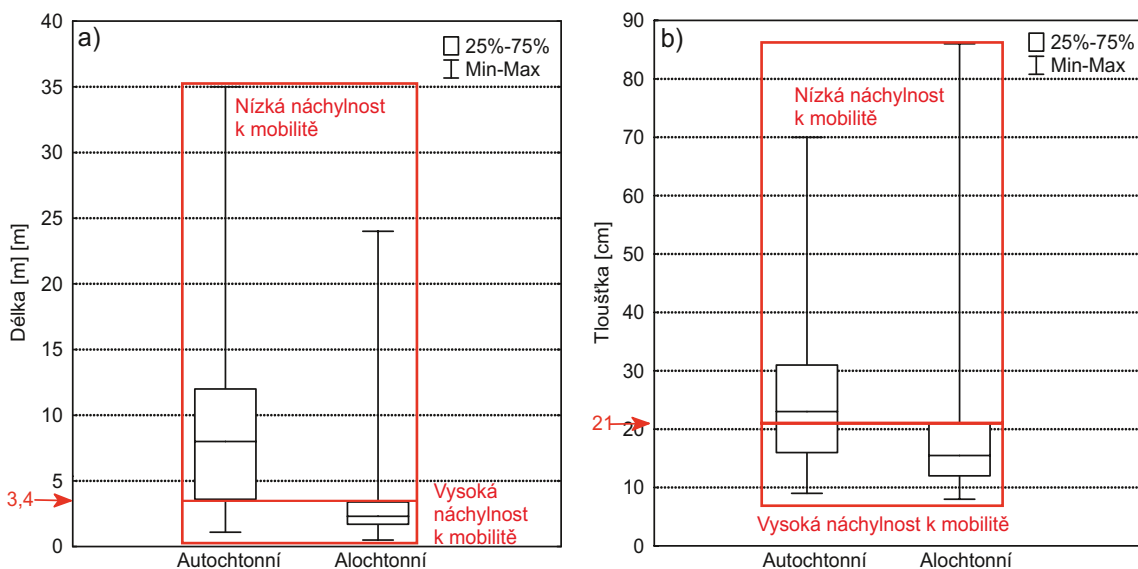


Obr. 6.6: Orientace delší osy dřevních akumulací vůči směru proudění. Zvláště jsou vykresleny soubory pro akumulace ležící při pravém a levém břehu.

Vlastnosti kusů dřeva obsažených v akumulacích

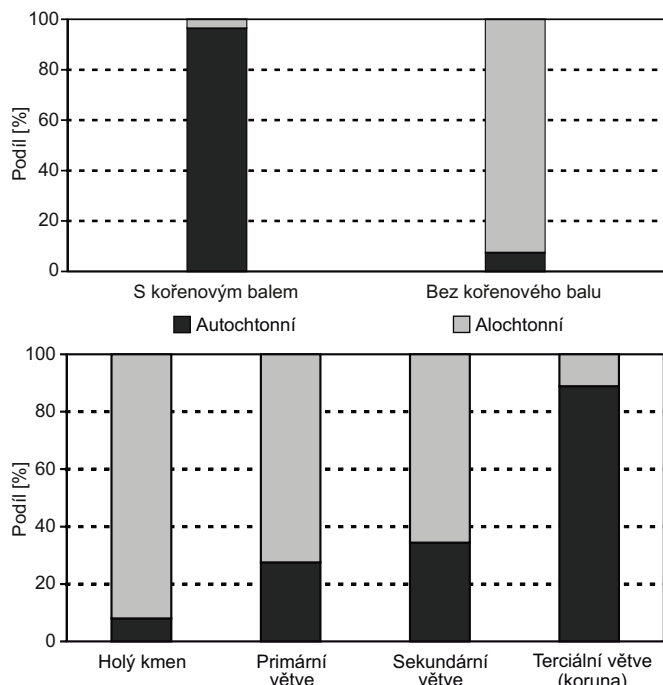
Průměrná tloušťka změřených kusů dřeva je 19 cm a průměrná délka 3,6 m. Z porovnání tloušťky a délky kusů s jinými říčními systémy v České republice je zřejmé, že jejich rozměry jsou výrazně menší, viz například práce Máčka a Krejčí (2010a). Z mapování vyplývá, že akumulace obsahují 87 % alochtonních kusů a pouze z 13 % jsou tvořeny místními, nepřepravenými kusy.

Analýza ukázala, že existuje statisticky významný rozdíl mezi alochtonními (mobilními) a autochtonními (stabilními) kusy, co se týče jejich rozměrů (tloušťka, délka). Obr. 6.7 ukazuje variabilitu tloušťky a délky zvláště pro mobilní a stabilní kusy. Z grafů je patrné, že stabilita kusu je ovlivněna především jeho délkou, menší rozdíl mezi mobilními a stabilními kusy je pak v jejich tloušťce. Z grafů vyplývá, že 75 % mobilních kusů jsou kratší než 3,4 m a současně 75 % stabilních kusů jsou delší než tato hodnota. Z grafů je také patrná mnohem větší variabilita délky u stabilních kusů. Méně citlivým indikátorem mobility/stability je tloušťka kusů. Shoda obou souborů je větší, nicméně rozdíl v tloušťce alochtonních a autochtonních kusů je stále statisticky významný. Z grafů vyplývá že 75 % mobilních kusů bylo tenčích než 21 cm.



Obr. 6.7: Krabicové grafy pro délku (a) a tloušťku (b) kusů dřeva obsažených v dřevních akumulacích. V obrázku jsou demonstrovány rozdíly v délce a tloušťce mezi alochtonními (mobilními) a autochtonními (stabilními) kusy.

Další zjišťovanou charakteristikou kusů dřeva obsažených v akumulacích byla zachovalost kořenového balu a stupeň odvětvení. Naprostá většina kusů obsažených v akumulacích nemá zachovalý kořenový bal, který byl zaznamenán pouze u 6 % kusů. Většina má podobu holého kmene bez větví (89 %), primární větve mělo zachovalé 5 % kusů, sekundární větve 2 % kusů a terciární větve (většinou kompletní korunu) 4 % kusů. Obr. 6.8 ukazuje rozdíly v zachovalosti kořenového balu a stupni odvětvení mezi alochtonními a autochtonními kusy.



Obr. 6.8: Stupeň rozkladu (zachovalost kořenového balu, stupeň odvětvení) vyjádřený zvláště pro autochtonní (stabilní) a alochtonní (mobilní) kusy dřeva obsažené v akumulacích.

Více než 90 % kusů, které mají zachovalý kořenový bal, patří do kategorie autochtonních. V řadě případů jsou vyvrácené stromy ještě zčásti spojeny kořeny se substrátem, což je přirozený kotvicí mechanismus, který dále zvyšuje jejich stabilitu (i když pouze dočasně). U alochtonních kusů byla přítomnost kořenového balu zaznamenána v méně než 1 % případů. Velmi zřetelný je rovněž vztah mezi mobilitou dřeva a stupněm zachovalosti větví. S rostoucí mírou odvětvení proporcionálně stoupá podíl přeplavených kusů. Nejmobilnější jsou krátké, holé kmeny bez větví, které jsou mezi alochtonními kusy zastoupeny více než z 90%. Stabilizační účinek větví se obvykle kombinuje s přítomností kořenového balu. Stromy, které mají dosud zachovalý kořenový bal, mají ve více než polovině případů zachovalé alespoň primární větve. Kusy bez balu mají větve zachovalé v méně než 10 % případů.

Poslední sledovanou charakteristikou u individuálních kusů dřeva bylo jejich ovlivnění člověkem. V říčním koridoru byla nalezena motorovou pilou nařezaná polena s délkou 1 až 2,5 m a dále vyvrácené či ulomené stromy, jejichž koruny byly odřezány, aby nezasahovaly do koryta. Oba typy člověkem ovlivněného říčního dřeva byly rovněž součástí akumulací. Podíl kusů uřezaných motorovou pilou je neobvykle vysoký a tvoří 31 % všech měřených kusů obsažených v akumulacích. V případě alochtonních kusů tvořily uřezané kusy 35 % a v drtivé většině se jednalo o polena, v případě autochtonních kusů tvořily uřezané kusy 12 % a většinou se jednalo o stromy s odřezanými korunami. Podrobněji jsou popsány výsledky studia dřevních akumulací v Podyjí v práci Máčka *et al.* (2011b).

6.3.2 Lužnice – struktura kusů dřeva v akumulacích jako indikátor transportní kapacity řeky

Úvod

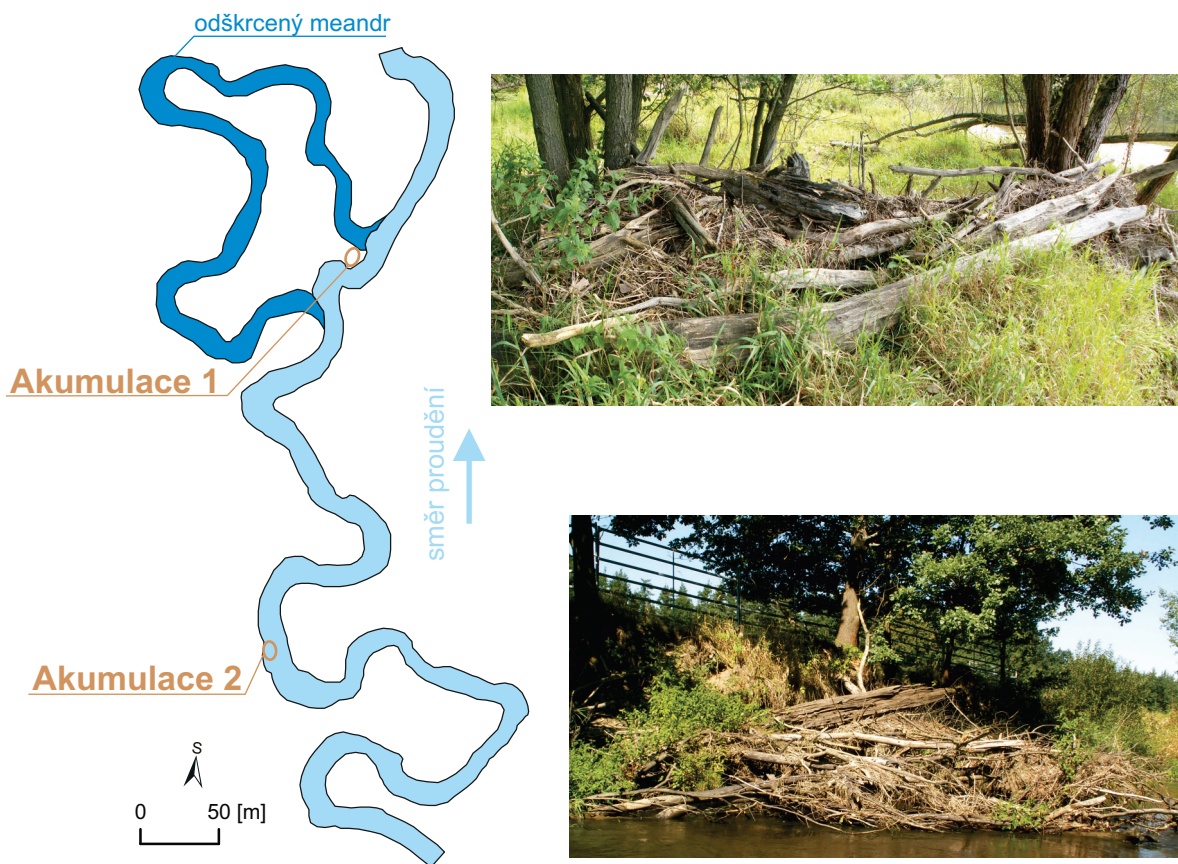
Koryto Lužnice je v úseku u Suchdolu nad Lužnicí poměrně úzké a hluboké, vyskytuje se v něm mnoho mohutných stromů napříč korytem blokujících většinu

průtočného profilu a počet dřevních akumulací je zde velice malý. Tento stav může mít v podstatě dvě příčiny. Buďto zde transport říčního dřeva neprobíhá v takové míře, aby došlo ke vzniku akumulací, nebo zde akumulace vznikají, ale jsou rychle rozplavovány. V roce 2008 byl proveden dílčí výzkum mající za cíl odhalit strukturu a uspořádání materiálu v dřevních akumulacích s důrazem na stanovení transportní schopnosti Lužnice v tomto úseku. Předmětem zájmu se staly dvě dřevní akumulace, jejichž poloha je zobrazena na obrázku 6.9. První akumulace byla situována v nivě v území bývalé šíje odškrčeného meandru a vznikla nakupením plaveného materiálu na několik stojících stromů. Druhá akumulace se nacházela na nárazovém břehu dalšího z meandrů a její uložení v korytě bylo dosti volné a zřejmě akumulaci inicioval jeden klíčový kus mírně fixovaný do břehu.

Akumulace byly postupně rozebírány, přičemž u všech kusů s tloušťkou přesahující 3 cm (jemnější materiál byl zanedbán) byly zjišťovány následující parametry:

- tloušťka
- délka
- absolutní orientace
- zachovalost větví
- přítomnost kořenového balu

Po proměření všech kusů došlo k úplnému vyklizení místa akumulace. V dalších letech pak měl být sledován další vývoj těchto lokalit s ohledem na další akumulaci plaveného říčního dřeva materiálu. Nicméně již další rok došlo k takovým geomorfologickým změnám lokalit, že od dalšího sledování bylo upuštěno.



Obr. 6.9: Poloha a fotografie dvou zkoumaných akumulací v úseku Lužnice-Suchdol.

Struktura akumulací

1. Počet kusů

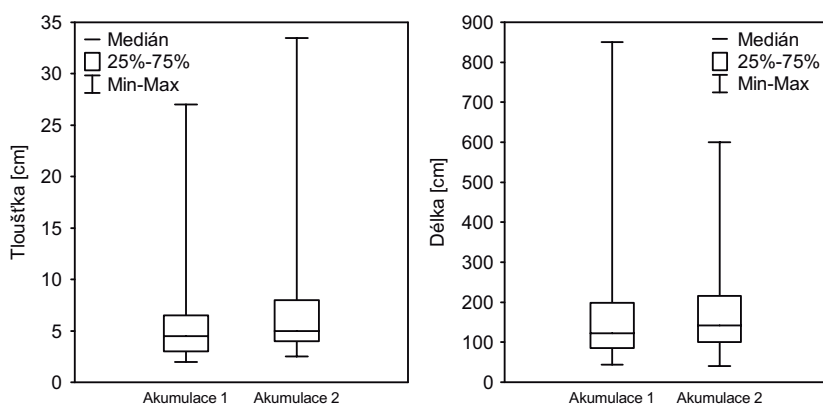
Akumulace 1: 137

Akumulace 2: 70

Všechny kusy v obou akumulacích lze považovat za alochtonní (příplavené), a proto tento ukazatel nebude dále rozebírán.

2. Velikost

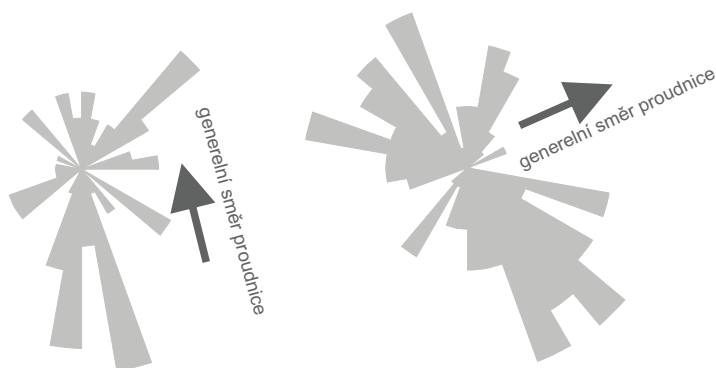
Všechny kusy s tloušťkou nad 3 cm byly proměřeny. Zjištěna byla střední tloušťka a celková délka. Rozložení hodnot ukazuje obrázek 6.10. Průměrná tloušťka v akumulaci 1 byla 5,7 cm, v akumulaci 2 6,5 cm. V případě délky byly kusy v akumulaci 1 kratší (1,56 m) než v akumulaci 2 (1,70 m). Statisticky není z hlediska rozměrů kusů mezi akumulacemi významný rozdíl. Nejdelší kus, který byl v akumulacích zaznamenán, měřil 8,5 m. Průměrná šířka koryta činí 16 m. Vzhledem k hloubce koryta je tloušťka kusu k potenciálu mobility irelevantní.



Obr. 6.10: Rozložení hodnot tloušťky a délky jednotlivých kusů ve zkoumaných akumulacích.

3. Orientace

Orientace kusu v akumulaci nám může poskytnout informaci o tom, jak záchytné mechanismy působí na stáčení jednotlivých kusů. Můžeme totiž předpokládat, že každý kus je transportován paralelně s prouděním. Můžeme vyčlenit dva údaje o orientaci. První je absolutní orientace vůči světovým stranám, druhá pak vůči proudnici. I když je v těchto místech proudnice velice proměnlivá, určitý její generelní směr lze identifikovat. Rozlišována byla také poloha balu. Orientaci kusů v obou akumulacích ukazuje obr. 6.11.



Obr. 6.11: Absolutní orientace kusů v akumulaci se zaznačením generelního směru proudění.

Z hlediska absolutní orientace není mezi oběma akumulacemi statisticky významný rozdíl. To znamená, že uspořádání kusů v akumulaci je víceméně stejné. Nicméně z hlediska natočení vůči proudnici se obě akumulace statisticky odlišují. V akumulaci 2 je většina kusů natočených paralelně či subparalelně s proudnicí (břehem). Naopak v akumulaci 1 jsou kusy uloženy většinou kolmo vůči proudnici. Vysvětlení je nasnadě. V případě akumulace 1 je predispozice dána polohou stromů rostoucích mimo koryto, jenž akumulaci iniciovaly, kdežto u druhé akumulace byly kusy natlačeny na konkávní břeh.

4. Podoba

Z hlediska zachovalosti větví byly rozlišeny pouze dvě kategorie - zcela holé kmeny a kusy s jakýmkoliv rozvětvením. Stejně jednoduše byla klasifikována také přítomnost kořenového balu - chybějící a přítomný v jakékoliv podobě. Výsledky dokumentuje tabulka 6.7. Opět se potvrdilo, že kusy s kořenovým balem jsou vesměs nemobilní. Podíl kusů s větvemi je také nízký a u obou akumulací velice podobný (14,6 resp. 15,7 %). Sledována ještě byla přítomnost borky ve třech kategoriích. Také v tomto ukazateli jsou si akumulace velice podobné.

Tab. 6.7: Rozdělení kusů v obou akumulacích dle zachovalosti.

	Ovětvení		Kořenový bal		Borka fragmenty		
	ano	ne	ano	ne	ano	ne	
Akumulace 1	20	117	1	136	33	11	93
Akumulace 2	11	59	2	68	15	5	50

Závěr

V obou zkoumaných akumulacích se vyskytuje poměrně drobný materiál. Tento výsledek lze interpretovat tak, že transportní kapacita Lužnice je poměrně nízká. Toto potvrzuje celkově velice malý počet akumulací (a to i v dalších úsecích). Ačkoliv každá akumulace byla způsobena jiným iniciálním impulzem, jsou si velice podobné, a to jak hlediska velikosti kusů, tak jejich podoby. Kusy v akumulaci 2, tj. akumulaci ležící přímo v korytě, byly nevýrazně větší. Jediný významný rozdíl je u orientace vůči proudnici.

6.3.3 Morava – dřevní akumulace jako dominantní forma výskytu říčního dřeva

Výzkum dřevních akumulací na řece Moravě probíhal ve třech oblastech – CHKO Litovelské Pomoraví, NPR Zástudánčí¹ a v oblasti Přírodního parku Strážnické Pomoraví. Tyto oblasti se co do podmínek příznivých pro tvorbu akumulací poměrně liší. Celkovým počtem akumulací a jejich objemem je významné zejména Litovelské Pomoraví. Velký objem akumulací je dán schopností stromů blokovat značnou či celou část koryta a intenzivně a dlouhodobě tak zachytávat další plavené dřevo. V ostatních dvou oblastech je koryto řeky již široké a značně zahloubené a nenastávají zde podmínky příhodné pro zachytávání dřeva v rozsáhlejších akumulacích. V Zástudánčí jsou typické akumulace autochtonní, vznikající vyvrácením několika stromů na jedno místo, které jsou případně pouze natočené prouděním ve směru po proudu. Ve Strážnickém Pomoraví a v Zástudánčí bylo zaznamenáno pouze po dvou výraznějších akumulacích (úseky dlouhé 2,8 a 1,6 km). Dále je pro tyto říční úseky typická spíše tvorba akumulací jemného říčního dřeva. Co je pro všechny oblasti shodné, je poloha akumulací v rámci koryta, protože na středních a velkých tocích dochází k jejich tvorbě zejména podél konkávních břehů.

¹ Území NPR Zástudánčí nepatří mezi říční úseky, které byly v rámci projektu řešeny. Zde ho uvádíme pouze účelově pro potřeby další dokumentace výskytu dřevních akumulací.

Podrobněji je popsána situace v Litovelském Pomoraví, konkrétně v 2,8 km dlouhém mapovacím úseku, kde bylo zaznamenáno akumulací nejvíce a o výrazném objemu (Perečková, 2010). Jako akumulace je obecně označováno uskupení tří a více dotýkajících se kusů hrubého dřeva, ovšem v tomto případě byla brána v potaz pouze větší nahromadění kusů dřeva, která jsou schopná výrazně zablokovat průtočný profil řeky. Byla zaměřena jejich poloha pomocí GPS, určena jejich poloha v rámci koryta a nivy, vzdálenost od břehu, orientace, celkové a kompaktní rozměry, jejich stabilita a počet viditelných kusů v akumulaci. Akumulace byly účelově roztrženy do kategorií dle práce Abbe a Montgomery (2003) a dále hodnoceny z hlediska blokace koryta ve smyslu velikosti záchytné plochy, která představuje potenciál pro další zachytávání proudem unášených kusů dřeva.

Z celkového množství 28 akumulací (v roce 2009), jejichž prostorová distribuce v rámci mapovaného úseku řeky je znázorněna na obr. 6.12, bylo 7 klasifikováno jako čisté alochtonních (příplavených), zbývajících 21 jako akumulace kombinované (vzniklé naplavením kusů dřeva na stabilní, nepřemístěné stromy). Tři akumulace byly menších rozměrů a spíše nestabilní. Další tři výrazné, stabilní akumulace lze zařadit do kategorie tzv. bar apex accumulation – jde o akumulace na okrajích štěrkopískových lavic, kdy se dřevo zachytává na čele existující lavice a následně zesiluje akumulaci sedimentů, případně tvoří již menší vegetací porostlý ostrov v rámci koryta. Devět akumulací mělo podobu chaoticky nashromážděného materiálu na jednom či několika klíčových kusech hrubého dřeva – tato kategorie se také označuje jako tzv. flood accumulation a je výsledkem pohybu dřeva za výraznějších průtoků. Sedm akumulací bylo možné považovat za poměrně stabilní, výrazně odklánějící proudění vody (tzv. flow deflection accumulation) a zbývajících sedm akumulací bylo vymezeno jako tzv. meander accumulation, tedy akumulace více či méně rozvolněné, přiléhající ke konkávním břehům zákrutů.



Obr. 6.12: Rozmístění akumulací v mapovacím úseku řeky Moravy v Litovelském Pomoraví k roku 2008.

Akumulace mají výrazný blokační efekt ve vztahu k průtočnosti a prostupnosti koryta. Při hodnocení blokace koryta bylo využito vztahu podle práce Gippel (1995). Vypočítán byl tzv. blokační koeficient, který vyjadřuje poměrnou část koryta blokovanou daným kusem dřeva. Při výpočtu blokačního koeficientu u akumulací bylo využito kompaktních rozměrů akumulace a vzorec byl upraven následovně:

$$B = A' / A \cdot 100 (\%)$$

kde $A' = d \cdot v \cdot (\sin \alpha) + \check{s} \cdot v \cdot (\cos \alpha)$ (m^2), přičemž d ... délka akumulace, \check{s} ... šířka akumulace, v ... výška akumulace, α ... orientace akumulace vůči ose koryta (proudnicí) a A ... plocha průtočného profilu.

Výpočet blokačního koeficientu pro akumulace je poměrně problematický. Při stejném postupu výpočtu jako pro individuální kusy říčního dřeva se ukázalo, že ho lze hodnotit za relativně odpovídající u akumulací velmi kompaktních, ale nikoli však již rozvolněných. Z hydraulického hlediska je takto počítaný blokační koeficient poměrně

nadhodnocený. Plocha exponovaná vůči proudění počítaná z kompaktních rozměrů akumulace (natož celkových) není samozřejmě celistvá a část průtoku je propouštěna i vnitřními prostory akumulace. I v literatuře týkající se blokace je uváděno, že výpočet má podstatná úskalí a závisí právě na uspořádání jednotlivých kusů dřeva v akumulaci.

Tab. 6.7: Základní popisná statistika pro blokační koeficient (%) u akumulací v modelovém úseku Moravy v NPR Ramena řeky Moravy.

Počet akumulací	Průměr	Medián	Min.	Max.
28	37	34,4	1,2	85,2

I proto je blokační koeficient u akumulací důležitý hlavně z hlediska případného zachytávání mobilních kusů říčního dřeva. Lze připustit, že všechny akumulace mají potenciál zachytávat mobilní kusy, už z toho důvodu, že akumulacemi jsou. Akumulací, které blokují více jak 50 % průměrného průtočného profilu koryta, bylo v úseku osm.



Obr. 6.13: Příklady akumulací s blokačním koeficientem větším jak 50 %.

Pozice, rozměry, počet obsažených kusů říčního dřeva a objem dřevní hmoty jsou charakteristiky u akumulací časově velmi proměnlivé. Pro představu o dynamice takových dřevních akumulací bude vhodné uvést jeden z nejlepších příkladů – Kenickou akumulaci. Neleží sice ani v jednom ze zájmových úseků, nicméně její geneze, podoba i účinky jsou poměrně dobře známy, a tak je účelné podat o tomto útvaru relevantní informace. Tato akumulace získala své jméno podle názvu místní tratě, resp. meandru řeky Moravy, v jehož vstupní větvi leží. Kenická akumulace je v současné době největší vnitrokorytová dřevní akumulace v celé CHKO Litovelské Pomoraví a podle dostupných informací zřejmě i v celé ČR. Větší akumulace lze nalézt pouze v příbřežní zóně řeky Dyje v NP Podyjí ve vstupní větvi meandru Šobes.

Počátky vzniku Kenické akumulace spadají do období kolem roku 2000 a její zrod souvisí se zužováním šíje Kenického meandru, čímž docházelo k intenzivnímu vypadávání stromů lužního lesa, který porůstá okolí meandru (za posledních 20 let se šíje zúžila asi o 18 metrů). Akumulace je přibližně z jedné poloviny tvořena autochtonním materiálem, z druhé poloviny materiálem alochtonním. V roce 2000 měla akumulace podobu několika hlavních velkých kusů, ležících napříč korytem o něco výše než je současná poloha akumulace (obr. 6.14a). Tyto stromy byly na sebe nahromaděny při povodních mezi léty 2001–2003. Na tyto mohutné klíčové kusy se postupně zachytával další plavený i

autochtonní materiál. Zároveň připadávaly a stále připadávají další stromy z meandrové šíje a jejího okolí. Lze říci, že k nejintenzivnějšímu nárůstu hmoty akumulace došlo mezi léty 2001–2004. Fotografie akumulace z různých let ukazuje obr. 6.14 a-h. K roku 2007 byly rozměry akumulace (měřeny od krajních kusů) 40 x 40 x 3 m a její objem dosahoval

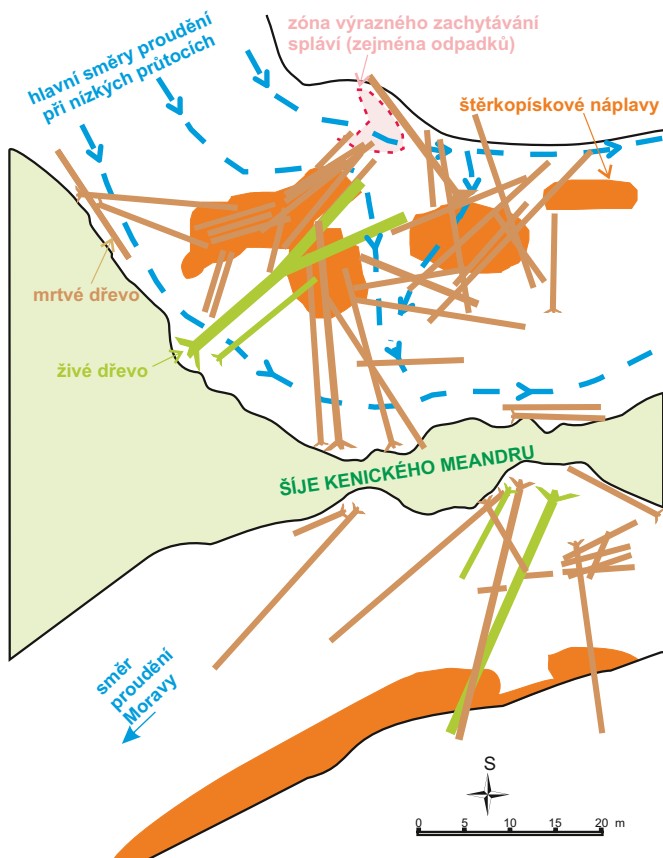


Obr. 6.14: Podoby Kenické akumulace v různých časových obdobích.

téměř 100 m³ dřevní hmoty. Vzhledem k velikosti akumulace a jejímu zanesení jemným dřevním materiálem a minerálními sedimenty nebylo možné přesně učit počet obsažených kusů dřeva. Bylo možné spočítat pouze velké stromy (kmeny), kterých bylo v akumulaci 39.

Přítomností akumulace se zde nahromadilo velké množství dnových splavenin, které za nízkých a středních průtoků vystupují vysoko nad hladinu, a lze říci, že se zde vytvořil rozsáhlý brodový úsek. Uspořádání klíčových kusů říčního dřeva, náplavů a hlavních směrů protékající vody zobrazuje obr. 6.15. Největší překážkou je akumulace při průtoku zaplňující zhruba polovinu koryta. Většina kusů neleží u dna a voda akumulaci podtéká v několika samostatných korytech mezi dřevní hmotou a šterkopískovými lavicemi. Akumulace rozděluje proudnici do dvou větví přimykajících se k pravému, respektive levému břehu, kde je koryto nejhlubší. Rameno u pravého (nárazového) břehu je průchodnější a není zaneseno splávim, odpadky či jinou dřevní hmotou, na rozdíl od ramene levého. Většina povrchu akumulace nedosahuje úrovně povrchu meandrové šíje a nachází se mírně pod úrovní břehových hran (cca 75 cm pod nimi). Místy zasahuje však i nad úroveň nivy, a to zhruba o 50 cm. V levobřeží je povrch nivy poměrně nízký a dochází zde k rozlivům a obtékání akumulace, a tak není akumulace pro proudící vodu výraznější překážkou. Akumulace však intenzivně zachytává případné ledové kry a může tak dojít k ucpání koryta. Dřevní akumulace zde zapříčinila značné rozšíření koryta. Na jedné straně (v pravobřeží) urychlila erozi břehu (ztenčování meandrové šíje), na straně druhé brání ukládání materiálu, poněvadž je zde situována jedna z proudnic. Při porovnání s průměrnou šířkou koryta Moravy, jež činí asi 19 m, zde došlo k více než dvojnásobnému rozšíření koryta, asi na 40 m.

Kenická akumulace tvoří poměrně zajímavý biotop uvnitř koryta. Vzhledem k tomu, že se zde zachytilo velké množství organického i anorganického materiálu, akumulace bujně zarůstá bylinným porostem a během vegetačního období dostává celý zátaras podobu kompaktního ostrova. Hlavní rostlinné druhy jsou netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). Biologickou a estetickou hodnotu velice snižuje značné množství odpadků, mezi kterými převládají PET lahve. Donášeny jsou zejména za jarních povodní, kdy jsou také nejviditelnější. Ačkoliv je Kenická akumulace spojena s případnými vodohospodářskými riziky, z přírodovědného hlediska je vhodné ji ponechat přirozenému vývoji. Odstranění by zřejmě vedlo k odnosu nahromaděných sedimentů, vyvinul by se zde tůňový úsek, který by se zde bez její přítomnosti měl vyskytovat. Zužování šíje meandru by se zřejmě zpomalilo.



Obr. 6.15: Schematický náčrt Kenické akumulace v roce 2007.

6.4 Rozklad mrtvého dřeva v prostředí poříčních niv – Dyje

Bilance dřevní hmoty v ekosystému vodního toku, potažmo celé poříční nivy má, v podstatě tři složky - přísunovou, transportní a rozkladovou. V této části se budeme věnovat právě rozkladu říčního dřeva, a to konkrétně v nivě vodního toku.

Zánik dřeva ze studovaného říčního úseku (či ekosystému) může probíhat čtyřmi způsoby, přičemž je možný souběh více procesů:

- chemicko-biologický rozklad,
- fyzikální rozklad,
- pohřbení sedimenty,
- odnos (vodou či antropogenně).

Platí pravidlo, že v akvatickém prostředí probíhá rozklad dřeva výrazně pomaleji než v terestrických ekosystémech a jehličnaté stromy se rozkládají pomaleji než stromy listnaté (Harmon *et al.*, 1986). Rozklad říčního dřeva v semiterestrickém či terestrickém prostředí je z hlediska fluvialní biogeomorfologie či ekologie vodních toků v pozadí a zároveň se tento materiál stává předmětem zájmu jiných vědních disciplín zejména lesnických.

Dílčí výzkum byl věnován právě rozkladu říčního dřeva v prostředí poříčních niv, neboť se ukázalo, že vnos říčního dřeva do nivy a jeho následný rozklad v těchto místech může znamenat velice podstatnou část rozkladné složky bilance. Pro tento výzkum byl jako modelové území zvolen úsek řeky Dyje v NP Podyjí, konkrétně 35 úseků rozprostřených po celém údolí, každý 200 m dlouhý, tj. celkem 7 km údolního dna (na jednom z břehů). Příbřežní zóna zde má velkou morfologickou proměnlivost - od úzké kamenité zóny lemující břehy až po desítky metrů širokou zalesněnou nivu. Zároveň se nachází v proměnlivých úrovních, od pozvolného přechodu s výškou několik desítek centimetrů nad úrovní dna koryta až po ostře vyhraněnou terasu několik metrů vysokou. S touto geomorfologickou proměnlivostí a diverzitou vegetace je pak spojeno široké spektrum procesů působících na rozklad dřevní hmoty. Hlavní výzkumné otázky byly stanoveny následovně:

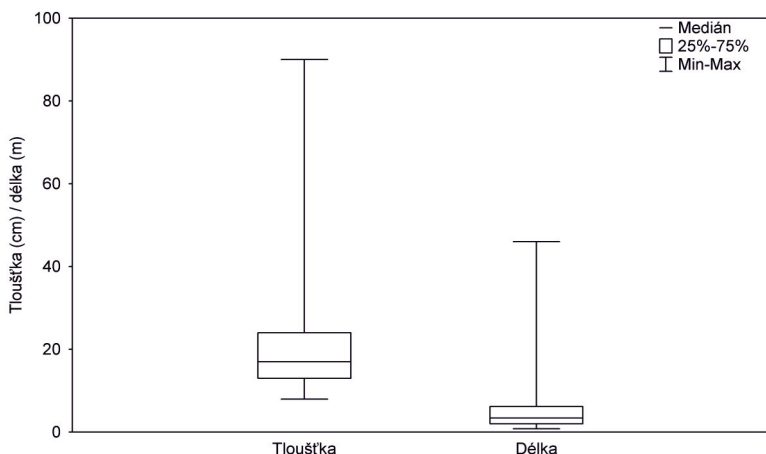
- kolik a jaký materiál zde rozkladu podléhá,
- kde se rozkládá,
- je rozklad kontinuální,
- jsou některé druhy více zetlené,
- jsou některé druhy dřevin preferovaným stanovištěm pro organizmy,
- je zetlení podmíněno biologickou činností,
- je rozklad antropogenně podmíněn.

Zkoumáno bylo celkem 743 kusů říčního dřeva. Objemově vyjádřeno se jedná o 168 m³. V průměru se zde tedy vyskytuje 106 kusů na 1 km jednostranné nivy. Při porovnání počtu a objemu je zřejmé, že se jedná o malé kusy, kdy průměrný objem činí 0,23 m³. Rozložení tloušťky a průměru ukazuje obr. 6.16. Z hlediska původu se z 1/3 jedná o kusy autochtonní, tj. kusy, které se v nivě vyvrátily a zůstaly dosud bez pohybu. Zbýlé 2/3 byly na dané místo doplaveny (přičemž 3,3 % byla doplavena ze známého místa). Předchozí mobilita má mnohdy vliv na podobu (fyzický stav) daného kusu říčního dřeva.

Říční dřevo zde většinou leží v příbřežní zóně, potažmo nivě. Pozice přímo na břehu není tak častá. Typické uložení je rovnoběžně s prouděním, přičemž celková orientace má téměř ideálně normální rozdělení, tj. retence v nivě je do značné míry náhodná a přispívají k ní rostoucí stromy, kameny či již existující dřevní akumulace.

Ze zachovalosti daného kusu a celkového podílu dané kategorie (obr. 6.17) lze

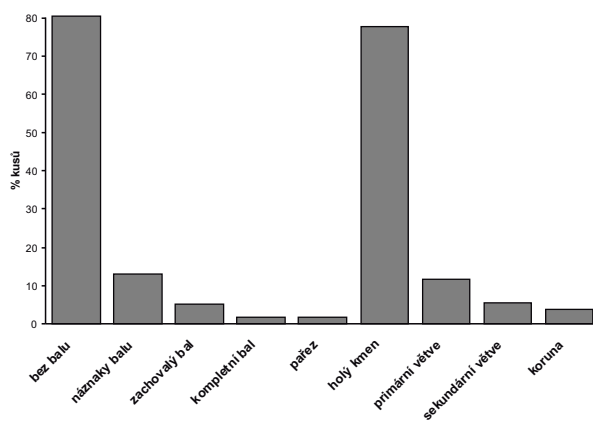
usuzovat na dynamiku rozkladu. Podíváme-li se na zachovalost koruny či kořenového balu zjistíme, že nejpracovanější kategorie, tj. bez balu či holé kmeny tvoří 80 % kusů. Pokles od nejzachovalejších kategorií směrem k méně zachovalým je poměrně kontinuální. Lze tedy usuzovat na to, že průběh rozkladu je plynulý, přičemž finální



stádium je v podobě holých klád, které se již rozkládají velice pomalu, a proto je jich nejvíce. Velký podíl málo zachovaných kusů může být také způsoben říční dynamikou (povodňovými pulzy), která občasné naplaví do nivy mobilní, tj. málo zachovalé kusy. 71 % kusů jeví známky povrchového rozkladu, přičemž 10 % má natolik porušenou strukturu dřeva, že se samovolně hrotí.

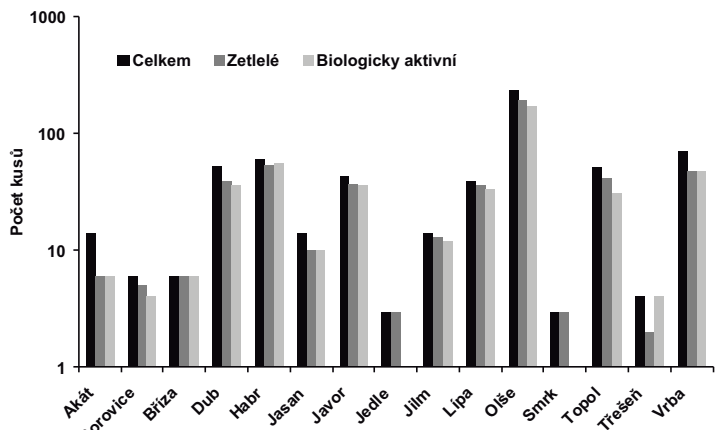
Obr. 6.16: Rozložení hodnot tloušťky a délky kusů pro sledování rozkladu.

Druhově se podařilo determinovat 83 % kusů. Kromě druhů uvedených na obrázku 6.18 se zde vyskytovalo po jednom exempláři brslenu, buku, lísky a hrušně. U všech kusů byla vizuálně hodnocena zetlelost, tj. narušení povrchu dřeva nejružnějšími procesy, což se projevuje v rýhách, prasklinách, prohlubních apod. Nejvíce zetlelé jsou lípy a jilmy, kdežto akát a třešň jsou nejméně zetlelé. Biologickou aktivitou kusu se rozumí, zdali na něm vegetují rostliny či houby. Nejčastějším substrátem pro růst organismů je habr, nejméně aktivní jsou jehličnaté dřeviny (smrk a jedle), z frekventovanějších dřevin je málo biologicky aktivní akát. Ze všech kusů, které jsou biologicky aktivní, je 88 % zetlelých, kdežto ze všech zetlelých kusů je 79 % biologicky aktivních. Na biologickou aktivitu a zetlelost má obvykle vliv přítomnost borky. Jak udávají odborné práce, pod borkou zůstává poměrně vlhké prostředí (klima), které svědčí organismům, jenž rozklad dřeva dále urychlují. Přítomnost borky byla sledována jako podíl pokrytí povrchu daného kusu s přesností na 5 %. Dejme kusy s minimálně 50 % pokrytím borkou do jedné skupiny a kusy pokryté borkou z méně než 50 % do skupiny druhé. Kusy s borkou by měly být více zetlelé a více biologicky aktivní. V případě biologicky aktivních kusů je sice zetlení větší u kusů pokrytých borkou, ale rozdíl je jen nevýrazný (77 % ku 71 %). V případě rozkladu dřeva výše uvedený předpoklad neplatí, kdy v případě kusů s borkou je 66 % zetlelých, kdežto bez borky celých 93 %. Tento výsledek lze interpretovat dvěma způsoby. Pravděpodobnější je, že pod borkou nebyla zetlelost dřeva viditelná a nebyla zaznamenána. Méně pravděpodobné je, že borka tvoří určitou ochranu proti mechanickému, tak chemicko-biologickému rozrušování. Tento vliv borky by tak byl unikátní právě v semiterestrickém prostředí nivy a příbřežní zóny Dyje.



Obr. 6.17: Zachovalost kusů říčního dřeva ležícího v nivě Dyje.

Ačkoliv se jedná o území ležící v první zóně národního parku, výrazný antropogenní impakt lze identifikovat také na říčním dřevě. Ze všech 743 zkoumaných kusů říčního dřeva bylo celkem 162 uřízlých, tj. 22 %. Rozřezáním kusů vzniká další styčná plocha s vnějším prostředím. Předpoklad, že by uřezané kusy dřeva tlely nebo byly biologicky aktivnější se nepotvrdil, je tomu spíše naopak.



Obr. 6.18: Druhové složení říčního dřeva v nivě Dyje ve vztahu k zetlení a biologické aktivitě.

Je možno říci, že rozklad dřevní hmoty v terestrických ekosystémech se od rozkladu v prostředí poríční nivy Dyje v mnohém liší. V nivě přibývají procesy fyzikální fragmentace proudící vodou. Další rozdíly budou zřejmě způsobeny periodickým zamokřováním niv a tedy celkově setrvale vlhčím prostředím niv. Vliv může mít také dřívější luhování rozpustných látek během transportu či během dlouhodobějšího zaplavení.

6.5 Dendrochronologické datování říčního dřeva

Úvod

V posledních letech se objevují výzkumy, které využívají dendrochronologii k rekonstrukci dynamiky břehové eroze nebo paleohydrologických událostí. V širším slova smyslu je dendrochronologie klíčem k přečtení informace obsažené v letokruzích stromů. Je to metoda datování dřeva založená na měření šířek letokruhů (Kaennel a Schweingruber, 1995). Dendrochronologie je schopna odpovědět na mnohé otázky, hlavně na poli historickém (Baillie, 1995). Umožňuje datovat dřeva z archeologických výzkumů, dřevěné prvky historických staveb, především krovy, stejně jako nábytek, dřevěné sochy nebo staré obrazy (Rybníček *et al.*, 2010b). Dendrochronologie se řadí k nejexaktnějším datovacím metodám. Přesnost metody je až jeden rok, v mimořádně příznivých případech dokonce až na roční období (Hollstein, 1965). Taková přesná data mohou být získána, když analyzované vzorky obsahují kompletní letokruhové sekvence a existuje absolutní standardní chronologie (Krapiec, 1998).

Standardní chronologie se tvoří pro každý druh dřeviny zvlášť a vzniká postupným překrýváním letokruhových sekvencí směrem do minulosti (Baillie, 1995). Standardní chronologie musí být proložena co největším množstvím spolu korelujících průměrných křivek. Takto vzniklá standardní chronologie odráží maximálním způsobem klima určitého konkrétního období a minimalizuje vliv lokálních podmínek růstu jednotlivých stromů v něm obsažených (Kaennel a Schweingruber, 1995). Jednotlivé standardní chronologie se od sebe liší oblastí, pro kterou se dají použít a délkou časového intervalu, do kterého spadají. Letokruhové analýzy lze využít nejen k vlastnímu datování, ale také i k různým ekologickým a klimatologickým aplikacím (Schweingruber, 1996).

U břehových porostů může být věk stromů dobrým indikátorem věku stanoviště (Alestalo, 1971). Dendrochronologické datování bylo využito například pro rekonstrukci migrace meandrů řeky Mala Panew v jižním Polsku, kde k výzkumu byly využity lokální standardní chronologie pro borovici lesní (*Pinus sylvestris* L.), olši lepkavou (*Alnus glutinosa* Gaertn.) a olši šedou (*Alnus incana* Moench.) (Malik, 2005). Obdobně bylo

využito dendrochronologické datování smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) pro rekonstrukci povodní ve Waksmundzké dolině v Tatrách (Zielonka *et al.*, 2008).

Hlavním cílem tohoto dílčího úkolu v rámci řešeného projektu bylo ověření možnosti dendrochronologického datování především hrubého říčního dřeva a dřevních akumulací v říčním korytě a příbřežní zóně. Výsledky dendrochronologického datování měly pomoci stanovit časovou dynamiku přísunu dřeva do říčního ekosystému a jeho rozkladu. Propojení biogeomorfologie a dendrochronologie má pomoci objasnit složité procesy, které při výzkumu environmentálního významu dřeva v říčních ekosystémech nastávají.

Materiál a metody

Výzkum probíhal na pěti modelových úsecích řek a to na řece Morávce, Černé Opavě, Dyji, Moravě (Litovelské Pomoraví) a Svatce. Odběr a zpracovávání vzorků bylo provedeno podle standardní dendrochronologické metodiky (Cook a Kairiukstis, 1990). Na prvním zkoumaném říčním úseku řeky Morávky bylo odebráno 29 vzorků z mrtvých kmenů. Na druhém modelovém území, které leželo na řece Černé Opavě, bylo z mrtvých kmenů odebráno celkem 35 vzorků. Z třetí lokality ležící v Litovelském Pomoraví bylo odebráno 35 vzorků. Na předposledním modelovém území na řece Dyji bylo odebráno 12 vzorků a na poslední zkoumané lokalitě na řece Svatce bylo z mrtvých kmenů odebráno celkem 18 vzorků. Současně byl na každém zkoumaném říčním úseku odebrán z břehových porostů potřebný počet referenčních vzorků pro každý rod dřeviny, který byl zastoupen v odebíraných vzorcích mrtvých kmenů. Z důvodu dalších probíhajících výzkumů na těchto lokalitách nebylo možné vzorky odebírat ve formě příčných řezů, ale pouze ve formě vývrtů pomocí Presslerova přírůstového nebozezu. Vývrty z Presslerova nebozezu byly upevněny do dřevěných lišt ve tvaru žlábků.

V takto fixovaném stavu byl povrch vzorků obroušen nebo opracován žiletkou. Vzorky byly následně podrobeny anatomické a dendrochronologické analýze. Na vzorcích bylo provedeno měření šířek letokruhů pomocí speciálního měřicího stolu. Ten je vybaven posuvným šroubovým mechanismem a impulsmetrem zaznamenávajícím interval posunu desky stolu, a tím i šířku letokruhu. Roční přírůstky dřeva byly měřeny v programu PAST 4 (©SciEM) s přesností na 0,01 mm (Rybníček *et al.*, 2011).

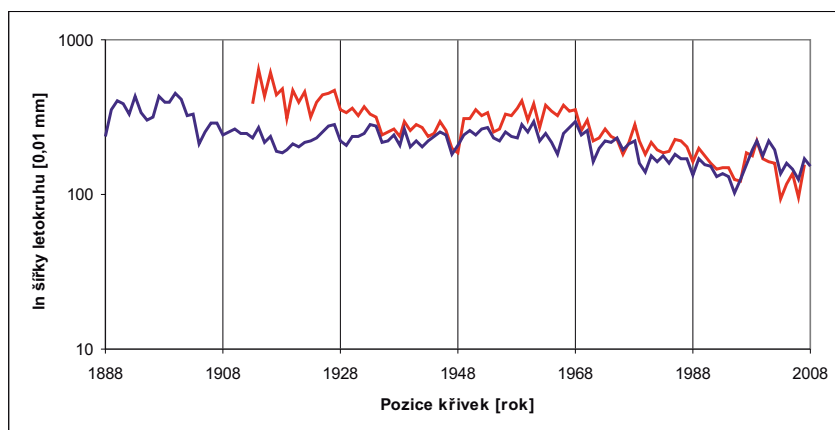
Vzorky byly rozděleny do skupin podle rodu dřeviny na základě výsledků anatomické analýzy (Vavřík a Gryc, 2004). Z letokruhových křivek referenčních vzorků byly pro jednotlivé skupiny dřevin vytvořeny průměrné letokruhové křivky. Podle těchto průměrných letokruhových křivek byly následně datovány letokruhové křivky mrtvých kmenů (viz obr. 6.19). Míra podobnosti mezi letokruhovými křivkami byla posuzována pomocí tzv. koeficientu souběžnosti a t-testu. Tyto výpočty slouží k usnadnění optického srovnání obou křivek, jež je pro konečné datování rozhodující (Cook a Kairiukstis, 1990).

Výsledky a diskuze

Velké množství vzorků mrtvých kmenů muselo být z datování vyřazeno z důvodu nedostatečného počtu měřitelných letokruhů potřebných pro spolehlivé dendrochronologické datování. Dalším společným problémem byla skutečnost, že se mnohdy nepodařilo vytvořit referenční křivku potřebnou pro dendrochronologické datování letokruhových křivek z mrtvých kmenů. Nejproblematictější skupinu tvořily podle předpokladu dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva. V našem případě se jednalo zejména o vrby, lípy, olše a topoly. V některých případech se podařilo letokruhové křivky těchto dřevin datovat podle referenční křivky dřevin s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva. Jednalo se hlavně o dub, jasan nebo jilm.

V případě zkoumaného úseku řeky Morávky se podařilo spolehlivě dendrochronologicky datovat pouze 4 z 29 celkem odebraných vzorků. Důležité je

podotknout, že 80 % vzorků bylo odebráno z dřev s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva (olše, vrba, topol, javor, lípa). Datované vzorky byly datovány na základě referenčních křivek dubu a jasanu.



Obr. 6.19: Příklad synchronizace průměrné letokruhové křivky mrtvých kmenů (červeně) s průměrnou referenční letokruhovou křivkou (modře); křivky byly sestaveny ze vzorků odebraných na řece Morávce.

V zájmovém území řeky Černé Opavy byly všechny vzorky smrkové. Výjimku tvořil pouze 1 vzorek topolu. Na této lokalitě nebyl problém sestavit smrkovou referenční křivku. Celkem se na této lokalitě podařilo dendrochronologicky datovat 17 vzorků, tedy přesně polovina všech odebraných smrkových vzorků.

V Litovelském Pomoraví panovaly naprosto odlišné podmínky než na Černé Opavě. Na tomto modelovém území tvořily dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva 84 % všech odebraných vzorků. Majoritní podíl měly topolové vzorky, celkem jich bylo 19. Dále vrba, lípa, javor a olše. V tomto případě opět nastal problém se sestavením referenční letokruhové křivky, podle které by bylo možné datovat letokruhové křivky mrtvých kmenů. Bez větších problémů bylo naopak možné datovat zejména jasanové vzorky podle referenční křivky sestavené z vývrtů z břehových jasanových porostů. Žádný z topolových vzorků se nepodařilo spolehlivě dendrochronologicky datovat.

Nejhorší situace z dendrochronologického pohledu nastala na zkoumaném říčním úseku řeky Dyje. Zde bylo možné odebrat pouze 12 vzorků. Z těchto dvanácti vzorků bylo celkem 8 vzorků s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva. Jednalo se hlavně o lípu a habr. Dva vzorky byly jilmové, jeden dubový a jeden vzorek smrkový. Opět zde nastal problém při sestavování referenční křivky ze stromů rostoucích podél říčních břehů. Celkem se zde podařilo datovat pouze 3 vzorky – 1 smrkový a 2 lipové. Zajímavé bylo, že lipové vzorky se nepodařilo datovat podle lipových referenčních vzorků, ale podle referenční dubové letokruhové křivky. Jeden dubový vzorek odebraný z mrtvého kmene ovšem nebylo možné podle referenční dubové křivky datovat.

Na posledním zkoumaném říčním úseku na řece Svatce bylo stoprocentní zastoupení smrku. Nebyl tedy problém sestavit smrkovou referenční křivku. Zásadním problémem na této lokalitě byla ovšem skutečnost, že vzorky často neobsahovaly potřebný počet letokruhů pro spolehlivé dendrochronologické datování. Ze 16 měřitelných vzorků se podařilo datovat pouze 7 vzorků a to většinou právě ty, které obsahovaly alespoň 40 a více měřitelných letokruhů. Datum přísunu kusů říčního dřeva do koryta, které se podařilo dendrochronologicky datovat, je uvedeno v tab. 6.8.

Tab. 6.8: Datování vzorků ze zkoumaných říčních úseků. U vzorků, které obsahovaly podkorní letokruh (wk), bylo možné určit přesný rok, kdy stromy přestaly přirůstat. U některých datovaných vzorků bylo možné určit, zdali podkorní letokruh obsahoval jarní dřevo (swk – strom přestal přirůstat v létě daného roku) nebo dřevo letní (wwk – strom přestal přirůstat na podzim nebo v zimě daného roku nebo na jaře roku následujícího). U vzorků, které neobsahovaly podkorní letokruh (ak), bylo možné určit pouze rok, po kterém stromy přestaly přirůstat.

Číslo vzorku	Dřevina	Délka	Konec	Datování
Morávka				
3	olše	45 + 1wk	1999	2000/2001
7	jasan	64 + 22ak	1971	po roce 1993
18	jilm	30 + 1wk	1997	1998/1999
21	olše	35 + 1ak	1999	po roce 2000
Černá Opava				
2	smrk	58 + 1wk	2002	2003/2004
3	smrk	45 + 1ak	1993	po roce 1994
7	smrk	52 + 9wk	1994	2003/2004
8	smrk	38 + 1ak	1977	po roce 1978
10	smrk	62 + 1wwk	2007	2008/2009
11	smrk	55 + 16ak	1967	po roce 1983
14	smrk	89 + 1swk	2007	léto 2008
19	smrk	86 + 1wwk	2007	2008/2009
21	smrk	51 + 1wwk	2006	2007/2008
23	smrk	57 + 1wwk	2005	2006/2007
24	smrk	60 + 1wk	2005	2006/2007
25	smrk	88 + 1wwk	2006	2007/2008
26	smrk	44 + 1wwk	2006	2007/2008
28	smrk	69 + 6wwk	2001	2007/2008
31	smrk	72 + 1wwk	2006	2007/2008
32	smrk	63 + 1wwk	2006	2007/2008
33	smrk	37 + 1wwk	2006	2007/2008
Morava - Litovelské Pomoraví				
11	dub	44 + 8ak	1989	po roce 2002
21	jasan	34 + 1wk	2004	2005/2006
43	jasan	46 + 1ak	2001	po roce 2002
Dyje				
21	lípa	48 + 1wk	2005	2006/2007
38	lípa	74 + 1wk	2005	2006/2007
99	smrk	29 + 18wwk	1986	2004/2005
Svratka				
17	smrk	27 + 1wk	2005	2006/2007
24	smrk	40 + 10wk	1999	2009/2010
44	smrk	53 + 1wk	2004	2005/2006
72	smrk	53 + 1wk	2006	2007/2008
79	smrk	32 + 2wk	2008	2010/2011
97	smrk	28 + 1wwk	2007	2008/2009
99	smrk	40 + 1wk	2008	2009/2010

Obecně lze tedy z dosažených výsledků konstatovat, že z dendrochronologického hlediska jsou dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva nejhůře datovatelné (Vyhlídková *et al.*, 2005). U této skupiny dřev jsou hranice letokruhů často nezřetelné, častý bývá výskyt nepravých letokruhů, nebo se naopak letokruh na části poloměru kmene vůbec nevytvoří (Schweingruber, 1993). Díky těmto skutečnostem nebylo v mnoha případech možné sestavit referenční letokruhovou křivku. Můžeme tedy říci, že dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva jsou na základě vývrtů z Presslerova přírůstového nebozazu jen velmi obtížně dendrochronologicky datovatelné. Pokud z kmenů nelze odebrat celý příčný řez a provést měření v několika různých radiálních směrech, jsou tyto dřeviny téměř nedatovatelné. Oproti tomu dřeviny s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva a jehličnaté dřeviny jsou považovány za velmi dobře dendrochronologicky datovatelné. Zvláště pokud se jedná o kmeny, které obsahují více jak 40 letokruhů (Schweingruber, 1993). Z těchto důvodů je vhodné se lokalitám, na nichž se vyskytují pouze dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva, z dendrochronologického hlediska vyhnout a soustředit se spíše na lokality s výskytem jehličnatých dřevin nebo dřevin s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva.

Zajímavá byla poměrně hojně se vyskytující skutečnost, že některé vzorky nebylo možné datovat podle referenční křivky příslušné dřeviny, ale podle referenční křivky dřeviny jiné. Často jediná použitelná referenční křivka byla křivka dubová. Tato situace nastala při datování zejména jilmových nebo výjimečně také lipových a olšových vzorků. Při dendrochronologickém datování archeologických dřevěných vzorků nebo historických uměleckých předmětů vyrobených z jilmového dřeva bývají z důvodu absence standardní jilmové chronologie úspěšně používány dubové standardní chronologie. Je to hlavně díky tomu, že jilm i dub patří do skupiny dřev s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva a mají také podobné ekologické nároky (Úradníček *et al.*, 2001).

Abychom mohli určit přesný rok, kdy stromy přestaly přirůstat (pravděpodobná doba, kdy se kmeny dostaly do říčního koryta), musejí datované vzorky obsahovat podkorní letokruh. Pokud vzorky podkorní letokruh neobsahují, můžeme určit pouze rok, po kterém stromy přestaly přirůstat. U většiny odebraných vzorků byla podmínka přítomnosti podkorního letokruhu splněna. Pokud by se tedy podařilo datovat i větší množství odebraných vzorků, bylo by možné z výsledku datování stanovit časovou dynamiku přísunu dřeva do říčního koryta. To se bohužel na většině zájmových úseků nepodařilo s výjimkou Černé Opavy, kde většina vzorků byla datována do období od podzimu nebo zimy roku 2006 do jara roku 2008. Poslední velká povodeň na tomto úseku řeky s kulminačním průtokem $76,6 \text{ m}^3/\text{s}$ proběhla v září 2007. Průměrný průtok na této lokalitě je $0,76 \text{ m}^3/\text{s}$ (Wistuba, 2009). Lze tedy předpokládat, že datované kmeny se do říčního koryta dostaly právě při této povodni v roce 2007. Výsledky dendrochronologického datování říčního dřeva na Morávce a Černé Opavě jsou podrobněji popsány v pracích Rybníček *et al.* (2010a) a Rybníček *et al.* (2011).

7 Funkce říčního dřeva



Říční dřevo plní v korytech a nivách vodních toků rozmanité funkce. Dřevo ovlivňuje ve vodních tocích abiotické (fyzikální) charakteristiky a procesy jako je rychlost a směr proudění vody, hloubka vody, transport splavenin, prostřednictvím modifikace hydraulických podmínek rovněž morfologii koryt. Neméně významné je i ovlivňování ekologických procesů. Dřevo může přímo působit na živé organizmy například tím, že představuje podklad pro růst vodních rostlin, tvoří se na něm biofilmy, uplatňuje se jako stanoviště bezobratlých, může posloužit jako potravní zdroj, ponořené dřevo představuje úkryt pro ryby. Nepřímo pak dřevo ovlivňuje životní podmínky organismů svým vlivem na utváření morfologie dna a břehů, vlivem na zrnitost říčních sedimentů a modifikací vlastností proudění vody. Přítomnost dřeva v lotických ekosystémech podstatně zvyšuje pestrost ekotopů a potažmo i biotopů. Tato kapitola je věnována studiu účinků říčního dřeva na geomorfologii a zrnitostní složení dnových splavenin v detailním prostorovém měřítku lokality (Černá Opava, Morava), krátkého říčního úseku (Svratka) a také vztahům mezi říčním stylem a výskytem říčního dřeva podél celého toku (Morávka). Jako doplňkové téma je v této kapitole prezentován výzkum živočišné složky biocenóz říčních niv Dyje, Moravy a Svratky na příkladě malakofauny.

7.1 Geomorfologické účinky říčního dřeva – Morávka, Svratka, Černá Opava, Morava

Morávka

Na řece Morávce byla řešena problematika říčního dřeva dvěma zornými úhly pohledu. Jednak v detailnějším prostorovém měřítku na území Národní přírodní památky Skalická Morávka, a jednak v prostorové úrovni celého toku od pramene po ústí. Morávka představuje podhorský typ toku, podél kterého jsou vyvinuty výrazné gradienty

přírodních podmínek, zároveň se jedná o tok silně ovlivněný činností člověka. Nejvýznamnějšími zásahy do hydrologického a geomorfologického režimu řeky bylo vybudování přehradní nádrže Morávka a rozdělovacího jezu ve Vyšních Lhotách v 60. letech 20. století. Vodní nádrž plní vodárenskou a protipovodňovou funkci, rozdělovací jez zajišťuje převod části průtoku Morávky do povodí Lučiny (k přehradní nádrži Žermanice). Díky přímým lidským intervencím i odezvám říčního systému na antropogenní modifikaci fluvialních procesů se dnes podél Morávky střídají geomorfologicky kontrastní úseky se zcela odlišným vzhledem i režimem fungování, úseky přirozeného i silně pozměněného charakteru.

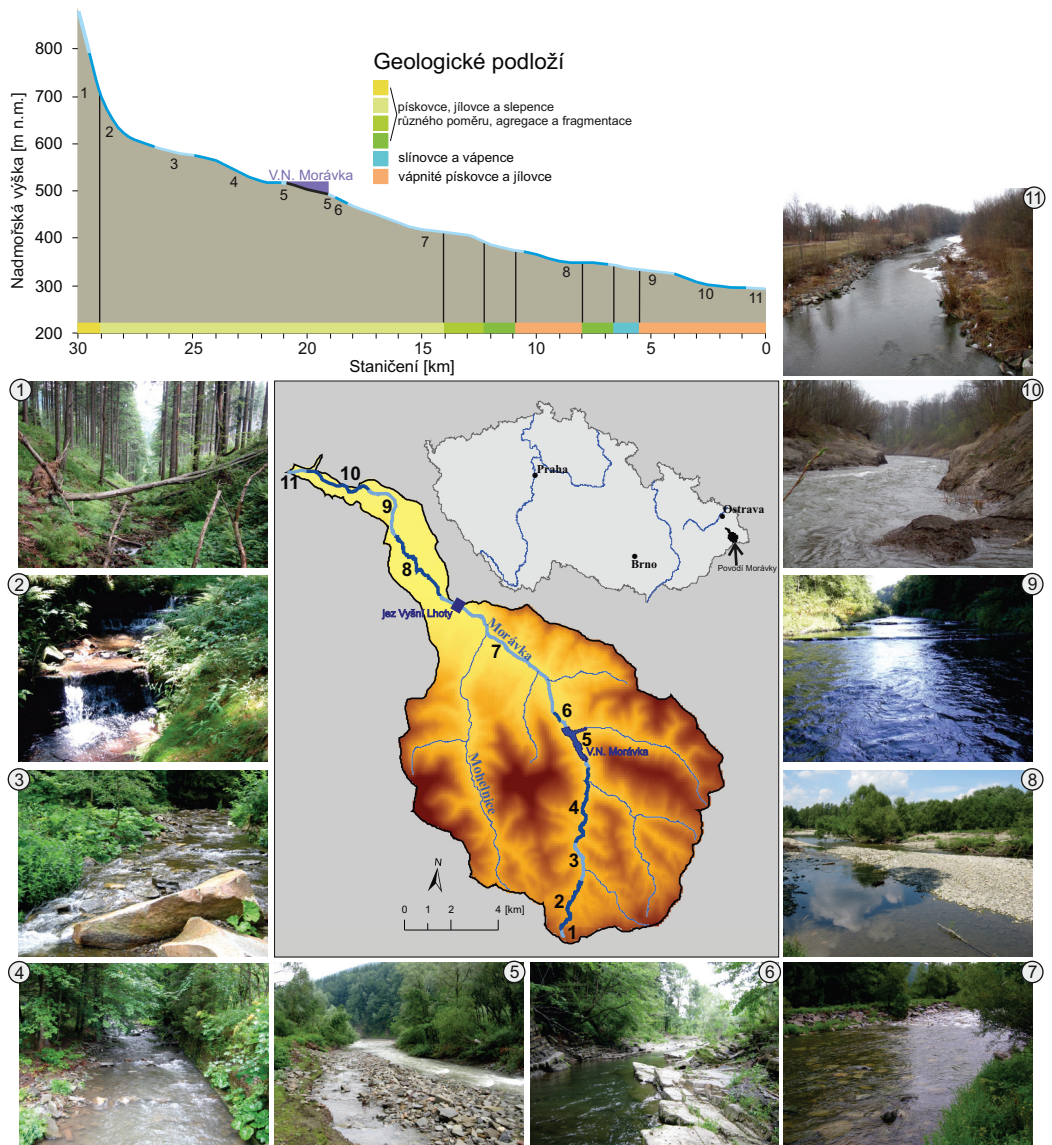
V této kapitole jsou shrnuty výsledky mapování množství, prostorové distribuce a vlastností říčního dřeva v celé délce toku Morávky. Cílem bylo postihnout změny těchto charakteristik v závislosti na geomorfologickém typu koryta (přirozené i upravené typy koryta) a studovat, jaký vliv má utváření koryta na tvorbu a retenci říčního dřeva. Primárním cílem tedy nebylo studovat vliv dřeva na morfologii toku, ale naopak zachytit vliv geomorfologie na vlastnosti říčního dřeva. V prvním kroku byly mapovány geomorfologické rysy koryta, byly vymezeny geomorfologicky víceméně homogenní úseky toku a provedena jejich klasifikace inspirovaná typologií Montgomery a Buffington (1997). Geomorfologický průzkum se zaměřil na lokalizaci a evidenci výchozů skalního podloží v korytě, kamenitých a skalních stupňů, tůní, mělčin (brodů), jednotlivých typů říčních náplavů (lavic), ostrovů a postižení charakteru břehů (rozsah břehových nátrží, rozsah skalních břehů). Dále byly měřeny rozměry koryta – šířka a hloubka kapacitního koryta. Zmapovány byly rovněž způsoby antropogenních úprav dna a břehů a jiné vodní stavby (např. příčné objekty – přehrázky, jezy).

Kromě geomorfologického charakteru koryta byla sledována břehová a doprovodná vegetace. Byl zaznamenáván rozsah dřevinné vegetace, zvláště pro oba břehy, v následujících kategoriích: les (pokud porost sahal od břehové hrany minimálně do vzdálenosti 30 m), dřevinný lem lesní (pás lesa o šířce do 30 m), dřevinný lem křovinný, víceřadý vysázený dřevinný porost, jednořadý vysázený porost souvislý, jednořadý vysázený porost nesouvislý, solitérní dřeviny. Dále byly zaznamenány všechny kusy hrubého říčního dřeva, které byly lokalizovány pomocí přístroje GPS. Sledovány byly následující parametry říčního dřeva: tloušťka, délka, orientace vůči ose koryta, zchovalost větví, zchovalost kořenového balu, poloha v rámci koryta (celý v korytě, zasahuje do koryta ze břehu, překlenuje koryto), kontakt se břehem, způsob uložení (volně, v dřevní akumulaci, zachycený na živém stromě, zachycený na balvanu, zachycený u konkávního břehu, zanesený sedimenty ve dně nebo ve břehu), způsob přísunu do koryta (z nivy, ze svahu, z břehové nátrže, připlavený).

Výsledky geomorfologického průzkumu utváření koryta vedly k vymezení následujících úseků s odlišným geomorfologickým typem (říčním stylem) ve směru od pramene po ústí (viz obr. 7.1):

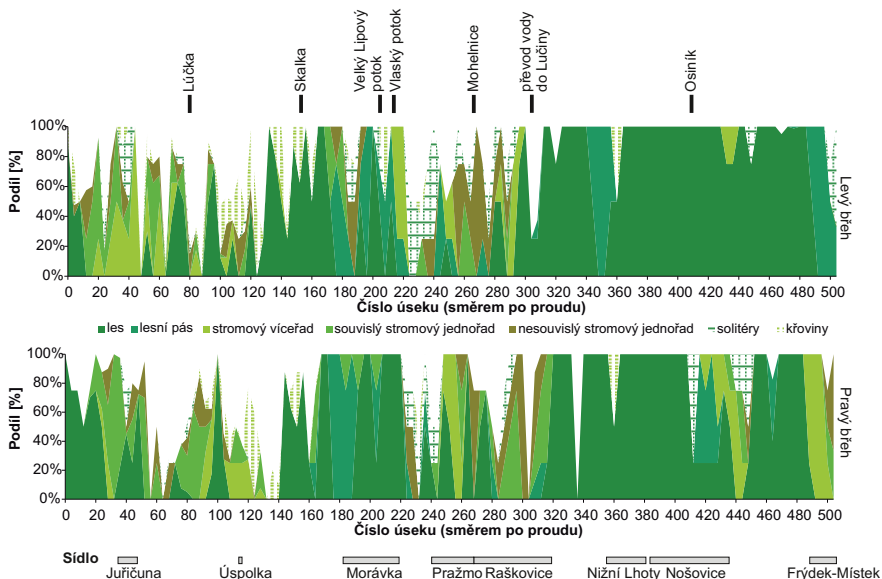
- koluviální – nekorytový - 1
- koluviální – korytový - 2
- střídání koluviálních a aluviálních úseků - 3
- aluviální vysokogradientový - 4
- aluviální nízkogradientový s plochým dnem nebo mělčinami a tůněmi - 5
- se skalním korytem - 6
- aluviální s plochým dnem či mělčinami a tůněmi s častými výchozy skalního podloží a výraznějšími antropogenními úpravami - 7
- aluviální, větvení v širokém štěrkonosném korytě (NPP Skalická Morávka) - 8
- aluviální, ploché dno s občasnou tvorbou štěrkových lavic - 9
- úsek hluboce zahloubený do skalního podloží (PP Profil Morávky) - 10
- aluviální, ploché dno s občasnou tvorbou štěrkových lavic - 11

Hranice jednotlivých úseků a fotografie dokumentující jejich geomorfologický charakter ukazuje obr. 7.1. Zásahy člověka, které vyvolaly druhotné odezvy ve fluviálním systému, a to především erozní povahy, jsou zodpovědné za poměrně vysoký počet úseků s rozdílnou geomorfologickou povahou (člověkem zvýšená geomorfologická variabilita). Významným zásahem bylo vybudování přehradní hráze nádrže Morávka a stavba přehrázek na přítocích. Příčné překážky zmenšily donášku na střední a dolní tok Morávky, což se zde projevuje deficitem dnových splavenin a akcelerovanou hloubkovou erozí. Deficit sedimentů vede k destabilizaci některých úseků a nastolení trendu hloubkové eroze, což se mimo jiné projevuje přítomností úseků se skalním korytem na horním (pod hrází nádrže Morávka) a dolním (PP Profil Morávky) toku. Přímými úpravami koryta je pak nejvíce zasažen střední tok v katastrech obcí Morávka, Pražmo a Raškovice. Úprava tvaru příčného profilu a související zkapacitnění koryta se projevuje tím, že v úseku od ústí Skalky po jez ve Vyšních Lhotách v podstatě neroste šířka a hloubka koryta, jak by tomu jinak bylo u neupraveného toku. Reliktem, dříve na středním a dolním toku dominantního říčního stylu, je větvení v široké, šterkovité aktivní zóně připomínající svým charakterem divočení.



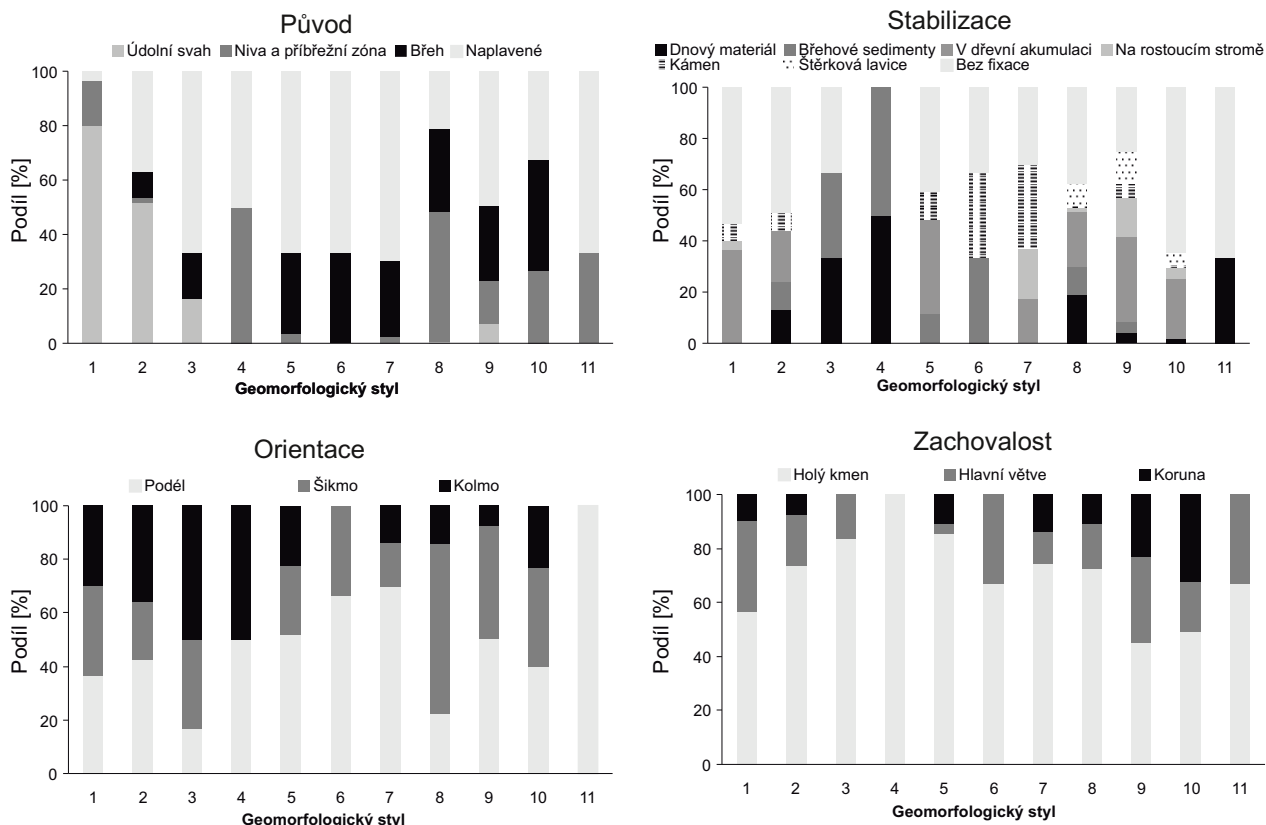
Obr. 7.1: Rozdělení říčního koridoru Morávky do geomorfologických stylů a jejich fotografická dokumentace.

procesem přínosu dřeva do koryta řeky. V neposlední řadě je to pak odstraňování dřeva člověkem, i s ohledem na to, že se jedná o úsek, kde se řeka nachází nejbližší obytné zástavbě a technické infrastruktuře.



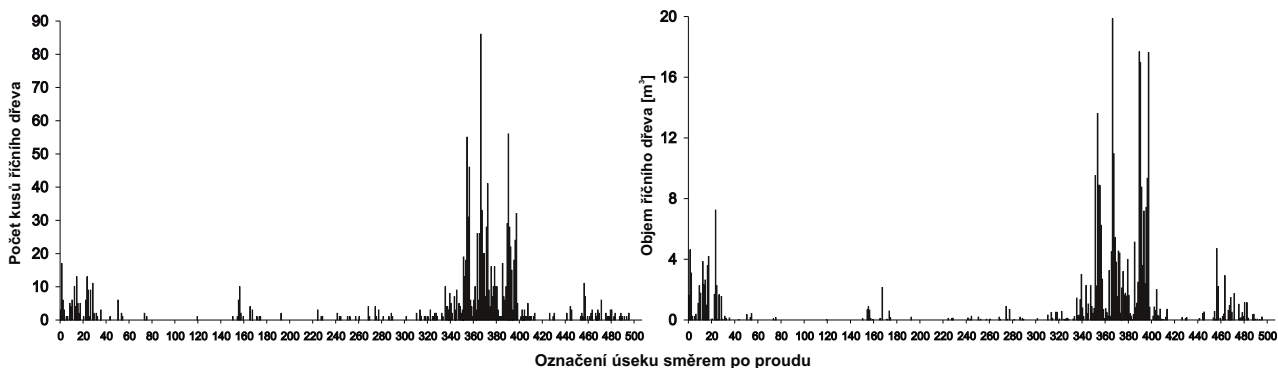
Obr. 7.3: Charakter vegetačního doprovodu v říčním koridoru Morávky.

V souvislosti s proměnami geomorfologického stylu koryta i charakteru celého údolí se mění i některé vlastnosti říčního dřeva (viz obr. 7.4).



Obr. 7.4: Vybrané charakteristiky říčního dřeva ležícího v příčném koridoru Morávky.

Průzkum říčního dřeva ukázal, že jeho prostorová distribuce je značně nerovnoměrná a jeho výskyt je závislý na geomorfologickém charakteru toku (přínejmenším jako na jednom z faktorů ovlivňujících přítomnost říčního dřeva). Podélnou variabilitu v distribuci říčního dřeva ukazuje obr. 7.2. V rozmístění dřeva lze nalézt jedno výrazné maximum a dvě podružná maxima. Největší množství dřeva se váže na široký, šterkovitý úsek s větvením koryta. Značné množství dřeva je výsledkem přisunu stromů v důsledku silné eroze břehů tvořených povodňovými hlinami. Na šterkovitou aktivní zónu navazuje široká hlinitá niva porostlá lužním lesem, rozsah břehových nátrží je v tomto úseku značný. Říční dřevo se může rovněž tvořit ze stromů porůstajících šterkové lavice a ostrovy. Transformace morfologie aktivní zóny toku při zvýšených vodních stavech bývá dalekosáhlá, s překládáním dílčích koryt a erozí okrajů nivy. Dalším faktorem podmiňujícím značný výskyt dřeva v tomto úseku je výskyt překážek, na kterých se může dřevo zachytávat – odnos dřeva z tohoto úseku je tak velmi ztížený. Takovými překážkami jsou šterkové lavice, ostrovy a živé stromy rostoucí v aktivní zóně. Vzhledem k tomu, že fluviální sedimenty aktivní zóny jsou poměrně hrubozrnné a většina dřeva se nachází na povrchu šterkových lavic, kde je mimo dosah běžných průtoků, nejsou geomorfologické účinky dřeva v tomto úseku tak výrazné, jak by se dalo očekávat.



Obr. 7.2: Množství říčního dřeva na řece Morávce, stav k roku 2010.

Druhotné maximum v množství dřeva se nachází v pramenné oblasti s nejvyšším sklonem koryta, v koluviálním úseku toku a ve vysokogradientovém aluviálním úseku. Morávka zde protéká souvislými lesními komplexy, kde do koryta zasahují stromy vyvrácené při větrných kalamitách či dřevo rozlámané v důsledku námrazy na stromech. Častým případem je zde jen částečné zasahování velkého stromu do malého koryta či překlenutí koryta stromem. V těchto úsecích může mít dřevo výrazné geomorfologické účinky, lokálně se podílí na tvorbě kládových stupňů a zachytává splaveniny. Druhé z podružných maxim výskytu říčního dřeva se nachází na dolním toku na území PP Profil Morávky. Jedná se o úsek s akcelerovanou hloubkovou erozí, kde se dno koryta nachází hluboko pod bází aluviálních sedimentů původní nivy (lokálně 6 až 7 m). Koryto má místy až soutěskovitý charakter; hloubková eroze způsobila destabilizaci břehů, které se místy sesouvají. Díky přínosu sedimentů z nestabilních břehových svahů je dno koryta pokryté vrstvou aluviálního materiálu. Lokální maximum výskytu říčního dřeva je zde spojeno s poměrně častým vyvrácením stromů z nestabilních břehů. V korytě však chybí přirozené překážky, které by zachytávaly plovoucí dřevo.

Minimální počty kusů říčního dřeva lze nalézt na středním toku s nejvíce upraveným korytem mezi obcemi Morávka a Raškovice. Pokud se v tomto úseku dřevo vyskytuje, jedná se převážně o kusy malých rozměrů. Absence dřeva zde má několik různých příčin. V první řadě se jedná o úsek, kde je okolí řeky nejchudší na dřevinou vegetaci (viz obr. 7.3). Dále je to opevnění břehů, které brání břehové erozi, která by mohla být potenciálně

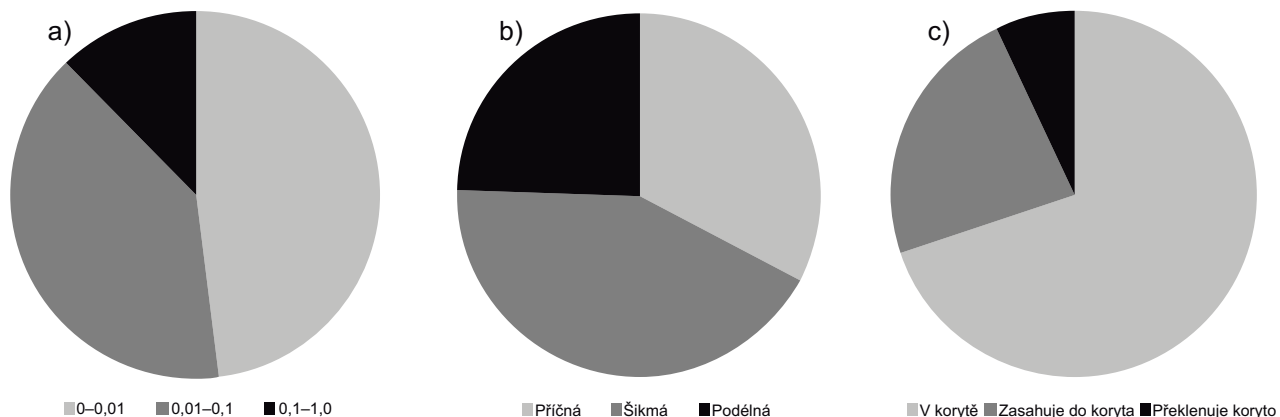
Sledované vlastnosti odrážejí způsob a dynamiku přísunu dřeva do řeky a jeho stabilitu v korytě. Například úsek se skalním korytem pod hrází nádrže Morávka a navazující aluviální, výrazně upravený úsek vykazují vysoký podíl mobilních (alochtonních, snadno odplavitelných) kusů zachycených často na velkých kamenech, jedná se většinou o holé kmeny, orientované paralelně s proudnicí. Malá stabilita a orientace paralelně s proudnicí souvisí s malými rozměry kusů a širokým, hlubokým, upraveným korytem. V okolí těchto úseků také většinou chybí souvislé lesní porosty s dospělými stromy, které by byly schopné produkovat větší, méně mobilní kusy dřeva.

Svratka

Na Svratce byly morfologické účinky říčního dřeva zjišťovány na vrchovinném horním toku v blízkosti pramene nad obcí Herálec. Nadmořská výška tohoto úseku se pohybuje v rozmezí 658–688 m n.m., délka je 4,2 km. Koryto vytváří v různé široké nivě (0–116 m) zákruty, lokálně až meandry o malém poloměru (maximálně první desítky metrů), které jsou mnohem četnější v horní části o větším sklonu. Průměrná křivolakost úseku je 1,34 (rozsah 1,10–2,22), průměrný sklon koryta 7,1 ‰ (rozsah 6–10 ‰). V souvislosti s meandrováním a překážkami v korytě se mění šířka (průměrná 2,19 m, rozpětí 0,90–3,16 m) a hloubka koryta (průměrná 0,76 m, rozpětí 0,43–1,17 m). Převládá boční eroze nad hloubkovou, v některých místech vznikly malé břehové nátrže. Z forem dna koryta se často střídají mělčiny s tůňemi (ang. riffles and pools). Mimo sekvence mělčin a tůní se lze v korytě setkat s jesepními, bočními, případně i centrálními lavicemi. Dnové sedimenty jsou zastoupeny ve frakci hrubozrnného písku až hrubšího štěrku, přičemž pro dnové splaveniny je typické bimodální rozdělení zrnitosti. Ve středně hlubokých místech a na mělčinách s bystřinným prouděním převládá šterkový materiál (velikost zrna v rozpětí 50–100 mm), v tůních hrubě písčitého materiálu až jemný šterk (velikost zrna nejčastěji v rozpětí 1–5 mm).

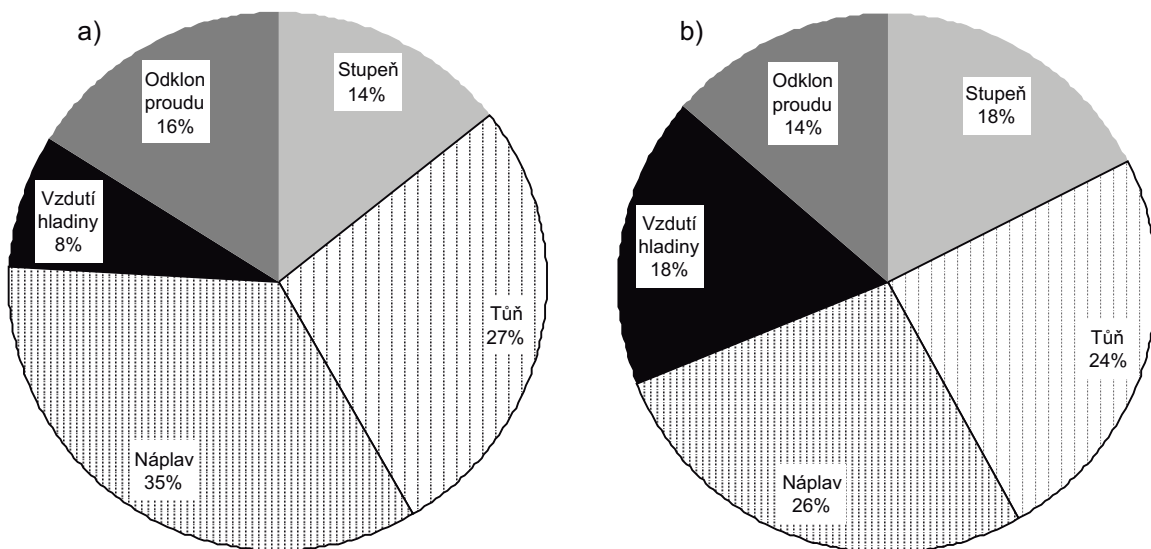
Ve zkoumaném úseku bylo zjištěno celkem 325 individuálních kusů dřeva. Z nich 34 je součástí dřevních akumulací, jichž bylo registrováno celkem 37 (zbývající byly složeny z četnějšího souboru dřevních kusů menších rozměrů). Pro oba typy objektů v korytě byly samostatně v rámci dvou souborů zjišťovány údaje o jejich morfologických účincích na říčním dně. Mezi evidovanými individuálními kusy byl ve 110 případech (33,8 %) zjištěn alespoň jeden druh takového účinku, z akumulací má morfologický účinek 33 (89,2 %).

U individuálních kusů byla zjišťována existence účinku ve vazbě na jejich velikost (vyjádřenou objemem) v korytě toku, orientaci a pozici v rámci koryta. Z hlediska objemu (obr. 7.5a) jsou mezi morfologicky účinnými kusy zastoupeny více elementy malých rozměrů (objem kategorie do 0,01 m³, 48,2 % případů) a středních rozměrů (0,01–0,1 m³, 39,1 %), pouze v malé míře kusy velkých stromů, které nejčastěji vznikly místním vývratem ze břehu či v jeho blízkosti (0,1–1 m³, 12,7 %). Úzce to souvisí s malými rozměry průtočného profilu, i malé kusy dřeva jsou v takovémto korytě stabilní a schopné modifikovat hydraulické podmínky a morfologii koryta. Při hodnocení orientace vzhledem ke korytu (obr. 7.5b) mají na tvorbu morfologických účinků největší vliv šikmo situované (42,7 % případů), menší příčně situované (32,7 %) a nejmenší podélně orientované kusy (24,6 %). Z hlediska polohy (obr. 7.5c) dominuje pozice, kdy se celý kus nachází v korytě (69,6 % případů), mnohem méně vykazují morfologické účinky kusy, které do koryta pouze zasahují ze břehu (23,5 %) či celé koryto překlenují (pouze 6,9 %).



Obr. 7.5: Podíly morfologicky účinných kusů říčního dřeva v korytě Svatky v závislosti na: a) objemu (m³), b) orientaci vůči ose koryta, c) pozici v korytě (stav k roku 2010).

Z druhů morfologických účinků individuálních kusů (obr. 7.6a) byly ve studovaném úseku rozlišeny příčné stupně (14,4 % ze všech evidovaných případů), na které bylo často vázáno vzduťí vodní hladiny (7,9 %), dále tvorba tůň (27,3 %) a náplavů (34,2 %) a odklon proudu (16,2 %). Stejně morfologické účinky byly vyhodnoceny u registrovaných dřevních akumulací (stupně 17,6 %, vzduťí hladiny 17,6 %, tůň 24,3 %, náplavy 27,0 %, odklon proudu 13,5 %; obr. 7.6b). Větší zastoupení stupňů a především vzduťí hladiny u akumulací je vysvětlitelné větším objemem tohoto typu překážky v toku, kdy často dochází k úplnému přehrazení velké části koryta. Naopak mírně nižší výskyt tůň a náplavů, případně i odklonu proudu, souvisí nejspíše se složitou vnitřní strukturou řady akumulací (většinou jsou složeny z několika hlavních kusů nepravidelně zachytávajících četný jemný organický materiál), která často proud člení do několika dílčích částí s nižší energií, což vznik těchto jevů omezuje.



Obr. 7.6: Podíl druhů morfologických účinků individuálních kusů říčního dřeva (a) a dřevních akumulací (b) v korytě Svatky, stav k roku 2010.

Výška stupňů (viz např. obr. 7.7) vzniklých z individuálních kusů dosahuje až 35 cm, hloubka a délka tůní 0,6 m a 3,6 m, šířka a délka náplavů 2,2 m a 6,3 m. U akumulací byl zjištěn stupeň o výšce až 60 cm a náplav široký až 3 m, což je případ, kdy sedimentární těleso zcela vyplnilo koryto. Souhrnná výška všech stupňů v říčním úseku tvořených individuálními kusy dřeva, resp. dřevními akumulacemi dosahuje 5,5 m, resp. 3,6 m, což představuje 18,3 %, resp. 12,0 % jeho celkového spádu (dohromady 30,3 %). Souhrnná délka tůní spjatých s oběma způsoby výskytu říčního dřeva v korytě dosahuje 143,9 m a 42,0 m (3,4 % a 1,0 % délky úseku, celkem 4,4 %). Souhrnná délka náplavů činí 163,6 m a 45,7 m (3,9 % a 1,1%, celkem 5,0 %).



Obr. 7.7: Větší kus říčního dřeva tvořící ve dně vodního toku příčný stupeň. Změna proudění nad a pod vzniklým prahem se projevila v odlišném charakteru koryta i dnových sedimentů. Nad překážkou převažují v užším korytě s mírně vzdutou vodní hladinou písčité sedimenty, vytvářející náplav ve formě malé boční lavice. Pod překážkou došlo k částečnému odklonu proudu do stran, zvýšené boční erozi břehů a tím k rozšíření koryta. Na dně převažuje hrubší šterkovitý materiál.

Většina individuálních kusů i akumulací má účinků více (63,6 %, resp. 78,8 % ze všech případů, kdy individuální kusy či akumulace byly morfologicky účinné). Z významných kombinací účinků u individuálních kusů je možno uvést následující. V 83,9 % případů vyvolalo dřevo současně vznik stupně a alespoň jedné tůně. 76,5 % případů vzdutí hladiny je vázáno na existenci stupně v korytě. U 40,7 % tůní se vyskytuje také náplav (lavice). Tvorba tůní a náplavů je rovněž částečně spojena s odklonem proudu (vyskytuje se ve 30,5 %, resp. 32,4 % případů). Existují i 3 komplexní lokality, u kterých byly zaznamenány všechny druhy popsaných účinků současně. U dřevních akumulací byly zjištěny některé podobné vazby (výskyt stupně společně s tůní v 84,6 % případů, na stupně je vázáno 61,6 % všech případů vzdutí, u 50,0 % tůní se vyskytuje současně i náplav, ve 40,0 % případů náplavů se rovněž vyskytuje odklon proudu, přičemž v lokalitách s náplavy bylo zjištěno 80,0 % všech odklonů proudu).

Mimo korytové mikroformy, jejichž vznik byl přímo podmíněn přítomností říčního dřeva, se ve zkoumaném úseku nacházela i celá řada forem bez vazby na dřevo. Byly zaznamenány erozní i akumulací tvary – tůně, brody (mělčiny, příčné lavice), různé typy lavic (boční, jesešní, centrální, ojedinele i diagonální) a v menší míře rovněž kamenité

stupně (místa doprovázené tůněmi, tzv. step–pool systémy). Zaznamenáno bylo 104 tůní (v přímých úsecích koryta a na vrcholech meandrů), 88 brodů, 31 bočních lavic, 49 jesepních lavic, 5 centrálních lavic, 1 diagonální lavice a 8 kamenitých stupňů. Celkem tedy bylo zjištěno 296 individuálních korytových mikroforem, které vznikly hydrodynamicky, interakcí mezi prouděním vody a substrátem dna a břehů. Porovnání počtu a druhu korytových mikroforem vzniklých bez vztahu ke dřevu a mikroforem přímo vyvolaných přítomností dřeva ukazuje na významný vliv říčního dřeva na utváření morfologie koryta.

V roce 2010 bylo zaznamenáno 110 kusů říčního dřeva, jejichž působení v korytě Svratky vedlo ke vzniku 54 tůní, 31 příčných stupňů a 71 drobných náplavů (lavic). Z celkového počtu všech zaznamenaných fluviačních mikroforem tedy bylo 34,5 % svým vznikem spjato s přítomností říčního dřeva. Dřevo se ve zkoumaném úseku Svratky uplatňuje především jako retardační činitel pohybu dnových splavenin, což se projevuje tvorbou náplavů (lavic). Naopak pouze v několika málo případech dřevo prostřednictvím odklánění proudění způsobilo vznik břehových nátrží. Morfologické oživení koryta Svratky znamená rovněž výrazné zvýšení nabídky a pestrosti vodních ekotopů. Výsledky z řeky Svratky naznačují, že dřevo by se mohlo stát účinným, levným a snadno aplikovatelným nástrojem pro zvýšení pestrosti biotopů na menších vodních tocích. Říční dřevo má tedy velký potenciál pro uplatnění v revitalizačních projektech na menších vodních tocích.

Černá Opava

Na Černé Opavě byly v detailním prostorovém měřítku řešeny morfologické a sedimentologické účinky říčního dřeva ve dvou segmentech šterkovitého, větvičího se koryta v podhorském reliéfu. Vliv dřeva na formování morfologie u horských vodních toků byl poprvé popsán již v 70. letech 20. století v sz. části USA (Swanson *et al.*, 1976; Keller a Swanson, 1978; Beschta, 1979). V horských tocích s velkým sklonem koryta, příkrými svahy a úzkou či chybějící nivou mohou dřevní akumulace lokálně zrychlit či zpomalit erozi břehů a dna, vytvořit překážky zachytávající splaveniny a vést ke vzniku stupňovitého podélného profilu. V tocích s menším sklonem koryta může dřevo zvýšit nebo snížit stabilitu říčních břehů, iniciovat vznik centrálních lavic a krátkých divočících úseků nebo způsobit vznik povodňových koryt či vyvolat odškracení meandrů. Dřevo působí v různých časoprostorových úrovních od rychlé, lokální tvorby tůně za jediným padlým stromem (Kail, 2003) až po dlouhodobý vývoj říčního vzoru a celé údolní nivy (Brooks *et al.*, 2003). Výsledný morfologický účinek závisí na poměru velikosti dřeva a velikosti koryta; nejvýraznější účinky má dřevo na menších a středně velkých vodních tocích.

Mnohem méně pozornosti bylo věnováno vlivu dřeva na zrnitostní diferenciaci (vytřídění) dnových splavenin. Zrnitostní diferenciacie sedimentů v korytech tvořených hrubozrnnými aluviálními sedimenty je výsledkem segregace částic během procesů eroze, transportu a depozice. Vytřídění aluviálních šterků je konvenčně připisováno selektivnímu odnosu různě velkých částic, kdy větší zrna mají větší inercii než malá a vyžadují proto větší hodnoty tečného napětí pro uvedení do pohybu. Faciální (zrnitostní) diferenciacie sedimentů je tak interpretována jako odraz prostorové variability transportní kapacity. V měřítku říčního úseku se rozdíly v zrnitosti sedimentů projevují ve vztahu k prostorové organizaci dnových forem jako jsou brody (riffles), tůně (pools) nebo lavice (bars) (Powell, 1998). Vzhledem k tomu, že dřevo modifikuje hydraulické podmínky a tvorbu dnových forem v korytě, lze očekávat i vliv na zrnitost sedimentů.

Koryto Černé Opavy se v současnosti vyvíjí přirozeným způsobem, větví se do několika ramen a je morfologicky velmi členité. Úsek je výjimečný velkým množstvím říčního dřeva, které tvoří individuální kusy a dřevní akumulace. Velké množství kmenů,

pařezů po odstraněných stromech i živých stromů je podmíněno vývojem při povodni v roce 1997, kdy v zalesněné nivě vznikla síť nových koryt a došlo k poškození smrkového porostu. Zdejší povodně dosahují vysokých kulminačních průtoků ($Q_{100} = 65,6 \text{ m}^3/\text{s}$) a mají výrazně formativní účinek na koryto a údolní nivu. Vznik rozvětveného úseku připomínajícího divočení (renaturalizace povodní) se datuje do roku 1997, kdy kulminační průtok povodně činil $120 \text{ m}^3/\text{s}$ (Řehánek, 2002). Povodní renaturalizované úseky již nebyly uvedeny zpět do původního stavu, jsou unikátním příkladem dynamicky se vyvíjející nivy horského toku a byly předmětem některých geomorfologických a botanických výzkumů (Ponczová, 2003; Šaňková, 2009). Poslední velká povodeň s kulminačním průtokem $76,6 \text{ m}^3/\text{s}$ proběhla v září 2007; její morfologické účinky zdokumentovala Wistuba (2009).

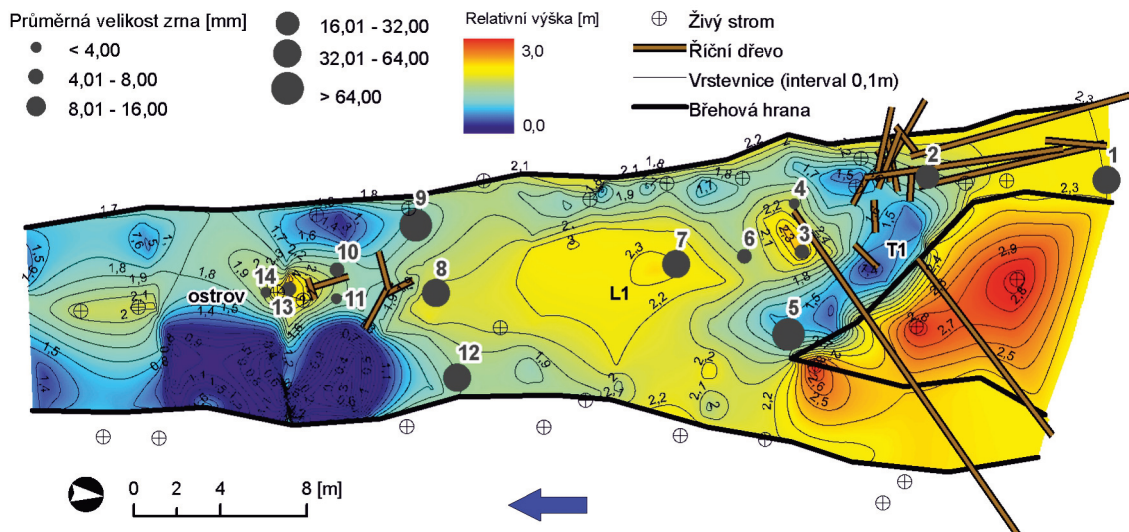
Terénní práce probíhaly během srpna roku 2009. Prvním krokem bylo geodetické zaměření obou úseků pomocí totální stanice Topcon GPT-9003M. Zaměřena byla morfologie koryta, poloha jednotlivých kusů říčního dřeva, pařezů a živých stromů rostoucích v korytě nebo jeho bezprostřední blízkosti. Pole měřických bodů mělo průměrnou hustotu 1 bod na $2,7 \text{ m}^2$ koryta. Zaměřen byl rovněž půdorys větších nahromadění dřeva, tj. dřevních akumulací. Z měření byl sestaven výškový model říčního dna v programu ArcGIS 9.2. Prostorovou interpolací pomocí metody „natural neighbor“ byl v programu ArcMap vytvořen grid s krokem $0,1 \text{ m}$. Tento grid byl následně převeden na 3D model v programu ArcScene. Do modelu byly zahrnuty biologické struktury tvořené mrtvým říčním dřevem a živými stromy.

Druhým krokem byl odběr a zrnitostní rozbor korytových sedimentů. Vzorky byly odebírány z jednotlivých korytových forem – brodů, tůní a lavic. Byly vzorkovány formy ovlivněné i neovlivněné přítomností dřeva. V případě šterkovitých sedimentů bylo z povrchu formy odebráno 50 náhodně zvolených klastů, u kterých byla na místě změřena *b*-osa pomocí mřížky s otvory odstupňovanými po půl stupni Φ (13 vzorků) (Bunte a Abt, 2001). Z forem tvořených drobně šterkovitými a písčitými sedimenty byly odebrány objemové vzorky s váhou 1 kg , které byly síťovány na přístroji Retsch AS 200 Control (18 vzorků). Následně byly sestaveny zrnitostní křivky a vypočtena průměrná velikost zrna M_z a koeficient vytrídění σ_1 podle Folk a Ward (1957).

Topografie dna v obou segmentech koryta ukazuje, že říční dřevo výrazně komplikuje jeho morfologii (viz obr. 7.8 a 7.9). To je zejména patrné při srovnání s jinými úseky dolního toku Černé Opavy, kde převažuje ploché dno, případně sekvence mělčin a tůní. Morfologické efekty jsou znásobeny skutečností, že řeka se větví do menších ramen. Zvláště dřevní akumulace pak v menších korytech výrazně mění hydraulické podmínky (vznik hydraulických skoků), vyvolávají vznik tůní a zadržují splaveniny. Z plochy 570 m^2 segmentu 1 tvoří 76 m^2 erozní a 85 m^2 akumulací formy vyvolané přítomností dřeva, podobně z 1439 m^2 segmentu 2 tvoří 185 m^2 erozní a 42 m^2 akumulací formy. Některé formy jsou vyvolané říčním dřevem či živou vegetací nepřímo – např. centrální lavice nebo tůně v segmentu 1, tůně v segmentu 2. Sklon koryta v segmentu 1 je $14,8 \text{ ‰}$, sklon koryta v segmentu 2 je $19,2 \text{ ‰}$.

V segmentu 1 je markantní vznik tůně T1 s komplikovaným tvarem pod dřevní akumulací blokující v celé šířce jedno z užších, pobočných koryt řeky (viz obr. 7.8). Akumulace vytváří v korytě stupeň (hydraulický skok) s převýšením $0,5 \text{ m}$. Akumulace je propustná a nedochází nad ní k výraznějšímu zachytávání splavenin. Tůň má hloubku $0,3 \text{ m}$, maximální šířku a délku 6 m , respektive 11 m . Dřevo tak iniciovalo vznik stupně v podélném profilu řeky, kdy na vzdálenost 8 m klesá dno koryta o $0,8 \text{ m}$ (lokální sklon dna 100 ‰). Dále po proudu následuje centrální lavice L1, která je výsledkem depozice materiálu vymývaného z tůně T1. Depozici v tomto místě podporuje i příčně orientovaný kmen zasahující do koryta, za kterým se usazuje hrubý písek. Vegetace přímo ovlivňuje

rovněž spodní část segmentu 1, kde se nachází ostrov zpevněný živými stromy a říčním dřevem. Ostrov představuje stabilní překážku proudění, nicméně koryto se nemůže rozšířit boční erozí, protože břehy jsou stabilizovány živými stromy. V důsledku toho dochází k akceleraci hloubkové eroze, která vedla ke vzniku dvou tůní lemuujících ostrov. Větší z tůní v levé části koryta má hloubku 0,9 m, šířku 4 m a délku 8 m.

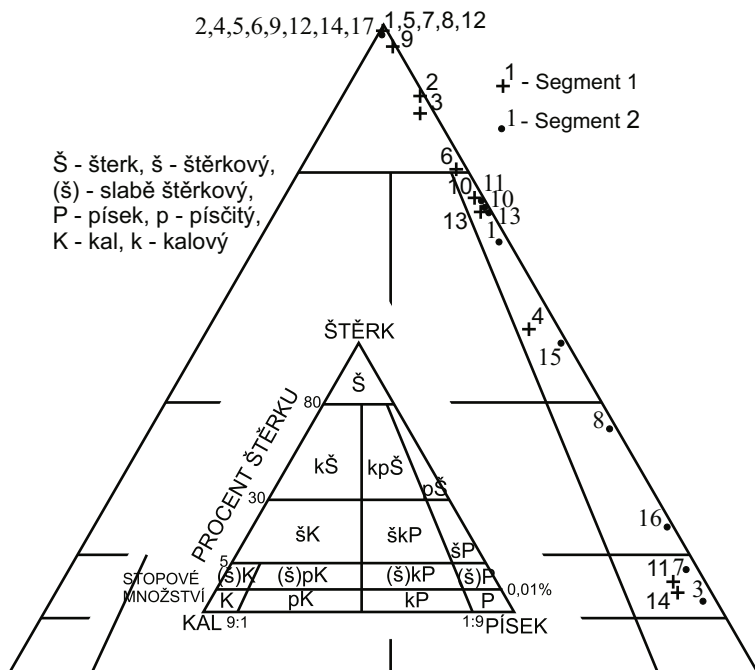


Obr. 7.8: Morfologie koryta, poloha říčního dřeva, živých stromů a průměrná zrnitost dnových splavenin v segmentu 1.

Segment 2 je plošně rozsáhlejší a jeho morfologie je komplikovanější (viz obr. 7.9). Protože je zde koryto širší, nejsou zde tolik významné vlivy živé břehové vegetace jako v segmentu 1. V dílčích korytech a na ostrovech se nachází celkem sedm dřevních akumulací různých rozměrů, velké množství pařezů a několik individuálních kusů dřeva. Nejvýraznější morfologický efekt má akumulace A7, která vznikla v čelní části ostrova, na kterém dochází k zachytávání dřeva za povodní. Akumulace blokuje koryto v celé šíři, mění směr proudění a vedla ke vzniku tůní T4 a T5. Akumulace vytváří v korytě stupeň s převýšením 0,6 m, navazující tůň má hloubku 1,1 m, šířku 2,5 m a délku 7 m. Na vzdálenost 7 m tak klesá dno o 1,7 m (lokální sklon dna 242,9 ‰). Akumulace díky specifickým hydraulickým podmínkám v její čelní části (změna směru proudění v pravém úhlu) nezachytává splaveniny, ale naopak vyvolala vznik tůně T2. Ostatní akumulace již nemají tak výrazné erozní účinky, protože jsou jednak menší a také se nacházejí zčásti na ostrovech a neblokují koryto v celé šíři. Více se u nich projevuje zachytávání splavenin, které se hromadí před čelní částí akumulací ve směru proti proudu nebo pod akumulacemi v proudových stínech. Nejmarkantnější je účinek akumulace A6, za kterou se nachází centrální lavice tvořená drobným štěrkem. Genetický vztah k říčnímu dřevu mají pravděpodobně i tůně T2 a T3, které se nacházejí v místech, kde je průtočný profil zčásti zúžen dřevními akumulacemi A5 a A6, čímž je akcelerována hloubková eroze.

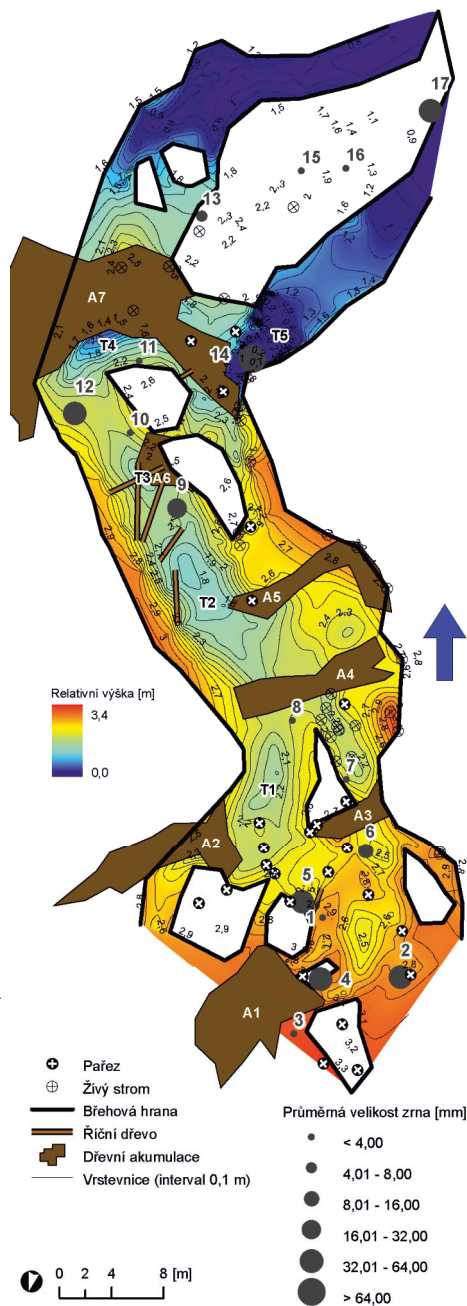
Variabilitu v zrnitosti dnových splavenin v rámci obou segmentů koryta ukazuje ternární diagram na obr. 7.10. Průměrná zrnitost M_z odebraných vzorků se pohybovala od -6,8 do 0,8 Φ (hrubý štěrk až hrubozrný písek). Vztah průměrné zrnitosti sedimentů ke korytovým formám je zachycen na obr. 7.8 a 7.9. Z analýzy vyplývá, že sedimenty na formách vzniklých působením dřeva jsou jemnozrnější ($M_z = 24,4$ mm) než na formách neovlivněných dřevem ($M_z = 31,6$ mm), nicméně rozdíl mezi oběma soubory není statisticky signifikantní (t-test, $p = 0,05$ %). V segmentu 1 je patrné, že nejjemnější

materiál je deponovaný v rámci akumulčních forem (lavice, ostrov) a to v místech s přítomností živých stromů a říčního dřeva. Nehrubší materiál tvoří dno v brodových úsecích a tůních. V rámci segmentu 2 je patrné, že nejhrubší sedimenty se nacházejí v tůních pod kládovými stupni, případně v tůních před dřevními akumulacemi a v brodových úsecích bez vlivu dřeva. Jemnozrnější sedimenty jsou deponované v proudových stínech mezi akumulacemi.



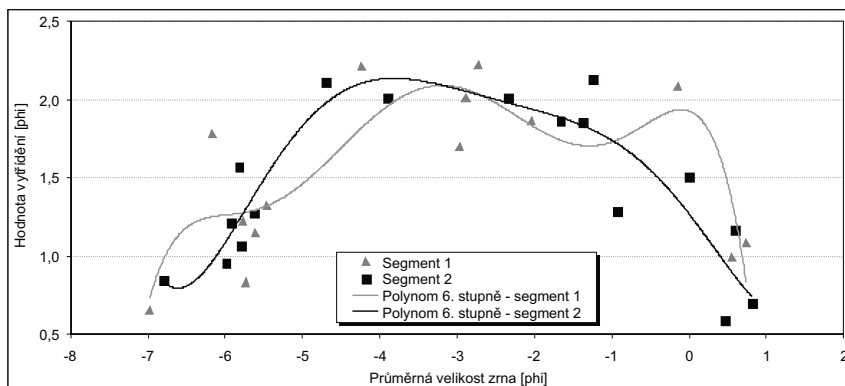
Obr. 7.10: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení vzorků dnových splavenin ze dvou segmentů koryta Černé Opavy.

Dále byl u jednotlivých vzorků sledován stupeň vytrřídění σ_1 ve vztahu k průměrné velikosti zrn (viz obr. 7.11). Vytrřídění vzorků se pohybuje od 0,59 do 2,22 Φ , převažují sedimenty špatně a velmi špatně vytrříděné (25 vzorků) nad sedimenty slabě a středně vytrříděnými (6 vzorků). Z grafu na obr. 7.11 jsou patrné rozdíly ve stupni vytrřídění mezi jednotlivými zrnitostními frakcemi. Nejnížší stupeň vytrřídění byl zaznamenán u frakcí drobný štěrtek a hrubozrný písek, míra vytrřídění se zvyšuje směrem k hrubším i jemnozrnějším frakcím. Tento průběh je podobný u obou zájmových segmentů koryta. Pokud budeme hledat vztah vytrřídění ke korytovým formám, tak špatně a velmi špatně vytrříděné vzorky byly ve 14 případech odebrány z míst s plochým dnem, v 7 případech z tůní a ve 4 případech z lavic. Slabě a středně vytrříděné vzorky byly ve 3 případech odebrány z tůní a ve 3 případech z lavic. Rozdíl se projevuje nejen mezi korytovými formami, ale i v rámci individuálních forem; např. u lavice L1 v segmentu 1 je v její proximální části $\sigma_1 = 1,32 \Phi$, v distální části $\sigma_1 = 0,83 \Phi$. Pokud budeme sledovat vztah vytrřídění k říčnímu dřevu, tak špatně a velmi špatně vytrříděné vzorky pocházely



Obr. 7.9: Morfologie koryta, poloha říčního dřeva, živých stromů a průměrná zrnitost dnových splavenin v segmentu 2.

v 9 případech z míst ovlivněných dřevem, v 16 případech z míst neovlivněných dřevem. U slabě a středně vytríděných vzorků pocházely 2 vzorky z míst dřevem ovlivněných a 4 z míst neovlivněných. Průměrná hodnota vytrídění se odlišuje u vzorků ovlivněných dřevem ($\sigma_1 = 1,6 \Phi$) a vzorků neovlivněných ($\sigma_1 = 1,4 \Phi$); podobně jako u průměrné zrnitosti však není rozdíl statisticky významný. Průměrná velikost zrna, stupeň vytrídění, vztah ke korytovým formám a říčnímu dřevu jsou uvedeny pro jednotlivé vzorky v tab. 7.1.



Obř. 7.11: Vztah průměrné velikosti zrna M_z a stupně vytrídění σ_1 vzorků dnových splavenin ve dvou segmentech koryta Černé Opavy.

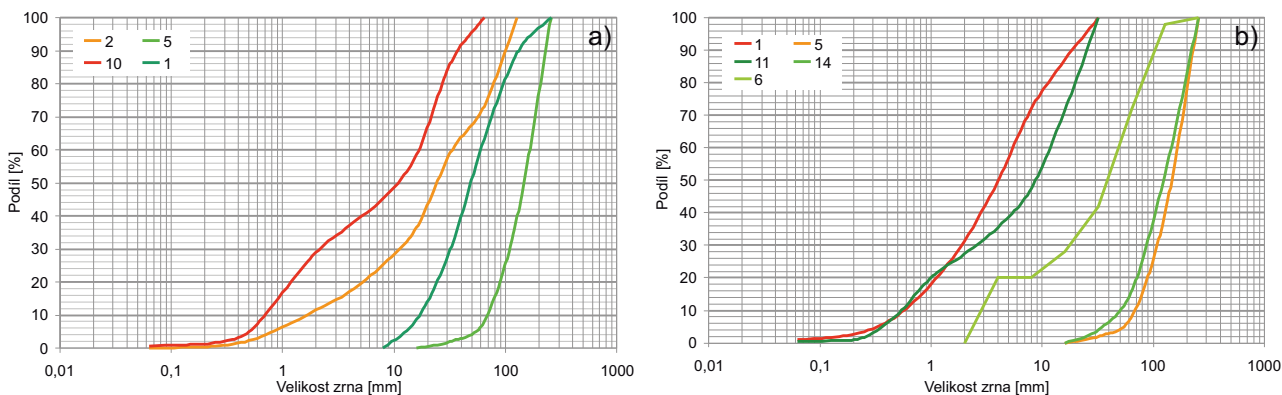
Tab. 7.1: Základní sedimentologické charakteristiky dnových splavenin (průměrná velikost zrna, vytrídění) a jejich vazba na dnové formy a rozmístění říčního dřeva ve dvou segmentech koryta Černé Opavy.

	Vzorek	M_z [ϕ]	σ_1 [ϕ]	Vytríděnost	Popis místa	Souvislost s říčním dřevem
Lokalita 1	1	-5,6	1,15	špatně vytríděný	brod, 3 m před ŘD paralelně s proudem	N
	2	-4,2	2,21	velmi špatně vytríděný	tůň, 5 m před akumulací	A
	3	-3,0	1,70	špatně vytríděný	náplav pod akumulací	A
	4	-0,1	2,09	velmi špatně vytríděný	tůň za akumulací, klidný břeh na okraji náplavu	A
	5	-7,0	0,65	středně vytríděný	tůň, nárazový břeh, hlavní proudnice	N
	6	-2,9	2,01	velmi špatně vytríděný	mělký úsek, přetok mezi dvěma tůňmi	N
	7	-5,5	1,32	špatně vytríděný	proximální část centrální lavičky	N
	8	-5,7	0,83	slabě vytríděný	distální část centrální lavičky	N
	9	-6,2	1,78	špatně vytríděný	brod, mělký úsek	N
	10	-2,7	2,22	velmi špatně vytríděný	před ŘD	N
	11	0,7	1,08	špatně vytríděný	před ŘD, korytko mezi centrální lavičkou a ostrovem	N
	12	-5,8	1,22	špatně vytríděný	mělký brodový úsek	N
	13	-2,0	1,86	špatně vytríděný	ostrov s ŘD akumulací, nižší poloha blíže vody	A
	14	0,5	0,99	slabě vytríděný	ostrov, poloha výše nad vodou	A
Lokalita 2	1	-1,7	1,86	špatně vytríděný	nad ŘD stupněm	N
	2	-5,6	1,27	špatně vytríděný	střed koryta	N
	3	0,8	0,69	středně vytríděný	okraj koryta, nad ŘD akumulací	A
	4	-5,9	1,21	špatně vytríděný	za ŘD akumulací	A
	5	-5,8	1,57	špatně vytríděný	pod ŘD stupněm	A
	6	-3,9	2,01	velmi špatně vytríděný	tůň před akumulací	N
	7	0,5	0,59	středně vytríděný	méně výrazná tůň pod akumulací	N
	8	0,0	1,51	špatně vytríděný	střed koryta, nad akumulací	N
	9	-4,7	2,11	velmi špatně vytríděný	střed koryta, nad akumulací	N
	10	-1,4	1,86	špatně vytríděný	lavičky pod akumulací	N
	11	-1,2	2,13	velmi špatně vytríděný	tůň před akumulací	A
	12	-5,8	1,06	špatně vytríděný	rovný úsek před akumulací	N
	13	-2,3	2,01	velmi špatně vytríděný	tůň za akumulací	A
14	-6,8	0,84	slabě vytríděný	tůň pod stupněm	A	
15	-0,9	1,29	špatně vytríděný	tůň před akumulací, proudnice	N	
16	0,6	1,17	špatně vytríděný	korytko	N	
17	-6,0	0,95	slabě vytríděný	lavičky, pokračování ostrova za velkou akumulací	N	

Ze studia morfologických účinků říčního dřeva v korytě Černé Opavy vyplývá, že dřevo má převážně bioerozivní a v menší míře i bioprotektivní účinek. Přímý erozivní účinek se projevuje vznikem tůň pod kládovými stupni, eventuálně tvorbou méně výrazných tůň

před dřevními akumulacemi. Nepřímý erozní účinek vyplývá ze zúžení průtočného profilu a stabilizace břehů živými stromy nebo říčním dřevem, což vede k lokální akceleraci hloubkové eroze a formování tůní. Bioprotektivní účinek se projevuje depozicí jemnozrnějších sedimentů za překážkami tvořenými individuálními kusy dřeva nebo v chráněných místech mezi dřevními akumulacemi. Samotný vznik větvení Černé Opavy, které se utvořilo během povodně v roce 1997, byl do značné míry ovlivněn přítomností lesa rostoucího na údolním dně. Při povodni nastal odtok nivou a poloha nově utvořených koryt byla mimo jiné determinována rozmístěním stromů v porostu. Povodní vyvrácené stromy pak následně ovlivnily charakter proudění a lokalizaci erozně-akumulačních procesů. Při povodních rovněž dochází k plavení menších kusů dřeva a jejich sdružování do dřevních akumulací, které mají následně velký formativní vliv na morfologii koryta.

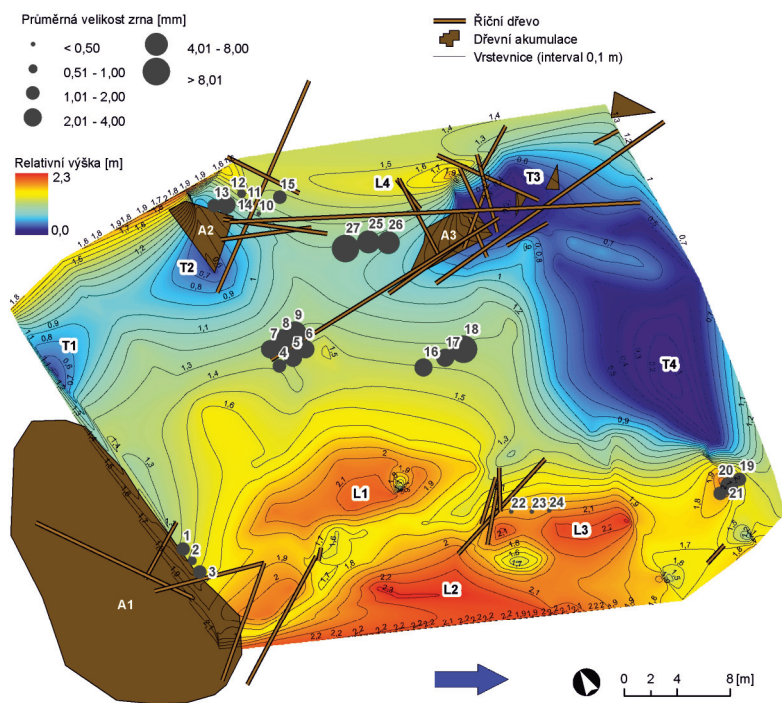
Z prostého porovnání průměrných hodnot M_z a σ_1 dnových splavenin na korytových formách ovlivněných a neovlivněných říčním dřevem vyplývá, že místa s působením dřeva mají jemnozrnější a lépe vytríděné sedimenty. Rozdíl mezi průměry je však u obou charakteristik statisticky nevýznamný. To však lze alespoň částečně přičítat skutečnosti, že dřevo podmiňuje vznik jak erozních (tůně), tak akumulačních (lavice) forem, na kterých probíhá proces zrnitostní diference sedimentů ve značně odlišných hydraulických podmínkách. Pro separátní posouzení erozních a akumulačních forem generovaných přítomností dřeva se však nepodařilo získat dostatečně velký datový soubor. Z převažující polohy jemnozrnějších a lépe vytríděných vzorků výše nad úroveň průměrného průtoku vyplývá, že říční dřevo se uplatňuje při zachytávání jemnozrného materiálu spíše za vyšších vodních stavů (při povodních). Významným efektem dřeva je zvýraznění horizontálního gradientu v zrnitosti sedimentů. V segmentu 2 byla nad kládovým stupněm zjištěna průměrná velikost zrna 3 mm, pod stupněm pak 57 mm (vzdálenost odběru vzorků 2 m). Podobně v tůni nad dřevní akumulací byla průměrná zrnitost 2 mm, v tůni pod akumulací ale 111 mm (vzdálenost odběru vzorků 15 m). Pro srovnání v blízké tůni bez přímého vlivu dřeva byla zaznamenána průměrná velikost zrna 32 mm. Z výše uvedeného je zřejmé, že dřevo v podobě kládových stupňů podporuje retenci jemnozrného materiálu na straně proti proudu a akceleruje erozi a hrubnutí sedimentů na straně po proudu. Srovnání zrnitostních křivek vybraných vzorků ovlivněných a neovlivněných působením říčního dřeva je prezentováno na obr. 7.12.



Obr. 7.12: Zrnitostní křivky vzorků dnových splavenin odebraných v segmentu 1 (a) a segmentu 2 (b) z koryta Černé Opavy. Segment 1, vzorek č.: 2 – tůň před dřevní akumulací, 5 – tůň v proudnici bez vlivu dřeva, 10 – brodový úsek se dřevem, 1 – brodový úsek bez dřeva. Segment 2, vzorek č.: 1 – dno nad kládovým stupněm, 5 – dno pod kládovým stupněm, 11 – tůň nad dřevní akumulací, 14 – tůň pod dřevní akumulací, 6 – tůň neovlivněná dřevem.

Morava - Litovelské Pomoraví

Pro detailní geomorfologickou a sedimentologickou analýzu účinků říčního dřeva byly dále vybrány dva segmenty řeky Moravy v Litovelském Pomoraví. Ve zdejší území můžeme identifikovat segmenty morfologicky velice pestré a naopak segmenty, kde je koryto málo proměnlivé. Výzkumu byly podrobeny segmenty relativně pestré s vysokým množstvím říčního dřeva. Metodicky byl tento výzkum pojat totožně jako v případě Černé Opavy.



Obr. 7.13: Morfologie koryta, poloha říčního dřeva a průměrná zrnitost dnových splavenin v segmentu 1, Morava - Litovelské Pomoraví, červenec 2009.

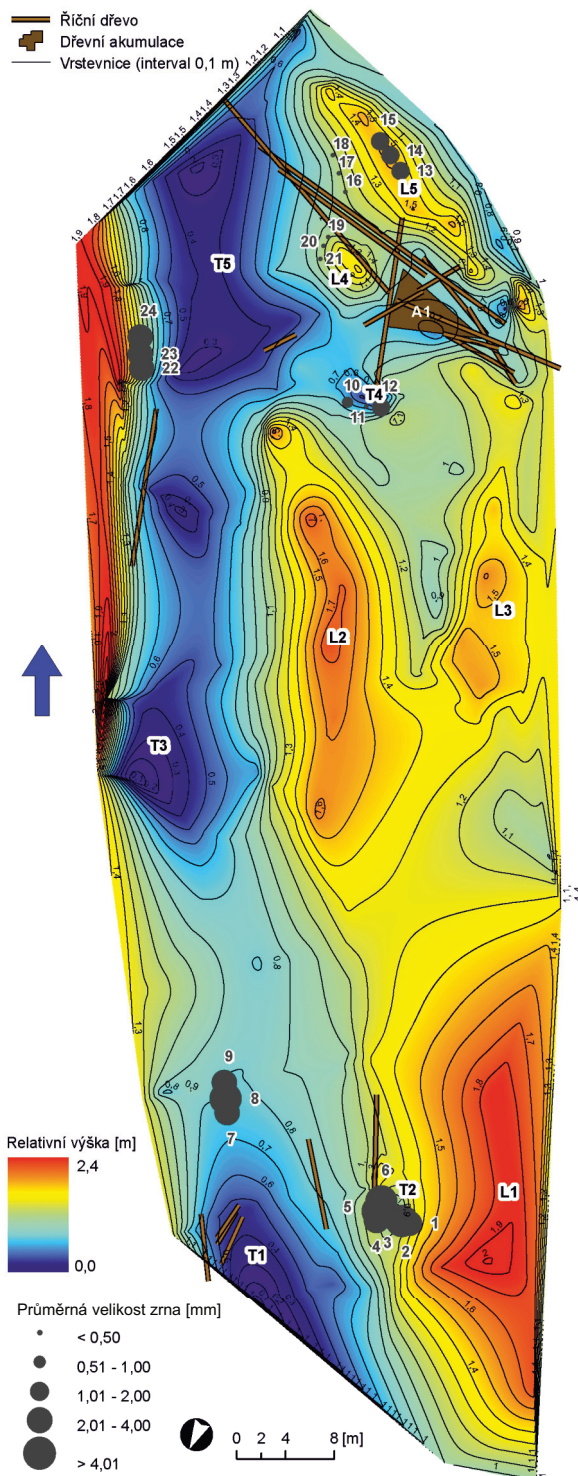
V segmentu 1 je zřetelný vliv říčního dřeva na vznik tůň T2 a T3. Výraznější je tůň T3, která pak již bezprostředně navazuje na jesešní lavici a bez říčního dřeva by s největší pravděpodobností nevznikla. V místě tůň T3 je rozsáhlé nakupení velkých kusů, které jsou stabilní a energii proudu odklání zejména vůči dnu. V případě tůň T2 se uplatňuje především rozsáhlý kořenový bal a nachytaný jemný materiál, který způsobuje erozi proudu a na svých okrajích. U tůň T1 má marginální vliv rozsáhlá akumulace A1, která zřejmě jen mírně zvýraznila přirozené utvoření tůň. Tůň T4 nemá na říční dřevo žádnou návaznost. Je tedy vidět, že erozivními účinky se projevují zejména velké kusy říčního dřeva. Tůň ovlivněné dřevní hmotou mají relativní hloubku vůči svému okolí od 0,4 do 0,8 m. Na této lokalitě bylo také možno pozorovat lokální výmoly s relativní hloubkou 0,4 - 0,5 m a plochou jednotek m². Tyto výmoly jsou patrné mezi lavicemi L2 a L3 a také za lavicí L1. Souvislost s říčním dřevem je nejistá. Oproti erozivním procesům, rozsáhlá akumulace A1 s velkou pravděpodobností zapříčinila vznik lavice L1 a částečně lavice L2. V proudovém stínu za touto velkou akumulací dochází k nucené sedimentaci materiálu v důsledku poklesu unášecí schopnosti vody. Lavice L3 vznikla v proudovém stínu čtyř kusů dřeva ležících bezprostředně proti proudu. Lavice L4 není nikterak výrazná, nicméně lze předpokládat, že vznikla působením říčního dřeva, poněvadž leží u nárazového břehu a lze očekávat, že v podmínkách bez přítomnosti říčního dřeva by se nevytvořila.

Topografické modely dna v segmentech Moravy ukazují obrázky 7.13 a 7.14. Z celkové plochy 1746 m² segmentu 1 tvoří erozní plochy (tůň) 328 m² a akumulací plochy (lavice) 168 m². Ve druhém segmentu tvoří erozní plochy 80 m² a akumulací 145 m². Druhý segment je plošně rozsáhlejší a říční dřeva je poměrně řídké, vázáno víceméně pouze na dvě vzájemně vzdálená místa, proto je i celková ovlivněná plocha menší. Výše uvedené rozlohy jednotlivých typů ploch vyjadřují plochy, u nichž je předpokládáno ovlivnění říčním dřevem. Celkové rozlohy tůň a lavic jsou větší.

Ve druhém segmentu je erozivní působení říčního dřeva velice omezené. Projevuje se víceméně jen v případě tůň T1, kde má však větší význam nakloněný strom nežli mrtvé říční dřevě ležící v korytě. Relativní hloubka této tůně je asi 0,5 m. Tůň T2 má spíše podobu výmolu, na jehož utváření se říční dřevě podílelo. Dřevní hmota tvoří její ohrazení vůči korytu a zabraňuje tak jejímu spojení se zbytkem koryta. Plocha této tůně činí 20 m² a hloubka 0,4 m (viz obr. 7.14). Plošně malou tůň T4 s relativní hloubkou cca 0,3 m je možno spojit s působením dvou pařezů. Z lavic ležících v segmentu souvisí s působením dřeva pouze lavice L4 a L5. Ty vznikly sedimentací za středně velkou akumulací a mohutnými kmeny.

Průměrná zrnitost M_z odebraných vzorků se pohybovala od - 4 do 1,9 Φ (střední štěrk až střednozrný písek). Dnové sedimenty v místech, u nichž je předpokládáno ovlivnění říčním dřevem, jsou mírně hrubší ($M_z = 2,9$ mm) než na místech neovlivněných ($M_z = 2,5$ mm). Statisticky významný rozdíl mezi těmito dvěma soubory není. V segmentu 1 je nejjemnější materiál vázán na akumulací formy s tím, že největší vliv na zjemnění sedimentů má rozsáhlá akumulace A1. Jemný materiál je možno též pozorovat i za akumulací A2. Stejně účinky lze sledovat i v segmentu 2. Naproti tomu nejhrubší materiál se nachází v tůních a také ve dřevě neovlivněných částech koryta. V proudových stínech za akumulacemi a velkými kmeny lze pozorovat z hlediska segmentu středně hrubý substrát. Základní údaje o dnovém substrátu studovaných segmentů ukazuje tabulka 7.2.

Dále byl u jednotlivých vzorků sledován stupeň vytrídění σ_1 ve vztahu k průměrné velikosti zrn (viz obr. 7.15). Vytrídění vzorků se pohybuje od 0,6 do 3,0 Φ , převažují sedimenty slabě až velmi špatně vytríděné (47 vzorků) a pouze 4 vzorky jsou středně vytríděné. Nejnížší stupeň vytrídění byl zaznamenán u frakcí drobný štěrk a hrubozrný písek, míra vytrídění se zvyšuje směrem k hrubším i jemnozrnějším frakcím. Tento průběh je podobný u obou zájmových segmentů koryta. Středně vytríděné vzorky jsou vázány na působení říčního dřeva. Je tedy možno říci, že na Moravě přispívá říční dřevě k lepšímu vytrídění dnového substrátu.

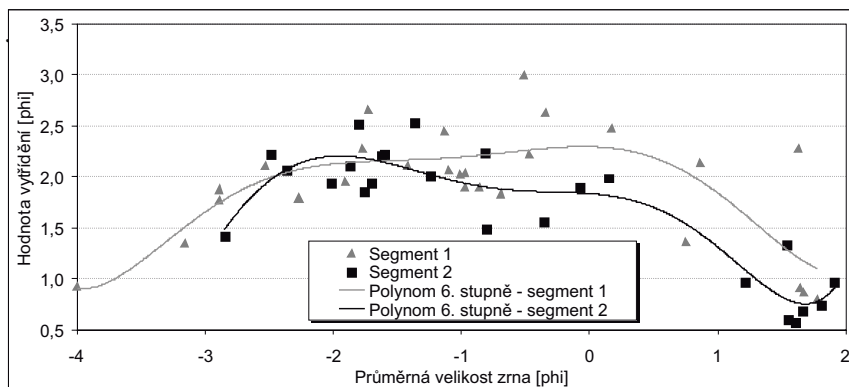


Obr. 7.14: Morfologie koryta, poloha říčního dřeva a průměrná zrnitost dnových splavenin v segmentu 2, Morava - Litovelské Pomoraví, červenec 2009.

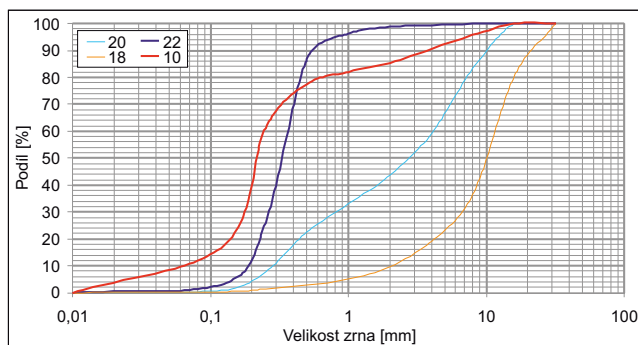
Tab. 7.2: Základní sedimentologické charakteristiky dnových splavenin (průměrná velikost zrna, vyřídění), jejich vazba na dnové formy a rozmístění říčního dřeva ve dvou segmentech koryta Moravy, červenec 2009.

	Vzorek	M_z [Φ]	σ_1 [Φ]	Vyříděnost	Popis místa	Souvislost s říčním dřevem
Segment 1	1	-0,5	2,2	velmi špatně vyříděný	tůň za akumulací	A
	2	0,8	1,4	špatně vyříděný	tůň za akumulací	A
	3	-0,9	1,9	špatně vyříděný	tůň za akumulací	A
	4	-1,0	2,0	velmi špatně vyříděný	paralelně s ŘD, proudnice	A
	5	-1,1	2,5	velmi špatně vyříděný	paralelně s ŘD, proudnice	A
	6	-1,7	2,7	velmi špatně vyříděný	paralelně s ŘD, proudnice	A
	7	-1,9	1,9	špatně vyříděný	vedle kořenového balu	A
	8	-2,5	2,1	velmi špatně vyříděný	vedle kořenového balu	A
	9	-2,3	1,8	špatně vyříděný	vedle kořenového balu	A
	10	1,6	2,3	velmi špatně vyříděný	hřbet mezi tůněmi	N
	11	0,2	2,5	velmi špatně vyříděný	hřbet mezi tůněmi	N
	12	0,9	2,1	velmi špatně vyříděný	hřbet mezi tůněmi	N
	13	-0,5	3,0	velmi špatně vyříděný	tůň	A
	14	-1,8	2,3	velmi špatně vyříděný	tůň	A
	15	-0,3	2,6	velmi špatně vyříděný	tůň	A
	16	-1,0	2,0	velmi špatně vyříděný	dřevem neovlivněná část koryta	N
	17	-1,4	2,1	velmi špatně vyříděný	dřevem neovlivněná část koryta	N
	18	-3,2	1,3	špatně vyříděný	dřevem neovlivněná část koryta	N
	19	-1,0	1,9	špatně vyříděný	centrální lavice	N
	20	-1,1	2,1	velmi špatně vyříděný	centrální lavice	N
	21	-0,7	1,8	špatně vyříděný	centrální lavice	N
	22	1,7	0,9	slabě vyříděný	tišina za dřevem	A
	23	1,6	0,9	slabě vyříděný	tišina za dřevem	A
	24	1,8	0,8	slabě vyříděný	tišina za dřevem	A
	25	-2,9	1,9	špatně vyříděný	dřevem ovlivněná část koryta	A
	26	-2,9	1,8	špatně vyříděný	dřevem ovlivněná část koryta	A
	27	-4,0	0,9	slabě vyříděný	dřevem ovlivněná část koryta	A
Segment 2	1	-1,9	2,1	velmi špatně vyříděný	tůň na jesepním břehu	A
	2	-2,4	2,1	velmi špatně vyříděný	tůň na jesepním břehu	A
	3	-1,4	2,5	velmi špatně vyříděný	tůň na jesepním břehu	A
	4	-1,6	2,2	velmi špatně vyříděný	okraje tůně na jesepním břehu	A
	5	-2,0	1,9	špatně vyříděný	okraje tůně na jesepním břehu	A
	6	-2,8	1,4	špatně vyříděný	okraje tůně na jesepním břehu	A
	7	-1,8	1,9	špatně vyříděný	koryto neovlivněné dřevem	N
	8	-2,5	2,2	velmi špatně vyříděný	koryto neovlivněné dřevem	N
	9	-1,2	2,0	velmi špatně vyříděný	koryto neovlivněné dřevem	N
	10	0,2	2,0	špatně vyříděný	tůň	N
	11	1,2	1,0	slabě vyříděný	tůň	N
	12	-0,8	2,2	velmi špatně vyříděný	tůň	N
	13	-0,8	1,5	špatně vyříděný	lavice za akumulací	A
	14	-0,1	1,9	špatně vyříděný	lavice za akumulací	A
	15	-0,4	1,6	špatně vyříděný	lavice za akumulací	A
	16	1,9	1,0	slabě vyříděný	lavice za akumulací	A
	17	1,8	0,7	slabě vyříděný	lavice za akumulací	A
	18	1,5	1,3	špatně vyříděný	lavice za akumulací	A
	19	1,7	0,7	středně vyříděný	tišina za kořenovým balem	A
	20	1,6	0,6	středně vyříděný	tišina za kořenovým balem	A
	21	1,5	0,6	středně vyříděný	tišina za kořenovým balem	A
	22	-1,8	2,5	velmi špatně vyříděný	jesepní lavice	N
	23	-1,7	1,9	špatně vyříděný	jesepní lavice	N
	24	-1,6	2,2	velmi špatně vyříděný	jesepní lavice	N

Zřetelným projevem přítomnosti říčního dřeva je zvýraznění horizontálního gradientu zrnitosti dnového substrátu. V segmentu 1 byla analyzována místa, která jsou relativně blízko u sebe, ale liší se mírou ovlivnění říčním dřevem. Dvě lavice ve skutečnosti vzdálené 15 m a ležící ve stejné, levé části koryta mají značně odlišnou zrnitost materiálu, jenž je tvoří. Materiál lavice bez vlivu dřeva má průměrnou zrnitost 2,1 mm, kdežto lavice bezprostředně za dřevem má $M_z = 0,3$ mm (viz zrnitostní křivky 20 a 22 na obrázku 7.16). V případě neovlivněné části koryta v místech proudnice činí M_z 8,9 mm, kdežto u nárazového břehu v místech potenciální proudnice je M_z pouze 2,1 mm (vzorky 18 a 10, obr. 7.16). Tato místa jsou vzdálená 20 m. V tomto místě se uplatňují kmeny a zejména akumulace A2. Je tedy možno konstatovat, že materiál pod vlivem říčního dřeva je



Obr. 7.15: Vztah průměrné velikosti zrna M_z a stupně vyřídění σ_1 vzorků dnových splavenin ve dvou segmentech koryta Moravy v Litovelském Pomoraví, červenec 2009.



Obr. 7.16: Zrnitostní křivky vzorků dnových splavenin odebraných v segmentu 1, vzorek č.: 20 – centrální lavice neovlivněná říčním dřevem, 22 – centrální lavice pod vlivem říčního dřeva, 18 – dřevem neovlivněná část koryta, v proudnici, 10 – dřevem ovlivněná část koryta, blízkost nárazového břehu, za podmínek bez dřeva by probíhala těmito místy proudnice.

7.2 Porovnání malakofauny vybraných lokalit pořičních niv Moravy, Dyje a Svatky

V rámci řešení biogeografických aspektů říčního dřeva byla provedena komparační studie zkoumaných segmentů pořičních niv Moravy (CHKO Litovelské Pomoraví), Dyje (NP Podyjí) a Svatky (CHKO Žďárské vrchy) s cílem podat jejich biogeografickou charakteristiku a na základě studia bioty (rostlinné a modelových skupin živočišné složky ekosystémů) provést srovnání uvedených segmentů krajiny. Těžiště práce spočívalo v hodnocení živočišné složky, ze které byla vybrána jako modelová skupina měkkýši (*Mollusca*), kterou, vzhledem k jejím ekologickým nárokům, lze pokládat pro podobná studia za jednu z nejvhodnějších. V tomto ohledu navazujeme na dřívější výzkumy z Litovelského Pomoraví a Podyjí (Ložek a Vašátko, 1997; Vašátko, 2000).

Zkoumané segmenty niv

Zkoumané území na řece Moravě se nachází v těsné blízkosti obce Střeň v úseku, nad silničním mostem, dlouhém 780 m v CHKO Litovelské Pomoraví. Z hlediska biogeografického členění je možné tento úsek zařadit do biochory 3Lh široké hlinité nivy. Zkoumané území na řece Dyji se rozkládá v NP Podyjí v okolí lokality Devět mlýnů podél meandru Šobes a jeho celková délka je 1800 m. Toto území náleží do biochory 2UR výrazná údolí v kyselých plutonitech v suché oblasti. Zkoumané území na řece Svatce se nachází v lesním komplexu nad obcí Herálec v biochorách 5Do podmáčené sníženiny na

kyselých horninách a 5PS pahorkatiny na kyselých metamorfitech v CHKO Žďárské vrchy. Jde tedy o značně rozdílné typy krajiny (Culek *et al.*, 2005).

Zkoumaný úsek řeky Moravy náleží z hlediska biogeografického členění (Culek *et al.*, 1996) do Litovelského bioregionu (1.12); výraznou částí tohoto bioregionu je právě široká niva řeky Moravy. Převažuje zde 3. dubobukový vegetační stupeň, v některých částech se setkáváme ještě s geobiocenózami 2. a vzácně 1. vegetačního stupně. Tato skutečnost je odrazem klimatických podmínek. Celý bioregion se nachází ve smyslu Quittova klimatického členění (Quitt, 1971) v oblasti teplé (T2), severní výběžky a Mohelnická brázda zasahují do oblasti mírně teplé (MT2). Pokud jde konkrétně o zkoumanou oblast nivy řeky Moravy u obce Střeň, lze říci, že má charakter teplé oblasti T2 a je ji možno zařadit do 2. bukodubového vegetačního stupně. Jedná se o širokou nivu rozkládající se v nadmořských výškách v rozmezí 210–300 m n. m. (v zájmovém území pak 225–230 m n. m.). Půdy ve studovaném území lze charakterizovat jako glejové fluvizemě. Mimo nivu jsou nejhojnější hnědozemě na spraších a pseudoglejové luvizemě na sprašových hlínách.

Zkoumané území podél řeky Dyje je situováno z biogeografického hlediska do Jevišovického bioregionu (1.23) ležícího v okrajové pahorkatině Hercynika na západě jižní Moravy a v podstatě se kryje s geomorfologickým celkem Jevišovická pahorkatina. Klimatické podmínky tohoto území odpovídají oblasti mírně teplé (MT11), přičemž samo zkoumané území nacházející se v jihovýchodní části bioregionu náleží do teplé oblasti (T2), v čemž se shoduje se zkoumaným územím v Litovelském Pomoraví. Jde o nivu řeky Dyje, která je zde poměrně úzká, půdní pokrývka je tvořena mozaikou různých půd s plochami litozemí a rankerů.

Třetí oblast se nachází na Českomoravské vrchovině v potoční nivě horního úseku řeky Svatky v blízkosti obce Kocanda. Toto území patří do Žďárského bioregionu (1.65). Tento bioregion je ze zkoumaných území nejchladnější. Převažuje zde 5. jedlobukový vegetační stupeň a z hlediska Quittovy klimatické regionalizace náleží území většinou do oblasti chladné (CH7).

Metodika

Pro charakteristiku vegetační složky bylo využito typologických map v měřítku 1:10 000 a přímého pozorování na plochách, kdy byly zaznamenány dominantní druhy rostlin. Při výzkumu měkkýšů jako modelové živočišné složky ekosystému bylo postupováno obvyklou metodikou, tzn. materiál byl sbírán ručně z povrchu kůry stromů, z tlejícího dřeva, z povrchu půdy a z rostlin. Pro zjištění drobných druhů byla využita metodika odběru hrabankových vzorků, které byly po vysušení rozplaveny, výplav byl znovu vysušen a pak materiál drobných ulitek byl vybrán, tříděn a určován. Determinace byla provedena podle práce Ložek (1956) a příručky Kerney *et al.* (1983). Zjištěné druhy měkkýšů pak byly zařazeny do ekologických skupin podle Lisického a Horsáka (Lisický, 1991; Vašátko a Horsák, 2000). V oblasti Litovelského Pomoraví bylo zvoleno 6 ploch tak, aby vystihovaly charakter zkoumaného území. V oblasti Podyjí bylo zvoleno 9 ploch, v oblasti Českomoravské vrchoviny v nivě horního toku Svatky byl výzkum proveden na 8 plochách.

Výsledky a diskuze

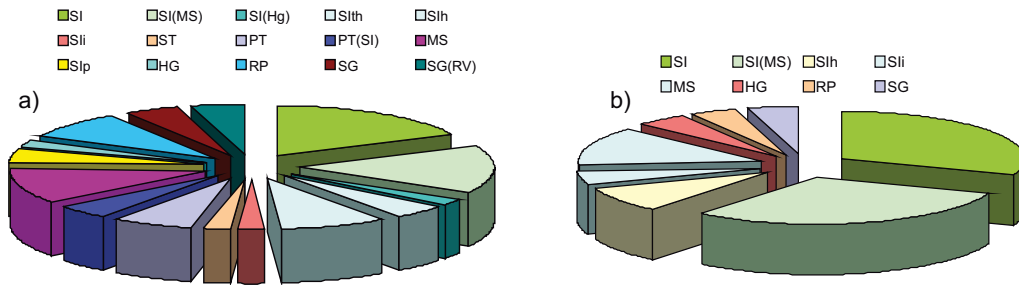
Srovnáme-li faunu měkkýšů zkoumaných území, je zřejmé, že se charakter krajiny odráží v měkkýší fauně říčních niv toků protékajících segmenty těchto krajin (viz tab. 7.3 a obr. 7.17). Segment nivy řeky Dyje podél meandru Šobes byl poměrně druhově bohatý. Bylo zjištěno celkem 45 druhů náležejících celkem k 15 ekoelementům. Zde, zejména na lokalitách č. 1 a 2, byly zastoupeny druhy lesní v úzkém slova smyslu jako např. *Monachoides incarnatus*, *Cochlodina laminata*, *Sphyradium doliolum*. Dále byly

zjištěny druhy *Aegopis verticillus* a *Isognomostoma isognomostomos*. Tyto druhy se však vyskytly pouze jednotlivě, pocházejí z blízkého okolí mimo nivu. Také druhy lesní v širším slova smyslu byly významně zastoupeny. Jsou to *Alinda biplicata* a *Arianta arbustorum*, které patří k druhům často se vyskytujícím společně s druhem *Cochlodina laminata* v lužních ekosystémech. Poměrně hojně byly zastoupeny druhy *Discus rotundatus* a *Macrogastra ventricosa*. Významně se vyskytovaly druhy označované jako hygrikolní silvikoly charakteristické pro mokré a zamokřené lesní biotopy jako je *Clausilia pumila* a *Urticicola umbrosus* a nechyběl tu ani druh charakteristický pro lužní lesy a močály *Perforatella bidentata*. Z druhů mesikolních se vyskytuje např. *Cochlicopa lubrica* či *Trichia hispida*, nechyběly ani ripikolní druhy (tj. druhy břehových biotopů) *Carychium minimum* a *Succinea putris*. Překvapujícím se zdá výskyt druhů otevřené krajiny – stepikolního *Cecilioides acicula*, a druhů patentikolních, tj. těch, jež se lesům přímo vyhýbají a žijí na suchých biotopech, jako jsou *Pupilla muscorum*, *Vallonia pulchella* a *Vertigo pygmaea*. Tyto druhy pocházejí z blízkého okolí – exponovaných a výslunných svahů přímo nad řekou.

Tab. 7.3: Druhové spektrum a ekologická charakteristika druhů měkkýšů nalezených v nivách Dyje, Moravy a Svatky.

Ekol. char.	Druh	A	B	C	A1	B1	C1
1	SI	<i>Aegopinella cf. epipedostoma</i>	I				
1	SI	<i>Aegopis verticillus</i> (Férussac 1819)	I				
1	SI	<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu 1803)	I	I			
1	SI	<i>Discus perspectivus</i> (V. Mühl)		I			
1	SI	<i>Isognom. isognomostomos</i> (Schr. 1784)	I				
1	SI	<i>Monachoides incarnatus</i> (Müller 1774)	I				
1	SI	<i>Oxychilus depressus</i> (Strecki 1880)			8	3	
1	SI	<i>Petasina unidentata unid.</i> (Drap. 1805)	I				
1	SI	<i>Ruthenica filigrana</i> (Rossmässler 1836)	I				
1	SI	<i>Semilimax semilimax</i> (Férussac 1802)	I				
1	SI	<i>Malacolimax tenellus</i> (O.F. Müller 1774)			I		1
1	SI	<i>Sphyradium doliolum</i> (Brugière 1792)	I				
2	SI(MS)	<i>Alinda biplicata</i> (Montagu 1803)	I	I			
2	SI(MS)	<i>Cepaea hortensis</i> (O.F. Müller)		I			
2	SI(MS)	<i>Arianta arbustorum</i> (Linné 1758)	I	I			
2	SI(MS)	<i>Discus rotundatus</i> (Müller 1774)	I	I			
2	SI(MS)	<i>Limax cinereoniger</i> (Wolf)		I	I	7	7
2	SI(MS)	<i>Fruticicola fruticum</i> (Müller 1774)	I	I			
2	SI(HG)	<i>Vitrea crystallina</i> (Müller 1774)	I			1	
2	SIth	<i>Aegopinella minor</i> (Stabile 1864)	I			2	
2	SIth	<i>Helix pomatia</i> (Linné 1758)	I	I			
3	SIh	<i>Clausilia pumila</i> (Pfeiffer 1828)	I	I			
3	SIh	<i>Macrogastra ventricosa</i> (Drap. 1801)	I			4	2
3	SIh	<i>Urticicola umbrosus</i> (C. Pfeiffer 1828)	I				
3	SIi	<i>Perforatella bidentata</i> (Gmelin 1791)	I	I		1	1
4	ST	<i>Cecilioides acicula</i> (Müller 1774)	I			1	
5	PT	<i>Pupilla muscorum</i> (Linné 1758)	I				
5	PT	<i>Pupilla sterri</i> (Voith 1840)					
5	PT	<i>Truncatellina cylindrica</i> (Fér. 1807)					
5	PT	<i>Vallonia pulchella</i> (Müller 1774)	I			3	
5	PT	<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud 1801)	I				
5	PT(SI)	<i>Vallonia costata</i> (Müller 1774)	I			2	
7	MS	<i>Arion lusitanicus</i>		I	I		
7	MS	<i>Cochlicopa lubrica</i> (Müller 1774)	I	I			
7	MS	<i>Oxychilus cellarius</i> (Müller 1774)	I				
7	MS	<i>Trichia hispida</i> (Linné 1758)	I	I		5	3
7	SIp	<i>Clausilia dubia</i> (Draparnaud 1805)	I				
7	SIp	<i>Helicigona lapicida</i> (Linné 1758)				1	
8	HG	<i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud 1801)	I	I		1	1
9	RP	<i>Carychium minimum</i> (Müller 1774)	I				
9	RP	<i>Pseudotrichia rubiginosa</i> (Rssm. 1838)	I				
9	RP	<i>Oxytoma elegans</i> (Risso 1826)	I			4	1
9	RP	<i>Succinea putris</i> (Linné 1758)	I	I	I		1
9	RP	<i>Zonitoides nitidus</i>		I			
10	SG	<i>Gyraulus cf. laevis</i> (Alder 1838)	I				
10	SG	<i>Gyraulus albus</i> (O.F. Müller 1774)	I			2	1
10	SG-RV	<i>Radix peregra</i> (Müller 1774)	I				
10	SG-RV	<i>Lymnaea truncatula</i>		I		2	

Legenda: SI = lesní druhy s.str., SI(MS) = lesní druhy s.l., SI(Hg) = lesní druhy hygrikolní, SIth = křovištní druhy, SIh = silně hygrofilní druhy vyskytující se v zaplavovaných částech niv, ST = druhy otevřené krajiny, PT = patentikolní druhy - druhy vyhýbající se lesu - silvířobní, PT(SI) = jediný druh, který se může vyskytovat v podmínkách řídkého zápoje, MS = druhy euryvalentní, SIp = mesikolní druhy žijící na skalách i v lese, HG = druhy silně vázané na vlhkost, které nejsou bezprostředně vázané na vodu, RP = druhy ripikolní vyskytující se v břehových biotopech, SG = druhy stojatých vod. Ekologická charakteristika podle Ložek (1964), Lisický, (1991), upraveno podle Horskáka (2000) in Vašátko a Horskák (2000). A = přítomnost druhu, A1 = počet zjištěných druhů v NP Podýjí; B, B1 = dtto Litovelské Pomoraví, C, C1 = dtto Svatka u Kocandy.



Obr. 7.17: Zastoupení druhů měkkýšů podle ekologických charakteristik v zájmových úsecích Dyje (a) a Moravy - Litovelské Pomoraví (b), vysvětlivky viz tab. 7.3.

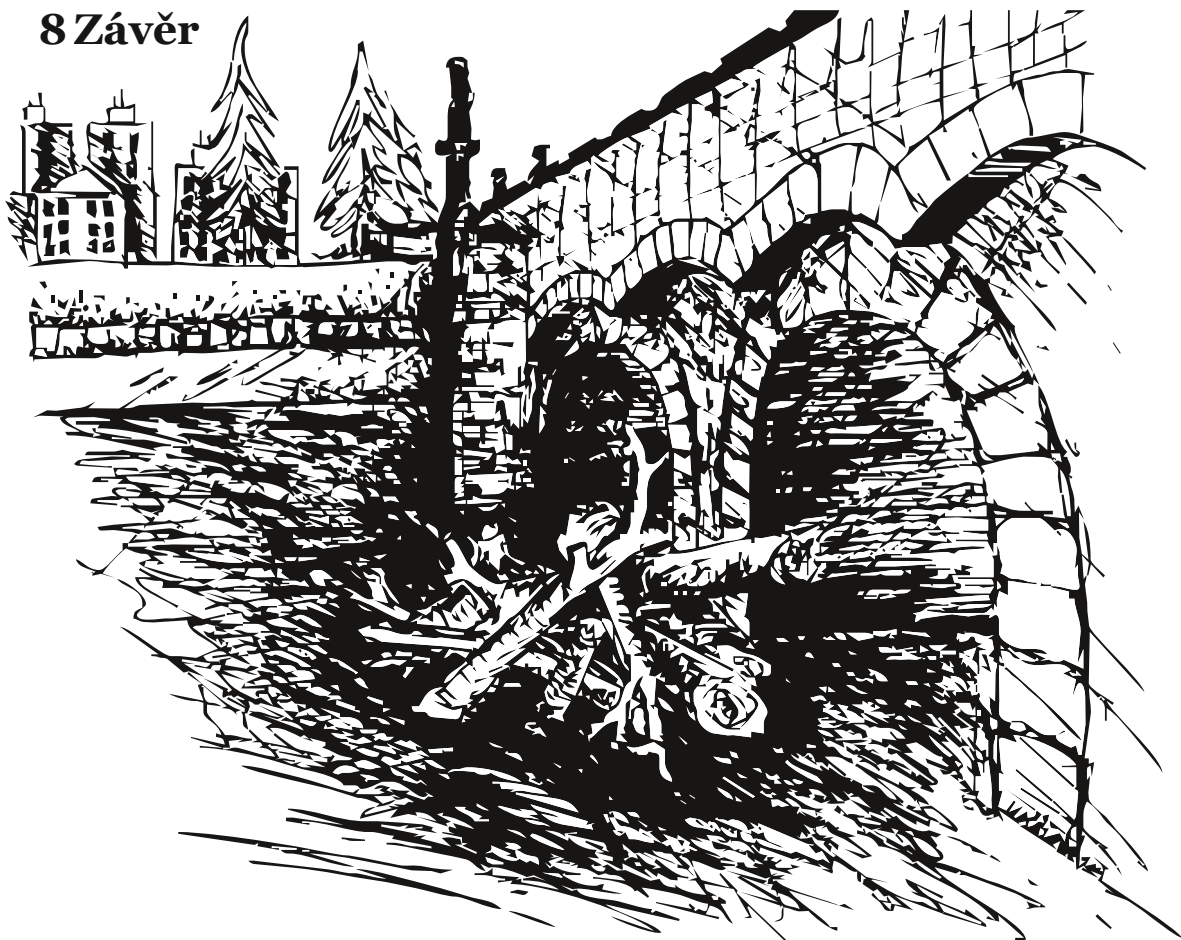
Oblast segmentu nivy řeky Moravy u obce Střeň nebyla druhově tak pestrá a bohatá jako předcházející. Zde bylo zjištěno pouze 23 druhů. Také zde byla většina druhů lesních, 7 z nich patřilo ke skupině druhů lesních *sensu stricto*, to znamená lesních druhů v úzkém slova smyslu a druhá skupina (10 druhů) patřila k lesním druhům vázaným na různé typy ekotopů, zejména na ekotopy vlhké a zamokřené, tj. takové, které se vyskytují v nivních ekosystémech. Kromě obvyklého druhu *Arianta arbustorum* jsou to zejména druhy *Perforatella bidentata*, *Clausilia pumila*, *Succinea putris*, *Succinella oblonga* a *Zonitoides nitidus*. Při výzkumu byl zjištěn také invazní druh *Arion lusitanicus*, který se, zejména v roce 2009, vyskytoval ve velkém množství.

Pokud jde o třetí zkoumanou oblast potoční nivy horního úseku řeky Svratky v blízkosti obce Kocanda, je třeba říci, že byla v době výzkumu na měkkýše velmi chudá. Přestože Žďárské vrchy hostí celou řadu vodních i terestrických měkkýšů (bylo zde zjištěno celkem 101 druhů měkkýšů (Drvotová *et al.*, 2008)), sběry, které byly provedeny v potoční nivě řeky Svratky, byly druhově velmi chudé. Je třeba říci, že se zde uplatnil vliv kyselého geologického substrátu, který je pro tuto živočišnou skupinu málo vhodný. Většinou zde byly zjištěny druhy lesní. Šlo zejména o několik druhů nahých plžů, pouze v břehových travních porostech se vyskytovala jantarka obecná (*Succinea putris*). Vzhledem k této skutečnosti nebyly výsledky druhové inventarizace zpracovány graficky. Kromě nivního biotopu byl sběr proveden také na úbočí Žákovy hory, kde byl sběr úspěšnější. Výsledky zde ale neuvádíme, protože šlo o segment krajiny ležící mimo potoční nivu.

Závěr

Z uvedeného vyplývá, že typ krajiny ovlivňuje charakter nivy vodního toku. Sledovaný úsek v Litovelském Pomoraví má charakter široké nivy s příslušnými skupinami typů geobiocénů typických pro rovinatou krajinu. V Podyjí, kde řeka Dyje protéká hlubokým údolím, je její niva poměrně úzká a vegetace má v některých úsecích toku pouze charakter úzkých břehových porostů bezprostředně navazujících na lesní geobiocenózy údolních svahů. Také se zde již projevují vlivy inverze klimatu, což se odráží i v druhovém složení rostlinné a živočišné složky příslušných ekosystémů. Sledovaná modelová skupina živočichů – měkkýši – se vyznačuje vyšší druhovou diverzitou než v Litovelském Pomoraví. Byly zde zjištěny druhy jiných ekotopů, které se v nivách řek nevyskytují. Jde zejména o druhy otevřené krajiny tzv. patentikolní, které se lesním geobiocenózám přímo vyhýbají. Je to např. *Pupila muscorum*, *Pupilla sterri*, *Vallonia pulchella* a další. Ty sem byly pravděpodobně spláchnuty z enkláv stepních lad exponovaných svahů. Jde často o druhy zranitelné nebo téměř zranitelné z hlediska ochrany přírody. Jinak se i zde vyskytují druhy typické pro nivní ekosystémy. Jsou to zejména měkkýši jako je *Urticicola umbrosus*, *Perforatella bidentata*, *Clausilia pumila* a ripikolní druhy *Carychium minimum* a *Pseudotrichia rubiginosa*.

8 Závěr



Projekt „Environmentální význam mrtvého dřeva v říčních ekosystémech“ (GA ČR, reg. č. 205/08/0926) byl zaměřen na postižení strukturálních, dynamických a funkčních charakteristik říčního dřeva. Vzhledem k tomu, že v hustě osídlené a intenzivně využívané krajině střední Evropy je dřevo z řek systematicky odstraňováno, nebylo možné zkoumat říční dřevo v prostorovém měřítku povodí. Naše výzkumné aktivity se proto soustředily na kratší úseky vybraných vodních toků, kde se dřevo vyskytuje ve větším množství. Výjimkou byla pouze dílčí studie na řece Morávce, která postihla celý tok od pramene po ústí (kap. 7.1). Jednalo se o menší i větší vodní toky, převážně na území Moravy – Černou Opavu, Dyji, Lužnici, Moravu (Litovelsko, Strážnicko), Morávku a Svatku. Takovéto úseky lze převážně najít ve zvláště chráněných územích přírody, případně také v povodněmi renaturalizovaných úsecích řek.

Z vytyčených výzkumných témat byly nejvíce rozpracovány strukturální aspekty. Na zkoumaných říčních úsecích bylo podrobně popsáno množství (počet, objem), rozměry, vitalita (živost), zachovalost (přítomnost větví, kořenové balu a kůry), prostorová pozice (orientace, sklon, příslušnost ke korytovým zónám, kontakt se břehem) kusů říčního dřeva. Strukturální charakteristiky říčního dřeva byly konfrontovány s údaji z dalších světových řek (kap. 5). Terénní zkušenosti s mapováním a měřením říčního dřeva vyústily ve zpracování návrhu metodiky mapování a evidence říčního dřeva (Máčka *et al.*, 2011a). V rámci řešení metodologie výzkumu strukturálních charakteristik říčního dřeva byly hodnoceny i otázky správnosti a přesnosti mapovacích a měřicích postupů a možné zdroje a velikost chyb měření.

Výsledky mapování říčního dřeva v modelových úsecích řek naznačují, že jeho množství se vyrovná množství na přírodě blízkých tocích jinde ve střední a západní Evropě. Přestože byl výzkum prováděn převážně v maloplošných zvláště chráněných územích, je třeba konstatovat, že množství a dynamika říčního dřeva byly významně ovlivněny člověkem. Člověk se podílel jak na přísunu, tak na odstraňování dřeva a také změnou strukturálních charakteristik (rozměry, habitus) zvýšil jeho mobilitu (Máčka a Krejčí, 2009).

V další části se řešení projektu soustředilo na postižení dynamiky říčního dřeva. Studován byl transport vzorku několika desítek označených kusů dřeva v průběhu čtyř let. Výsledky opakovaného monitoringu sledovaných kusů poukázaly na strukturální charakteristiky dřeva, které ovlivňují jeho stabilitu v korytě. V některých případech bylo možné také stanovit transportní vzdálenost (kap. 6.1). Dalším aspektem postižení dynamiky říčního dřeva bylo bilancování jeho zásob v krátkých úsecích Moravy u Střene a Lužnice u Suchdolu (kap. 6.2). V těchto úsecích byly sledovány meziroční změny množství a prostorového rozmístění dřeva (úbytek kusů, přínos nových kusů). Sledování označených kusů v bilančních úsecích ukázalo, že významná obměna dřeva nastává již v důsledku 1 až 2leté povodně. Mobilita říčního dřeva byla rovněž zkoumána nepřímo pomocí analýzy kusů dřeva naplavených do dřevních akumulací na Dyji a Lužnici (kap. 6.3).

Dalším úkolem bylo sledování přísunu nových stromů do koryt ze břehů. Testována byla možnost dendrochronologického datování kmenů ležících v korytě na Černé Opavě, Dyji, Moravě (Litovelsko), Morávce a Svatce (kap. 6.4). Tato metoda se ukázalo jako málo perspektivní. V nižších a středních nadmořských výškách doprovázejí vodní toky převážně dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva, které jsou jen obtížně datovatelné. Dalším problémem byla často malá tloušťka kusů dřeva a tím pádem malý počet letokruhů a také neřídká vysoký stupeň rozkladu dřeva, který znemožňoval odběr použitelných vzorků. Pokud se týká funkcí, tak pozornost byla soustředěna na geomorfologické a sedimentologické účinky dřeva, které byly sledovány na Černé Opavě, Moravě (Litovelsko) a Svatce. Vztahy mezi geomorfologickým typem koryta a výskytem říčního dřeva byly sledovány podél toku Morávky (kap. 7.1). Jako doplňující problematika bylo zkoumáno druhové složení malakofauny v biotopech poríčních niv Dyje, Moravy (Litovelsko) a Svatky (kap. 7.2).

Problematika říčního dřeva, a obecněji interakcí mezi vegetací a fluviálními procesy, se dnes těší značnému zájmu odborníků přírodovědných oborů. Dřevo je chápáno jako integrální součást říčních systémů v zalesněných oblastech, která se značnou měrou podílí na utváření struktury vodního prostředí v korytech, ale i terestrického prostředí v příbřežních zónách a nivách vodních toků. Značná suma poznatků je dnes k dispozici k prostorovým a strukturálním aspektům této problematiky; např. rozmístění v korytech a nivách, regionální rozdíly v množství a vlastnostech, rozměry, stupeň rozkladu a další. Dobře rozpracovány jsou také některé otázky funkcí dřeva v říčních systémech, zejména jeho geomorfologické účinky či přímá a nepřímá úloha ponořeného dřeva při vytváření stanovišť lososovitých ryb. Tím ovšem není toto téma badatelsky zdaleka vyčerpané.

V současné době jsou nosnými tématy především dynamika říčního dřeva (přísun do koryt řek, stabilita v korytech, transport povodněmi), další studium jeho funkcí (zejména ve vztahu k životním podmínkám vodních organizmů) a také způsoby nakládání s říčním dřevem z pohledu správců vodních toků. S ohledem na management dřeva v řekách je třeba se především zabývat otázkami údržby břehových porostů vodních toků a postupy diferencovaného managementu dřeva již ležícího v korytech, tak aby byl zajištěn přísun a setrvání dřeva tam, kde to umožňují místní podmínky (např. v chráněných územích přírody či v otevřené krajině tam, kde nedochází ke konfliktu z hlediska protipovodňové ochrany). Další úsilí je rovněž třeba zaměřit na postupy vytváření

umělých dřevních struktur v korytech za účelem revitalizace vodních toků a dosažení jejich dobrého ekologického stavu (ve smyslu naplňování Rámcové směrnice o vodách 2000/60/EC). V tomto ohledu je možné přenést do našeho prostředí již poměrně bohaté zahraniční zkušenosti s reintrodukcí dřeva do potoků a řek. Z badatelského pohledu se zde otevírá široké pole působnosti v oblasti monitoringu účinku umělých dřevních struktur po jejich instalaci do koryt upravených vodních toků, které jsou určené k revitalizaci. Zde je třeba řešit otázky trvanlivosti a stability těchto struktur a jejich geomorfologické, sedimentologické a biologické účinky.

Summary

Research project “Environmental significance of large woody debris in river ecosystems” (Czech Science Foundation, project no. 205/08/0926) was devoted to the investigation of structural, dynamic and functional characteristics of in-stream large woody debris (LWD). It was not possible to study LWD on the spatial scale of a watershed because of systematic removal of LWD in the densely inhabited and developed landscapes of the Central Europe. That is why our research activities were targeted to shorter river reaches where LWD was found abundant phenomenon. Only exception was a partial study of the River Morávka which covered the whole length of the river from spring to mouth (chapter 7.1). We investigated smaller as well as larger watercourses, mainly at the territory of Moravia (eastern part of the Czech Rep.) – rivers Černá Opava, Dyje, Lužnice, Morava (the Litovel and Strážnice regions), Morávka and Svatka. River reaches with abundant LWD may be found mainly within protected nature reserves, alternatively along the reaches naturally restored by floods.

We elaborated mainly structural aspects of LWD from all defined research goals. Abundance (quantity, volume), dimensions, vitality, preservation (presence of branches, root-ball and bark), spatial position (orientation, inclination, position within channel zones, contact with a bank) were described in detail for LWD pieces found in studied river reaches. Structural characteristics of LWD were compared with data from other world rivers (chapter 5). Our field experiences with mapping and measuring of LWD resulted in the compilation of methodology for mapping and inventory of LWD (Máčka *et al.*, 2011). Within the methodological work, we also paid attention to the issues of correctness and precision of filed procedures and sources and magnitude of possible errors.

Results of LWD mapping in studied river reaches denote that the amount of LWD is similar to amounts reported from near pristine rivers elsewhere in Central and Western Europe. Despite the fact that investigations were undertaken at almost natural watercourses located often in protected nature reserves, it is necessary to say, that amount as well as dynamics of LWD were much affected by humans. People caused extra input of LWD, but they also practised wood removal and changed its structural characteristics (dimensions, preservation) and increased its mobility (Máčka a Krejčí, 2009).

Further part of the project was concentrated to the investigation of LWD dynamics. We studied transport of a sample of several tens of individual LWD pieces during four years. Results of repeated monitoring of tagged wood pieces revealed the structural characteristics of LWD that influence its stability in the channel. In some cases, we were able to determine even the transport distance (chapter 6.1). Another aspect of the LWD dynamics was budgeting of wood in short river reaches of the River Morava near Střeň village and Lužnice near Suchdol town (chapter 6.2). We studied annual changes in amount and spatial distribution of LWD pieces (loss of pieces, input of new pieces). Monitoring of tagged pieces in these river reaches showed that substantial exchange of

wood may be caused by floods with only 1 to 2 year recurrence interval. Wood mobility was also studied by indirect approaches through the analysis of wood pieces floated into the wood accumulations at the River Dyje and River Lužnice (chapter 6.3).

Further task was monitoring of the input of new trees from banks to the channel. We tested the possibility of dendrochronological dating of trunks lying in the channels of the Rivers Černá Opava, Dyje, Morava (the Litovel region), Morávka and Svatka (chapter 6.4). This approach proved to be of little value for such studies. The stream channels in lower and middle altitudes are surrounded mostly by trees which do not form distinct tree rings, which proved to be a severe limitation for their dating. Further problem we encountered was the low diameter of LWD resulting in small number of tree rings and also high degree of wood decay which made impossible to drill datable wood samples. What concerns LWD functions, we paid attention mainly to geomorphological and sedimentological effects of wood; these effects were investigated at Rivers Černá Opava, Morava (the Litovel region) and Svatka. Relations between geomorphological river style and the occurrence of LWD were studied along the River Morávka (chapter 7.1). As a complementary theme, the species composition of snails at floodplain habitats of Rivers Dyje, Morava (the Litovel region) and Svatka was studied (chapter 7.2).

Research theme of LWD, and in a more general sense the research of interactions between vegetation and fluvial processes, is a frequent topic among river scientists nowadays. Wood is an acknowledged component of riverine ecosystems in forested watersheds. Wood plays an important role in shaping the structure of aquatic environment in stream channels, but also in terrestrial environment of riparian zones and floodplains. Considerable knowledge on spatial and structural aspects of LWD is available; e.g. patterns of spatial distribution of LWD in channels and floodplains, regional differences in amount and physical properties such as dimensions, decay status, etc. Much attention was also paid to selected wood functions, mainly to its geomorphological effects and direct and indirect influence upon the habitats of salmonids. However, there are still many research tasks remaining unsolved.

The leading research topics are dynamics of LWD (e.g. recruitment of trees to channels, stability in channels, transport during floods), functions in aquatic ecosystems (mainly the influence on various groups of organisms) and also the management issues (the river manager view). It is necessary to keep in mind riparian vegetation management issues and procedures of differentiated in-channel wood management for purposes of river management strategies development. New river management strategies should enable the recruitment of new wood from riparian forest and also preservation of existing wood in the channels in places where local conditions are favourable (respecting the flood prevention in the same time).

Further effort should be directed to the elaboration of procedures for construction of artificial in-channel wooden structures. This is usually done for the purposes of river restoration and for accomplishing the good ecological status of water bodies according to Water Framework Directive (2000/60/EC). In this case, it is possible to transfer the rich experience with installation of wood in streams and rivers from abroad to our domestic river management practice. River scientists may be useful in monitoring of the effects of such engineered wooden structures that were installed into the regulated river channels in order to enhance their natural values. Important topics are the stability and durability of these structures and their geomorphological, sedimentological and biological effects in short as well longer timescales.

Seznam citovaných pramenů

A

Abbe TB, Montgomery DR. 2003. Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology* **51**: 81-107.

Alestalo J. 1971. Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Fennina* **105**: 1-140.

Assani AA, Pettit F. 1995. Log-jam effects on bed-load mobility from experiments conducted in a small gravel-bed forest ditch. *Catena* **25**: 117-126.

B

Baillie BR, Cummins TL, Kimberley, MO. 1999. Measuring woody debris in the small streams of New Zealand's pine plantations. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **33**: 87-97.

Baillie MGL. 1995. A slice through time. London B.T. Batsford Ltd, 177 s.

Beechie TJ, Sibley TH. 1997. Relationships between channel characteristics, woody debris and fish habitat in Northwestern Washington streams. *Transactions of the American Fisheries Society* **126**: 217-229.

Benke CB, Wallace JB. 2003. Influence of wood on invertebrate communities in streams and rivers. In: Gregory SV, Boyer KL, Gurnell AM. eds. 2003. The ecology and management of wood in world rivers. Bethesda: American Fisheries Society, 149-177.

Berner LM. 1951. Limnology of the lower Missouri River. *Ecology* **32**: 1-12.

Beschta RL. 1979. Debris removal and its effects on sedimentation in Oregon Coast Range stream. *Northwest Science* **53**: 71-77.

Beschta RL. 1983. The effects of large organic debris upon channel morphology: a flume study. In: Simons DB. ed. Symposium on erosion and sedimentation, Simons, Li & Associates, Fort Collins, 63-78.

Bilby RE, Ward JW. 1989. Changes in characteristics and function of woody debris with increasing size of streams in Western Washington. *Transactions of the American Fisheries Society* **118**: 368-378.

Bilby RE, Ward JW. 1991. Characteristics and function of large woody debris in streams draining old-growth, clear-cut, and second-growth forests in southwestern Washington. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences* **48**: 2499-2508.

Booth DB. 1990. Stream channel incision following urbanization. *Water Resources Bulletin* **26**: 407-417.

Bormann E, Julien PY. 1991. Scour downstream of grade-control structures. *Journal of Hydraulic Engineering* **117**: 579-594.

Brázdil R, Máčka Z, Řezníčková L, Soukalová E, Dobrovolný P, Grygar Matys T. 2011. Floods and floodplain changes of the River Morava, the Strážnické Pomoraví region (Czech Republic) over the past 130 years. *Hydrological Sciences Journal* **56**: 1166-1185.

Brierley GJ, Fryirs K, Taylor MP, Brooks AP. 2005. Did humid-temperate rivers in the Old and New Worlds respond differently to clearance of riparian vegetation and removal of woody debris? *Progress in Physical Geography* **29**: 27-49.

Brooks AP, Brierley GJ, Millar RG. 2003. The long-term control of vegetation and woody debris on channel and floodplain evolution: insights from a paired catchment study in southeastern Australia. *Geomorphology* **51**: 7-29.

Buček A, Lacina J. 1999. Geobiocenologie II. Brno: MZLU, 249 s.

Buffington JM. 2001. Hydraulic roughness and shear stress partitioning in forest pool-riffle channels. In: Nolan TJ, Thorn CR. eds. Gravel Bed Rivers 2000, CD-ROM, Special Publication of New Zealand Hydrological Society.

Buffington JM, Montgomery DR. 1999. Effects of hydraulic roughness on surface textures of gravel-bed rivers. *Water Resources Research* **35**: 3507-3522.

Bunte K, Abt, SR. 2001. Sampling surface and subsurface particle-distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring. USDA Forest Service General Technical Report, RMRS-GTR 74: 428 s.

C

Collier KJ, Halliday JN. 2000. Macroinvertebrate-wood associations during decay of plantation pine in New Zealand pumice-bed streams: stable habitat or trophic subsidy? *Journal of the North American Benthological Society* **19**: 94-111.

Cook ER, Kairiukstis LA. 1990. *Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher and International Institute for Applied Systems Analysis, 394 s.

Culek M. (editor) a kol. 1996. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 347 s.

Culek M. a kol. 2005. *Biogeografické členění České republiky II. díl*. Praha: AOPK ČR, 590 s.

D

Davies-Colley RJ. 1997. Stream channels are narrower in pasture than in forest. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **31**: 599-608.

Diehl TH. 1997. Potential drift accumulations at bridges. US Department of Transportation, FHWA-RD-97-028.

Drvotová H, Hlaváč J, Horsák M, Beran L, Dvořák L, Juříčková L, Mickstein P. 2008. Měkkýši (Mollusca) Žďárských vrchů. *Parnasia* **3**: 79 s.

F

Fausch KD, White RJ. 1981. Competition between brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*) for position in a Michigan stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **386**: 1220-1227.

Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* **27**: 3-26.

G

Gippel CJ. 1995. Environmental hydraulics of large woody debris in streams and rivers. *Journal of Environmental Engineering-ASCE* **121**: 388-395.

Gregory SV, Boyer KL, Gurnell AM. eds. 2003. *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda: American Fisheries Society, 431 s.

Gurnell AM. 2003. *Wood storage and mobility*. In: Gregory SV, Boyer KL, Gurnell AM. eds. 2003. *The ecology and management of wood in world rivers*. American Fisheries Society, Bethesda, 75-91.

Gurnell AM, Petts GM, Hannah DM, Smith BPG, Edwards PJ, Kollmann J, Ward JV, Tockner K. 2000. Wood storage within the active zone of a large European gravel-bed river. *Geomorphology* **34**: 55-72.

Gurnell AM, Petts GE, Hannah DM, Smith BPG, Edwards PJ, Kollmann J, Tockner K, Ward JV. 2000. Large wood retention in river channels: the case of the Fiume Tagliamento, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* **25**: 255-275.

Gurnell AM, Piégay H, Swanson FJ, Gregory SV. 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology* **47**: 601-619.

H

Harmon ME, Franklin JF, Swanson FJ, Sollins P, Gregory W, Lattin JD, Anderson NH, Cline P, Aumen NG, Sedell JR, Lienkaemper GW, Cromack K, Cummins KW. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* **15**: 133-302.

Hartopo 1991. The effect of raft removal and dam construction on the lower Colorado River, Texas. Diplomová práce, Texas A&M University, College station.

Hering D, Kail J, Eckert S, Gerhard M, Meyer EI, Mutz M, Reich M, Weiss I. 2000. Coarse woody debris quantity and distribution in Central European streams. *International Review of Hydrobiology* **85**: 5-23.

Hoffman A, Hering D. 2000. Wood-associated macroinvertebrate fauna in central European streams. *International Review of Hydrobiology* **85**: 25-48.

Hollstein E. 1965. Jahrrigchronologische Datierung von Eichenhölzern ohne Waldkante. *Bonner Jahrbuch* **165**: 12-27.

Hort L, Vrška T. 1999. Podíl odumřelého dřeva v pralesovitých útvarech České republiky. In: Vrška T. ed. *Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech*. Znojmo, Správa NP Podyjí, Česká lesnická společnost, 75-86.

CH

Chytrý M, Kučera T, Kočí M. eds. 2001. *Katalog biotopů České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 304 s.

Chytrý M, Kučera T, Kočí M, Grulich V, Lustyk P. eds. 2010. *Katalog biotopů České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 445 s.

I

Inoue M, Nakano S. 1998. Effects of woody debris on the habitat of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in northern Japanese streams. *Freshwater Biology* **40**: 1-16.

K

Kaennel M, Schweingruber FH. 1995. Multilingual Glossary of Dendrochronology. Berne: Paul Haupt Publishers, 467 s.

Kail J. 2003. Influence of large woody debris on the morphology of six central European streams. *Geomorphology* **51**: 207-223.

Kail J, Gerhard M. 2003. Wood in streams - a definition of terms. *Wasser und Boden* **55**: 49-55.

Keller EA, Swanson FJ. 1978. Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. *Earth Surface Processes* **4**: 361-380.

Kerney MP, Cameron RAD, Jungbluth JH. 1983. Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 384 s.

Kothyari UC, Ranga Raju KG. 2001. Scour around spur dikes and bridge abutments. *Journal of Hydrologic Research* **39**: 367-374.

Kožený P, Simon O. 2006. Analýza naplavené dřevní hmoty na nádrži Znojmo po jarní povodni 2006. In: Měkotová J, Štěrba O. eds. Olomouc: Říční krajina 4, Katedra ekologie a životního prostředí PřF Univerzity Palackého, 111-117.

Kožený P, Simon O, Vajner P, Žerníčková O. 2006. Stabilita přírodě blízkého zpevnění meandrů Moravy v NPR Vrapač. In: Měkotová J, Štěrba O. eds. Olomouc: Říční krajina 4, Katedra ekologie a životního prostředí PřF Univerzity Palackého, 118-130.

Kožený P. 2007a. Mrtvé dřevo - přirozená součást řek a potoků. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Praha skládaný leták.

Kožený P. 2007b. Vliv desetileté povodně na transport dřevní hmoty uložené v korytě a nivě řeky Blanice. *Říční krajina* **5**, Univerzita Palackého Olomouc, 124-133.

Kožený P, Balvín P, Kult A, Simon O, Sucharda M, Máčka Z. 2011. Význam a management dřevní hmoty v tocích. Manuscript dep. in Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka Praha, 99 s. + přílohy.

Krapiec M. 1998. Oak dendrochronology of the neoholocene in Poland. *Folia quaternaria* **69**: 5-133.

Kraus M. 1999. Šetření objemu nezpracovaného dřeva v lesích České republiky. In: Vrška T. ed. Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Znojmo, Správa NP Podyjí, Česká lesnická společnost, 69-74.

Krejčí L. 2010. Struktura, dynamika a geomorfologické účinky dřevní hmoty v korytech vodních toků lesních vegetačních stupňů ČR. Disertační práce, Masarykova univerzita, 224 s.

L

Lassette NS, Harris RR. 2001. The geomorphic and ecological influence of large woody debris in streams and rivers. Manuscript dep. in University of California, Berkeley, 69 s.

Lemly AD, Hilderbrand RH. 2000. Influence of large woody debris on stream insect communities and benthic detritus. *Hydrobiologia* **421**: 179-185.

Lesprojekt 1952. Dvojargumentové hmotové tabulky + příloha č. 3 - sdružení dřevin pro účely zjištění objemu. Brandýs nad Labem: Lesprojekt, 16 s.

Lesprojekt. 1985. Modely hospodaření. Brandýs nad Labem: Lesprojekt, 144 s.

Lisický JM. 1991. Mollusca Slovenska. Bratislava: Veda, nakl. SAV, 341 s.

Ložek V. 1956. Klíč československých měkkýšů. Bratislava: Veda, nakl. SAV, 437 s.

Ložek V, Vašátko J. 1997. Měkkýši Národního parku Podyjí. Knihovna České speleologické společnosti sv. 31, Zlatý kůň, Česká speleologická společnost, Správa NP Podyjí, 67 s.

M

Máčka Z, Krejčí L. 2006. Prognóza geomorfologického vývoje řeky Moravy v úseku od jezu Hynkov po Kenickou lávku (NPR Ramena řeky Moravy, CHKO Litovelské Pomoraví). Manuscript dep. in Správa CHKO Litovelské Pomoraví, Litovel, 62 s. + přílohy.

Máčka Z, Krejčí L. 2009. Vliv člověka na přísun, zánik a mobilitu říčního dřeva (LWD) na řekách v ČR. In. Měkotová J. ed. Říční krajina 6, Katedra ekologie a životního prostředí PpF Univerzity Palackého, Olomouc, 69-75.

Máčka Z, Krejčí L. 2010a. Výskyt dřevní hmoty v korytech vodních toků České republiky. *Vodní hospodářství* **60**: 33-36.

Máčka Z, Krejčí L. 2010b. Morfologické a sedimentologické účinky říčního dřeva v korytě Černé Opavy. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku* **17**: 69-75.

Máčka Z, Krejčí L, Loučková B, Peterková L. 2011a. A critical review of field techniques employed in the survey of large woody debris in river corridor: a central European perspective. *Environmental Monitoring and Assessment* **181**: 291-316.

Máčka Z, Krejčí L, Loučková B. 2011b. Prostorová distribuce a vlastnosti dřevních akumulací jako indikátory transportu a depozice hrubého říčního dřeva - případová studie z řeky Dyje na česko-rakouském pomezí. *Thayensia* **8**: 27-56.

Malik I. 2005. Rates of lateral channel migration along the Mala Panew River (Southern Poland) based on dating riparian trees and Coarse Woody Debris. *Dendrochronologia* **23**: 29-38.

Maser C, Sedell JR. 1995. From the forest to the sea: the ecology of wood in streams, rivers, estuaries, and oceans. *Journal of the North American Benthological Society* **14**: 213-215.

Massong TM, Montgomery DR. 2000. Influence of lithology, sediment supply, and wood debris on the distribution of bedrock and alluvial channels. *Geological Society of America Bulletin* **112**: 591-599.

May CL, Gresswell RE. 2003. Large wood recruitment and redistribution in headwater streams in the southern Oregon Coast Range, USA. *Canadian Journal of Forest Research* **33**: 1352-1362.

Meffe GK, Sheldon AL. 1988. The influence of habitat structure on fish assemblage composition in southeastern blackwater streams. *American Midland Naturalist* **120**: 225-240.

Míchal I. 1999. Ponechávání odumřelého dřeva z hlediska péče o biologickou rozmanitost. In. Vrška T. ed. Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Znojmo, Správa NP Podyjí a Česká lesnická společnost, 9-18.

Montgomery DR, Buffington JM. 1997. Channel reach morphology in mountain stream basins. *Geological Society of America Bulletin* **109**: 596-611.

Montgomery DR, Collins BD, Buffington JM, Abbe TB. 2003. Geomorphic effects of wood in rivers. In. Gregory SV, Boyer KL, Gurnell AM. eds. The ecology and management of wood in world rivers. Bethesda: American Fisheries Society, 75-92.

N

Naiman RJ, Balian EV, Bartz KK, Bilby RE, Latterell JJ. 2002. Dead wood dynamics in stream ecosystems. *USDA Forest Service General technical report PSW-GTR* 181: 23-48.

Nakamura F, Swanson FJ. 1993. Effects of coarse woody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in western Oregon. *Earth Surface Processes and Landforms* **18**: 43-61.

Nanson GC, Knighton AD. 1996. Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms* **21**: 217-239.

Neuhäuslová Z, Moravec J, Chytrý M, Sádlo J, Rybníček K, Kolbek J, Jirásek J. 1997. Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky 1 : 500 000. Botanický ústav AV ČR, Průhonice.

O

O'Connor NA. 1991. The effects of habitat complexity on the macroinvertebrates colonizing wood substrates in a lowland stream. *Oecologia* **85**: 504-512.

P

Penczak T. 1995. Effects of removal and regeneration of bankside vegetation on fish population dynamics in the Warta River, Poland. *Hydrobiologia* **303**: 207-210.

Perečková N. 2010. Riziková analýza mrtvého dřeva ve fluviálním ekosystému Moravy. Diplomová práce, Masarykova univerzita, 64 s.

Piégay H. 1993. Nature, mass and preferential sites of coarse woody debris deposits in the lower Ain Valley Mollon Reach France. *Regulated Rivers - Research & Management* **8**: 359-372.

Piégay H. 2003. Dynamics of wood in large rivers. In. Gregory S, Boyer K, Gurnell A. eds. The ecology and management of wood in world rivers. Bethesda: American Fisheries Society, 109-133.

Piégay H, Gurnell AM. 1997. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. *Geomorphology* **19**: 99-116.

Piégay H, Thévenet A, Citterio A. 1999. Input, storage and distribution of large woody debris along a mountain river continuum, the Drôme River, France. *Catena* **35**: 19-39.

Pitlick J. 1995. Sediment routing in tributaries of the Redwood Creek basin, northwestern California. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 1454-K, 10 s.

Ponciová R. 2003. Geomorfologická analýza řeky Černá Opava v CHKO Jeseníky. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc. 73 s. + přílohy.

Požízka M, Vančura P. 2003. Povodňové škody na břehových porostech. *Podyjské listy* **3**: 2.

Powell DM. 1998. Patterns and processes of sediment sorting in gravel-bed rivers. *Progress in Physical Geography* **22**: 1-32.

Q

Quitt E. 1971. Klimatické oblasti Československa. *Studia geographica* **16**, 73 s., 5.tab., 1 mapa.

Quist MC, Guy CS. 2001. Growth and mortality of prairie stream fishes: relations with fish community and instream habitat characteristics. *Ecology of Freshwater Fish* **10**: 88-96.

R

Reeves GH, Burnett KM, McGarry EV. 2003. Sources of large wood in the main stem of a fourth-order watershed in Coastal Oregon. *Canadian Journal of Forest Research* **33**: 1363-1370.

Robison EG, Beschta RL. 1990. Coarse woody debris and channel morphology interactions for undisturbed streams in southeast Alaska, USA. *Earth Surface Processes and Landforms* **15**: 149-156.

Ross ST, Knight JT, Wilkins SD. 1992. Distribution and microhabitats dynamics of the threatened bayou darter, *Etheostoma rubrum*. *Copeia* **1992**: 658-671.

Rybniček M, Kolář T, Koňasová E. 2010. Dendrochronologické datování plavené dřevní hmoty na příkladu řeky Morávky a Černé Opavy. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **58**: 193-202.

Rybniček M, Kolář T, Kyncl T, Kyncl J. 2010. Možnosti dendrochronologického datování uměleckých předmětů. In: ACTA ARTIS ACADEMICA 2010. Praha: Akademie výtvarných umění v Praze, 243-250.

Rybniček M, Kolář T, Přemyslovská E. 2011. Possibilities for dendrochronological dating of large woody debris. *Wood Research* **56**: 43-56.

Ř

Řehánek T. 2002. Povodeň na řece Odře v červenci 1997. Práce a studie, 31, ČHMÚ, Praha, 41 s.

S

Schlosser IJ. 1987. A conceptual framework for fish communities in small warmwater streams. In: Matthews WJ, Heins DC. eds. Community and evolutionary ecology of North American stream fishes, University of Oklahoma Press, Norman, 17-24.

Schweingruber FH. 1993. Trees and Wood in Dendrochronology, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 402 s.

Schweingruber FH. 1996. Trees Rings and Environment. Dendroecology. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 609 s.

Schuett-Hames D, Pleus AE, Ward J, Fox M, Light J. 1999. TFW Monitoring Programme method manual for the large woody debris survey. Olympia: Northwest Indian Fisheries Commission. 32 s.

Schumm SA. 2007. River variability and complexity. Cambridge University Press, 236 s.

von Siemens M, Hanfland S, Binder W, Herrmann M, Rehkla W. 2006. Mrtvé dřevo přináší život do řek a potoků. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 47 s.

Smith DG. 1976. Effect of vegetation on lateral migration of anastomosed channels of a glacier melt-water river. *Geological Society of America Bulletin* **87**: 857-860.

Smith RD, Sidle RC, Porter PE. 1993. Effects on bedload transport of experimental removal of woody debris from a forest gravel-bed stream. *Earth Surface Processes and Landforms* **18**: 455-468.

Smock LA, Metzler GM, Gladden JE. 1989. Role of debris dams in the structure and functioning of low-gradient headwater streams. *Ecology* **70**: 764-775.

Smock LA, Gilinsky E. 1992. Coastal plains blackwater streams. In: Hackney CT, Adams SM, Martin WH. eds. Biodiversity of the southeastern United States, aquatic communities, Wiley, New York.

Strahler AN. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology. *Geological Society of America Bulletin* **63**: 1117-1142.

Swanson FJ, Lienkaemper GW, Sedell JR. 1976. History, physical effects, and management implications of large organic debris in western Oregon streams. *USDA Forest Service General Technical Report PNW-56*, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, 15 s.

Š

Šaňková B. 2009. Vegetace údolních niv ve vztahu k fluviálním procesům a tvarům vybraných řek Hrubého a Nízkého Jeseniku. Dizertační práce, Geografický ústav PŘF MU, 114 s. + přílohy.

Šindlar M, Zapletal J, Lohmiský J. 2003. Problematika plavené dřevní hmoty (splávi) v CHKO Litovelské Pomoraví. Manuscript dep. in Správa CHKO Litovelské Pomoraví, Litovel 19 s. + přílohy.

T

Trimble SW. 1997. Stream channel erosion and change resulting from riparian forest. *Geology* **25**: 467-469.

Ú

Úradníček L, Maděra P, Kolibáčová S, Koblížek J, Šefl J. 2001. Dřeviny České republiky. Písek: Matice lesnická, s.r.o., 333 s.

V

Vašátko J. 2000. Měkkýši složka geobiocenóz NPR Ramena řeky Moravy (CHKO Litovelské Pomoraví). In: Máčka Z, Kirchner K, Hoffírková S. et al. Studium a hodnocení vývoje říční sítě v Národní přírodní rezervaci Ramena řeky Moravy od Hynkovského jezu po ústí Cholinky, Manuscript dep. in Ústav geoniky AV ČR, Brno, 63-76.

Vašátko J, Horský M. 2000. Měkkýši Labské nivy u Přelouče. *Východočeský sborník Práce a studie* **8**: 237-246.

Vavrčík H, Gryc V. 2004. The methodology of making microscopical preparations of wood. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeleianae Brunensis* **52**: 169-176.

Veatch AC. 1906. Geology and underground water resources of northern Louisiana and southern Arkansas. *U.S. Geological Survey Professional Paper* **46**: 422 s.

Vyhliďková I, Palovčíková D, Rybníček M, Čermák P, Jankovský L. 2005. Some aspects of alder decline along the Lužnice River. *Journal of Forest Science* **51**: 381-391.

W

Wasklewicz TA. 2001. Riparian vegetation variability along perennial streams in central Arizona. *Physical Geography*. **22**: 361-375.

Wistuba M. 2009. Effects of small floods on river channel in the forested mid-mountain area. In: Mentlík P, Hartvich F. eds. State of Geomorphological Research in 2009. Kašperské Hory: Česká asociace geomorfologů, katedra geografie, Západočeská univerzita v Plzni, Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., 68 s.

Wright JP, Flecker AS. 2004. Deforesting the riverscape: the effects of wood on fish diversity in a Venezuelan piedmont stream. *Biological Conservation* **120**: 439-447.

Y

Young MK. 1994. Movement and characteristics of stream-borne coarse woody debris in adjacent burned and undisturbed watersheds in Wyoming. *Canadian Journal of Forest Research* **24**: 1933-1938.

Z

Zielonka T, Holeksa J, Ciapala S. 2008. A reconstruction of flood events using scarred trees in the Tatra Mountains, Poland. *Dendrochronologia* **26**: 173-183.

Zlatník A. 1976. Přehled skupin typů geobiocenů původně lesních a křovinných v ČSSR. (Předběžné sdělení.) *Zprávy Geografického ústavu ČSAV v Brně* **13**: 55-64 + 1 tab. v příloze.

Zdeněk Máčka, Lukáš Krejčí a kolektiv

Říční dřevo ve vodních tocích ČR

Vydala Masarykova univerzita v roce 2011

1. vydání, 2011

Náklad 200 výtisků

Tisk Tribun EU s.r.o., Cejl 892/32, 602 00 Brno

ISBN 978-80-210-5624-4

muni
PRESS

ISBN 978-80-210-5624-4



9 788021 056244