

# Vývoj technické stabilizace dřevní hmoty v korytě Moravy v CHKO Litovelské Pomoraví

Pavel Kožený, Petr Vajner, Olga Žerníčková, Miloslav Šindlar, Jan Zapletal

## Klíčová slova

přirozené vodní toky – plavená dřevní hmota – stabilizace dřevní hmoty – CHKO Litovelské Pomoraví

## Souhrn

V roce 2003 byla provedena stabilizace dřevní hmoty v pěti konkávních úsecích řeky Moravy v Litovelském Pomoraví. Celkem sedmdesát stromů z břehové hrany bylo pomocí mechanizace vyvráceno, vhodně orientováno a vloženo do koryta. Kmeny ve vzniklých strukturách byly vzájemně provázány ocelovým lanem. Cílem opatření byla bezpečná stabilizace dřeva ve vodním toku a využití dřevní hmoty k usměrnění erozních procesů v korytě. Přestože rychlost břehové eroze byla v následujících pěti letech stále mimořádná, stabilita kotvených kmenů byla většinou dobrá. Po pěti letech a dvou větších povodních zůstalo na místě nejméně 59 % kotvených kmenů. Žádný z kmenů pravděpodobně nebyl odplaven na velkou vzdálenost. Tok Moravy v lokalitě Vrapač je dnes příkladem relativně přírodě blízkého toku s množstvím dřevní hmoty, které se blíží přirozeným podmínkám.

## Úvod

Dřevní hmota jako součást vodních ekosystémů je v posledních desetiletích častým tématem výzkumu i předmětem vodohospodářských úprav v řadě vyspělých států světa. Stromy spadlé do koryta, jejich části a kusy dřeva naplavené z povodí již nejsou jen nepřijemnou komplikací hydraulických poměrů v korytech řek a průtočných profilech vodních staveb – od sedmdesátých let 20. století vzrůstá vytrvale počet vědeckých prací, které postupně objasňují význam dřevní hmoty pro morfologický vývoj přirozených vodních toků a jejich biologických společenstev [1]. Ve vodních tocích s doprovodným dřevinným porostem vstupuje dřevní hmota přirozeně do koryta a stává se tak velikostně největší strukturou říčního dna. V evropských tocích málo ovlivněných člověkem tak dosahuje objem dřeva několika desítek až stovek krychlových metrů na hektar koryta. Celosvětově největší objemy dřeva ve vodních tocích jsou publikovány z oblasti severoamerických sekvojových lesů, řádově až tisíce krychlových metrů dřevní hmoty na hektar koryta [2]. Uvedené údaje a další text se týkají převážně tzv. large woody debris, což je v zahraničí zažitý název pro velikostní frakci dřeva o délce alespoň jeden metr s průměrem nejméně 10 cm. Termín nemá jednoznačný český ekvivalent. V České republice se místy používá název „plavená dřevní hmota“, který navrhli Máčka a Krejčí [3] pro dřevní hmotu vstupující do interakce s vodním prostředím.

Přítomnost dřevní hmoty zvyšuje drsnost koryta, zpomaluje odtok vody a podporuje turbulentní proudění [4, 5]. Má vliv na režim vymílání a ukládání sedimentu, je zásadním činitelem pro vznik hloubkově členitého koryta tvořeného mozaikou různých velikostních frakcí minerálního i organického materiálu [6]. Dřevo rovněž určuje horizontální dynamiku koryta. Podporuje vznik břehových nátrží a meandrů a ovlivňuje proměnlivost šířky koryta. Současně může dřevní hmota břehy stabilizovat, například při vzniku rozsáhlých akumulací v nárazových obloucích meandrů [7]. Ačkoliv lokálně dřevní hmota zvyšuje dynamiku koryta, v měřítku dlouhých úseků toku dřevo působí dlouhodobě jako stabilizační prvek, protože tlumí energii vodního proudu a zadržuje sediment [8, 9].

Morfologicky členité koryto poskytuje velké množství stanovišť pro vodní organismy od mikroorganismů až po obratlovce. Dřevo samotné je dlouhodobým zdrojem živin pro bakterie a houby. Dřevo v korytě je strukturou, která umožňuje přisednutí bezobratlým živočichům a biofilm na jeho povrchu je pro ně zdrojem potravy [10]. Mimořádný význam má dřevní hmota pro společenstva ryb, které v jeho blízkosti

nacházejí potravu, trdliště, úkryt před silným proudem, predátory apod. [11, 12]. Od osmdesátých let 20. století jsou ukládáním dřeva do vodních toků zlepšovány podmínky pro populace hospodářsky a sportovně významných druhů lososovitých ryb (zejména v USA). Během let devadesátých se využití kotvených struktur dřevní hmoty rozšiřuje i v Evropě a jinde ve světě při revitalizaci upravených toků nebo stabilizaci koryt postižených zrychlenou erozí [13, 14, 15]. V současné době je šetrný management dřevní hmoty v tocích a její využití při revitalizacích v řadě států téměř rutinní záležitostí. Svědčí o tom mnoho praktických příruček, které se tomuto tématu věnují [např. 16, 17, 18, 19].

Při instalaci dřeva do vodního toku v obydlených oblastech je pochopitelnou otázkou, zda kotvený objekt zůstane stabilní i při zvýšených vodních stavech. Tento článek se zabývá popisem vývoje a stability kotvených kmenů na řece Moravě v Litovelském Pomoraví během pěti let od jejich instalace.

## Historický vývoj lokality Vrapač

Území zvané Vrapač se nachází v okolí řeky Moravy asi tři kilometry severozápadně od Litovle (říční kilometr 181,5). Řeka Morava se zde rozlévá do ploché údolní nivy s nadmořskou výškou kolem 237 m n. m., ve které se větví na několik průtočných ramen a větší počet periodicky protékajících mělkých koryt zvaných smuhy. Údolní terasa řeky Moravy je tvořena šterkopísky wurmského až holocenního stáří o mocnosti 4–6 m, jež jsou překryty povodňovými hlínami o mocnosti až 3 m. Na obou březích je řeka lemována vzrostlým lužním lesem s výškou porostu 25–30 metrů. Převažujícími dřevinami jsou javor, jasan, dub a jilm, v bezprostřední blízkosti koryta pak topol černý a vrby. Zachovalý komplex přírodě blízkého lužního lesa na pravém břehu řeky byl prohlášen za Národní přírodní rezervaci Vrapač.

Řeka Morava v oblasti Vrapače je neupraveným vodním tokem 6. řádu dle Strahlera, s průměrným průtokem 20 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a průměrnou šířkou koryta necelých 30 metrů (obr. 1).

Koryto Moravy zde bylo po dlouhou dobu stabilní bez úznaků meandrování [20]. Meandr Vrapač se začal utvářet až po regulaci Moravy v Litovli, která byla provedena ve třicátých letech 20. století. Tyto práce, spočívající v napřímení a opevnění koryta, se zastavily těsně pod úsekem současného meandrování. Zvýšený spád a zahloubení koryta indukovalo postupnou hloubkovou a boční erozi koryta v neupraveném úseku, která je dobře patrná od padesátých let 20. století. Výrazná boční eroze byla příčinou častého sesouvání stromů do koryta a tyto pak byly správcem toku částečně odstraňovány. Po roce 2000 se protrhla šíje jednoho z meandrů a brozilo, že zvýšením spádu koryta budou erozní procesy dále urychleny.

## Vložení kmenů do koryta a jejich stabilizace

Na základě studie problematiky plavené dřevní hmoty [21] přistoupila správa CHKO Litovelské Pomoraví v roce 2003 ke stabilizaci dřevní hmoty v oblasti Vrapače. Cílem celého opatření bylo bezpečné zachování dřevní hmoty v korytě a současně její využití k tlumení zrychlených erozních procesů. Zpracovatelem projektu a dodavatelem prací byla firma SINDLAR EU s.r.o.

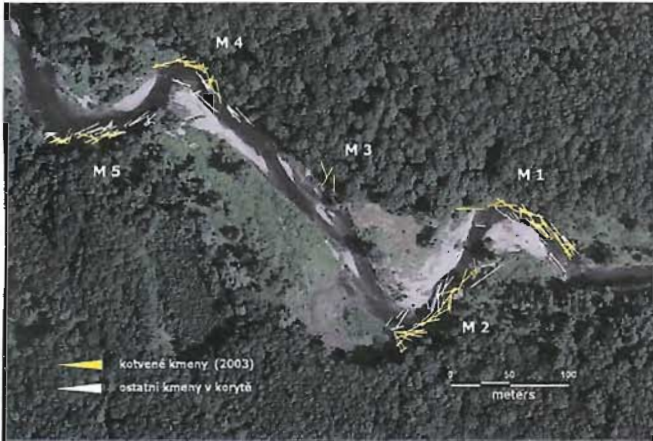
K sestavení přírodě blízkých struktur dřevní hmoty byly použity stromy nacházející se na hraně nárazových břehů meandrů. Tyto stromy byly pomocí mechanizace vyvráceny a vloženy do koryta (obr. 1 a 2). Jednotlivé stromy byly orientovány paralelně s břehovou hranou nebo s ní svíraly úhel do 45°. Kořenový bal většiny stromů byl kvůli stabilitě usazen na břehu. V rámci celkové stabilizace struktur dřevní hmoty byly vyvrácené stromy v místech křížení navzájem provázány ocelovým lanem. Celkem bylo takto ukotveno v pěti konkávních úsecích řeky sedmdesát stromů o délce 15–25 metrů. Byly tak vytvořeny konstrukce napodobující základ přirozených akumulací dřevní hmoty, které se tvoří v nárazových obloucích meandrů. Tyto velmi stabilní akumulace zachytávají plavené dřevo, zpomalují proudění vody ve svém okolí a chrání tak nárazové břehy meandrů [např. 7]. V roce 2006 provedla zhotovitelská firma revizi stavu kotvení, polohopisu kotvených kmenů a probíhajících korytotvorných procesů [22]. Některé úvazy byly následně zpevněny a kmeny byly v několika případech dodatečně připoutány k patám živých stromů na břehu.

## Kontrola stability kotvených struktur

Pro potřeby pozdějšího posouzení stability a funkce kotvených struktur provedla zhotovitelská firma po ukončení prací zaměření jednotlivých kotvených kmenů a přilehlé břehové čáry. Pro pozdější identifikaci byly kmeny označeny kovovými štítky s číslem. Na toto zaměření navázalo každoroční mapování prováděné v rámci výzkumu



Obr. 2. Panoramatický snímek meandru M4. Kmeny v blízkosti nárazového břehu byly vyvráceny a korunou orientovány do koryta. Na tomto snímku z října 2006 mají kmeny téměř totožnou polohu jako při ukotvení v roce 2003. Kmeny v popředí a uprostřed koryta jsou na lokalitě původní a nebyly předmětem stabilizace (foto: P. Kožený)



Obr. 1. Meandrující tok řeky Moravy nad Litovlí v oblasti Vrapače (ř. km 181,5). Schematicky jsou znázorněny velké kmeny vyskytující se přirozeně v korytě a poloha kmenů vložených do koryta v roce 2003. Směr proudění je zleva doprava, u pravého okraje obrázku začíná upravené koryto (ortofoto: ČÚZK)

VÚV T.G.M. v.v.i. ve spolupráci s firmou IFER s.r.o., jejíž technologie FieldMap® vyvinutá pro lesnický výzkum byla s úspěchem aplikována pro zaměřování v takto rozsáhlém území. Kromě polohy kotvených kmenů byly zaměřovány rovněž ostatní kmeny nacházející se v korytě sledovaného úseku, s rozlišením na kmeny naplavené a autochtonní (tzn. pocházející přímo z přilehlého lesního porostu). U všech kmenů byly rovněž zjištěny jejich velikostní parametry. Z praktického hlediska a vzhledem k velikosti toku nebyl brán zřetel na kmeny kratší než 4 metry. Porovnávání polohy kmenů a břehové linie v prostředí GIS byly sledovány meziroční změny v poloze kotvených kmenů a míra břehové eroze.

### Výsledky

Realizací opatření se zvýšil objem i počet kusů velkého dřeva v korytě Moravy zhruba na dvojnásobek. Původní množství dřevní hmoty v korytě, odhadované na méně než 40 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, vzrostlo po vložení kotvených kmenů na 73,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (nejistota spočívá hlavně v původním množství naplaveného dřeva, které ale není objemově tak významné).

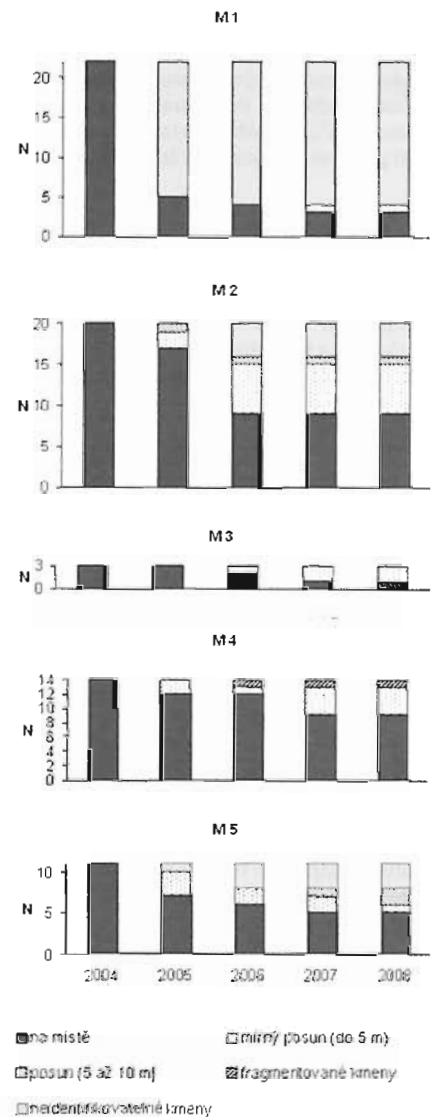
Krátce po realizaci opatření prošla lokalitou zimní, více než jed-

noletá povodeň (107 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> – viz obr. 3). Podle posouzení zhotovitele překvaly kotvené kmeny tento průtok beze zмін a zaměření, které bylo provedeno na jaře 2004, odráželo původní stav realizace. První negativní dopad zvýšených průtoků byl pozorován po více než pětileté povodni na jaře roku 2005 (212 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), kdy se v důsledku mimořádné boční eroze sesunula do koryta většina z kmenů kotvených v břehu meandru M1. Při kontrolním zaměření nebylo možné tyto kmeny jednotlivě identifikovat, přestože byla u dna v konkávné meandru M1 zaměřena řada kmenů pocházejících pravděpodobně z rozpadlé struktury (obr. 4).

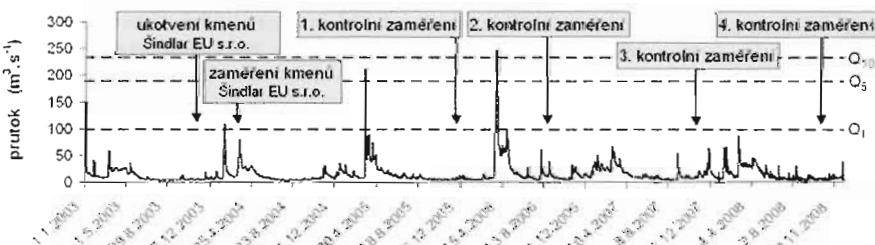
Tyto kmeny byly v následujících letech převážně překryty sedimentem posouvajícím se koryta.

Až na tento dílčí neúspěch daný extrémní boční erozí v meandru M1, byla stabilita ostatních kotvených struktur uspokojivá. V ojedinělých případech se kotvené kmeny mírně posunuly. Zejména šlo o změnu orientace vzhledem k proudu, kdy osou otáčení byl kořenový bal.

Zatím největší povodni, která otěstovala stabilitu kotveného dřeva na lokalitě, byla jarní povodeň v roce 2006, kdy průtok 248 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> odpovídal hodnotám dvacetileté vody [23]. Překvapivě při této povodni již nedošlo k žádným dramatickým změnám. V meandru M2 nebyly identifiková-



Obr. 4. Změny v poloze sedmdesáti kmenů, které byly na pěti úsecích toku Moravy ukotveny v roce 2003. Jednotlivé kotvené kmeny byly při kontrolním zaměření identifikovány podle štítků s číslem



Obr. 3. Denní průtoky na profilu Morava – Moravičany v letech 2003–2008. Během sledovaného období byly na profilu zaznamenány dvě větší povodně: více než pětiletá voda na jaře 2005 a přibližně dvacetiletá povodeň na jaře 2006 (zdroj dat: ČHMÚ)

**Tab. 1. Míra břehové eroze v oblasti úseků s kotvenými kmeny souhrnně za období 2004–2008. Průměrný ústup břehu vyjadřuje průměrnou boční erozi vztaženou na délku daného úseku, maximální ústup břehu je nejvyšší zjištěnou hodnotou boční eroze v daném úseku**

úsek s kotvenými kmeny	délka břehu (m)	ústup břehu průměrný (m)	ústup břehu maximální (m)
M1	107,3	7,5	14,2
M2	109	3,8	7,4
M3	43,8	1	2,1
M4	76,2	2,5	5,9
M5	102,7	3,9	9,7

ny čtyři z dvaceti instalovaných kmenů. Je ovšem možné, že některé z nich leží uvnitř akumulace, která se vytvořila v dolní části meandru. Ztráta dvou kotvených kmenů v úseku M5 byla způsobena lidským zásahem (pravděpodobně nedorozuměním byly kmeny za neznámých okolností rozřezány).

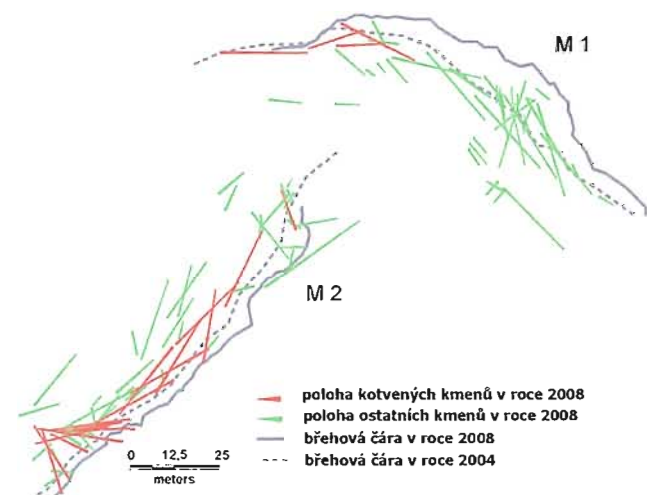
V následujících letech 2007 a 2008 nebyla lokalita vystavena žádnému významnější povodni. Pouze v některých případech byl zaznamenán posun kotvených kmenů, který souvisel spíše s postupným sesouváním bazálních částí kmenů z vysokého břehu do koryta.

Pozoruhodný je postupný nárůst množství naplaveného dřeva (obr. 5). Jde o dynamickou složku říčního ekosystému, jejíž část se na lokalitě každoročně obnovuje. Díky zvýšené akumulaci splávů narostlo do roku 2008 celkové množství dřevní hmoty na lokalitě až na 86,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Zvyšování množství naplaveného dřeva je nepochybně výsledkem zvětšení počtu stabilních kmenů, které slouží jako základ pro akumulaci splávů.

I když projekt předpokládal určité omezení eroze koryta, ústup břehové linie v nárazových obloucích meandru byl stále významný (tab. 1, obr. 6). Mimořádné rychlosti dosahovala boční eroze v meandru M1, kde se linie nárazového břehu posunula ve sledovaném pětiletém období o více než 14 metrů. Břehová hrana se tak opět přiblížila k okraji lesního porostu, takže od roku 2007 se do koryta spontánně sesouvají další vzrostlé stromy. Účinnost kotvených struktur pro ochranu břehů byla závislá na tom, jestli mezi kotvenými kmeny vznikla (podle očekávání) akumulace naplaveného dřeva. Náznaky takového vývoje byly pozorovány v meandrech M2, M4 a M5 – obr. 7.

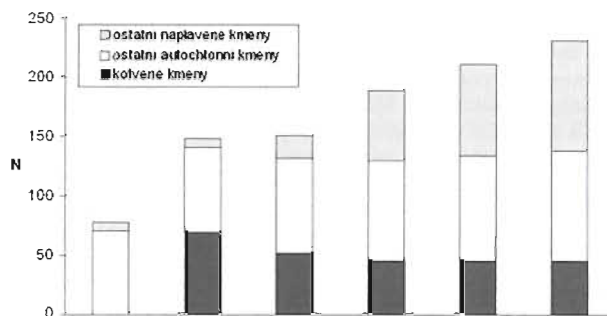
## Diskuse

Pokud je autorům známo, stabilizace dřevní hmoty na lokalitě Vrapač je dosud jediným příkladem vkládání dřeva do vodního toku 6. řádu, který byl v České republice realizován. Ovšem i ve středoevropském měřítku jde o poměrně významný počin, neboť naprostá většina revitalizačních akcí, při kterých bylo do vodního toku vkládáno dřevo, se odehrála na malých tocích. Na příklad Kail a kol. [24] eviduje ve své studii padesát revitalizačních projektů v Německu

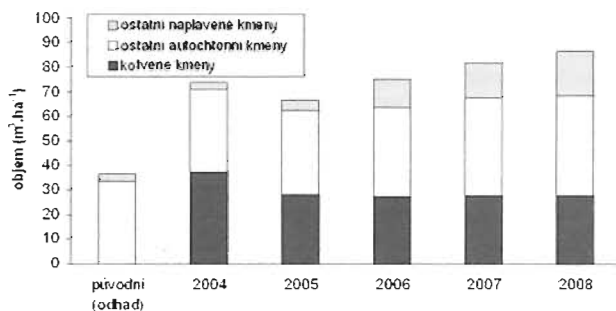


**Obr. 6. Schematický záznam polohy kotvených a ostatních kmenů v meandrech M1 a M2 v roce 2008. Pro představu míry břehové eroze je zakreslena i původní břehová hrana z roku 2004. Schéma bylo pořízeno s využitím technologie FieldMap® firmy IFER s.r.o.**

Počet kmenu



Objem kmenu



**Obr. 5. Počet kusů a objem dřevní hmoty o délce 4 a více metrů v korytě Moravy na lokalitě Vrapač**

a Rakousku jen osm případů, kdy bylo dřevo vloženo do vodního toku s šířkou koryta větší než 20 metrů.

Pro stránce množství dřevní hmoty je dnes lokalita Vrapač velmi dobře srovnatelná s evropskými lokalitami přírodně blízkých vodních toků s neudržovanými břehovými porosty. Gurnell [2] uvádí pro přirozené evropské vodní toky objem dřevní hmoty kolem 100 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Pro vodní toky ve snížených lesích a tvrdých luzích dochází k průměrné hodnotě 94,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, přičemž většina použitých dat pochází z koryt do šíře 10 metrů.

Boluzel nelze objektivně posoudit, jestli mělo opatření vliv na vertikální stabilizaci koryta, protože zaměření hloubkového profilu dna nebylo při realizaci provedeno. Horizontální posun koryta byl ve sledovaném období na mnoha místech stále velmi rychlý. Ukotvené kmeny měly jistě vliv na disipaci energie vodního proudu, ale jejich



**Obr. 7. Pohled na kotvené kmeny v meandru M2 za nízkého stavu vody. Takové množství dřevní hmoty v korytě není v přirozených podmínkách neobvyklé (foto: P. Kožený)**

množství na jednotku plochy koryta bylo nízké na to, aby zásadně snížily rychlost proudění podél nárazových břehů při zvýšených vodních stavech. Ze zahraničí byly popsány úspěšné projekty snížení rychlosti eroze koryta, při kterých ale bylo použito několikanásobně vyšší množství dřevní hmoty, než tomu bylo na Vrapači. Z minulosti nemáme podrobné údaje o rychlosti břehové eroze v tomto konkrétním úseku toku Moravy a míra břehové eroze v pětiletém období sledování byla dána především jednotlivými povodňovými událostmi. Na břehovou erozi neupravených vodních toků ale není třeba hledět jako na něco nepatřičného. Zrychlený horizontální posun kynety koryta je v tomto případě výsledkem zvýšené energie vodního toku ovlivněného úpravami navazujícího úseku. Oproti zahlubování koryta, které je v celém širším území Vrapače pozorovatelné [20], je boční eroze tou příznivější variantou.

Způsob ukotvení kmenů pomocí ocelových lan se ukázal jako poměrně vyhovující. Rovněž nebyly problémy se zachytáváním splávi na napjatých lanech směřujících ke kmenům v korytě. Někdy je poukazováno na nebezpečí vzniklé odplavením kmenů spojených lany, které lze pak jen těžko odstraňovat po zachycení na jezích nebo mostních pilířích. K ničemu takovému ale v tomto případě nedošlo. Ke konstrukci kotvených struktur byly použity celé neodvětvené stromy včetně kořenového balu, které jsou díky svým rozměrům a celkové specifické hustotě dostatečně stabilní. Významný posun jednotlivých kmenů je tedy i po rozpadu kotvené struktury málo pravděpodobný. Svědčí pro to i srovnání s desítkami autochtonních (nekotvených) kmenů podobných rozměrů, které byly zaměřeny v korytě opakovaně v nezměněné poloze.

Stabilita kotvených kmenů na Vrapači byla podobná jako u případů popsaných ze zahraničí. Frissel a Nawa [26] ve své studii ze severozápadu USA udávají, že po průchodu dvou- až desetileté povodně zůstalo na původním místě jen 40 % z celkem 161 struktur vložených do vodních toků kvůli zlepšení podmínek pro rybí populace. Struktury kotvené pomocí lan byly relativně nejodolnější – přes 70 % z nich obstálo beze změny. V případě Vrapače zůstalo po pěti letech a dvou větších povodních na svém místě prokazatelně 59 % kotvených kmenů (s tolerancí posunu do pěti metrů). Největší podíl posunutých nebo blíže neidentifikovatelných kmenů připadá na rozpadlou konstrukci kmenů v meandru M1. Na možné problémy s erozí v meandru M1 bylo upozorňováno zpracovatelem projektu již před realizací. Brodový úsek, kterým je zakončena přirozená meandrující část Moravy v oblasti Vrapače, byl zpětnou erozí v té době prohlouben o cca 0,5–0,75 metru a zaklesnutím dna se boční eroze konkávního břehu výrazně akcelerovala. V úsecích mimo meandr M1 zůstalo na svém místě 77 % kmenů. Jako ztracené (neidentifikovatelné) byly ale počítány i kmeny, které jsou pravděpodobně zakryty sedimentem v blízkosti své původní polohy nebo zanikly vinou lidské činnosti. V literatuře je bohužel popsáno jen málo studií, které se zabývají stabilitou kotvených struktur dřevní hmoty při povodňových průtocích. Ani v evropských podmínkách nelze očekávat, že bude stabilita kotvené dřevní hmoty absolutní, a proto je třeba zvažovat rizika pro vodní stavby a intravilány obcí nacházející se níže po proudu. Pozice kotveného dřeva (byť stabilního) v lokalitě Vrapač je z tohoto pohledu určitým rizikem, protože úsek se nachází nad Litovlí, se kterou jej spojuje napřímené zkapacitněné koryto. Řeka Morava je ale v oblasti CHKO Litovelské Pomoraví obecně bohatá na množství splavovaného dřeva, které nelze z hlediska k přirozenému charakteru koryta, rozsáhlým lesním porostům a ochranným podmínkám území nikdy zcela vyloučit. Splávám ohrožované stavby na toku by kromě dílčí údržby koryta mohly být chráněny pomocí technických zařízení, jako jsou například lapače splávi [např. 25].

V posledních dvou letech sledování byl patrný trend postupného sesouvání kotvených kmenů z břehů do koryta. Přítomnost překážky, kterou je kořenový bal, v těsné blízkosti nárazového břehu pravděpodobně vyvolá lokální vymílání a další ústup břehové hrany. Z dlouhodobého hlediska ale bude mít kmen ponořený na dně koryta větší stabilizační funkci než kmeny zasahující do koryta jen z části. Kotvené struktury bude potřeba i nadále průběžně sledovat, zejména z důvodu možné potřeby obnovení úvazů a trvanlivosti dřeva, u kterého se v posledních letech projevila místy fragmentace.

Dílčím neúspěchem, který stojí za připomenutí, je reakce veřejnosti. Ačkoliv záměr stabilizace kmenů byl řádně vodoprávně projednán, nový stav koryta vzbudil nevoli části místních obyvatel, kteří se cítili ohroženi v případě povodně (I. Machar, osobní sdělení). Dřevo akumulované v řečišti je obvykle veřejností vnímáno jako neestetický a nebezpečný prvek, který je výsledkem nedostatečné údržby vodního toku [27, 28] nařízené zákonem. Podobné projekty, jako byla stabilizace dřevní hmoty na Vrapači, proto musí provázet důkladná informační kampaň.

## Závěry

Stabilizace dřevní hmoty v oblasti Vrapače je dosud jediným příkladem svého druhu na větším vodním toku v rámci celé České republiky. Poměrně úspěšná stabilizace velkých stromů v korytě nezpůsobila žádné komplikace ani ohrožení nedalekého města Litovle, přestože ve sledovaném období byly zaznamenány na lokalitě dvě větší povodně. Přesto jde o opatření, které vzhledem ke své poloze bude třeba průběžně sledovat. Množství použité dřevní hmoty bylo příliš malé na to, aby významněji tlumilo zrychlenou boční erozi tohoto úseku toku. Řeka Morava v oblasti Vrapače je dnes příkladem neupraveného vodního toku, kde se množství dřevní hmoty pravděpodobně blíží přirozeným podmínkám.

Poděkování: *Děkujeme firmě IFER s.r.o., především Ing. Janu Apltauerovi, za výborné služby při zaměřování in tereno. Tento příspěvek byl vytvořen s podporou výzkumného záměru MZP 0002071101.*

## Literatura

- [1] Gregory, K. J.: The limits of wood in world rivers: Present, past, and future. In: Gregory, S. V., Boyer, K. L., Gurnell, A. M. (Eds.). *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2003: 1-19.
- [2] Gurnell, A. M.: Wood storage and mobility. In: Gregory, S. V., Boyer, K. L., Gurnell, A. M. (Eds.). *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2003: 75-91.
- [3] Máčka, Z., Krejčí, L.: Plavená dřevní hmota (splávi) v korytech vodních toků – případová studie z CHKO Litovelské Pomoraví. Měkotová, J. a Štěrba, O. *Říční krajina 4*. Olomouc, Univerzita Palackého. 2006. 172-182.
- [4] Shields Jr, F. D., Smith, R. H. (1992): Effects of large woody debris removal on physical characteristics of a sand-bed river. *Aquatic Conservation* 2: 145-163.
- [5] Gippel, C. J. (1995): Environmental Hydraulics of Large Woody Debris in Streams and Rivers. *Journal of Environmental Engineering* 121: 388-395.
- [6] Buffington, J. M., Montgomery, D. R. (1999): Effects of hydraulic roughness on surface textures of gravel-bed rivers. *Water Resources Research* 35: 3507-3521.
- [7] Abbe, T. B., Montgomery, D. R. (2003): Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology* 51: 81-107.
- [8] Beschta, R. L. (1979): Debris removal and its effects on sedimentation in an Oregon Coast Range stream. *Northwest Science* 53: 71-77.
- [9] Bilby, R. E., Likens, G. E. (1980): Importance of organic debris dams in the structure and function of stream ecosystems. *Ecology* 61: 1107-1113.
- [10] Benke, A. C., Wallace, J. B.: Influence of wood on invertebrate communities in streams and rivers. In: Gregory, S. V., Boyer, K. L., Gurnell, A. M. (Eds.). *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda: American fisheries society, 2003: 149-177.
- [11] Angermeier, P. L., Karr, J. R. (1984): Relationships between woody debris and fish habitat in a small warmwater stream. *Transactions of the American Fisheries Society* 113: 716-726.
- [12] Dolloff, C. A., Warren, J.: Fish relationships with large wood in small streams. In: Gregory, S. V., Boyer, K. L., Gurnell, A. M. (Eds.). *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2003: 179-193.
- [13] Brooks, A. P., Howell, T., Abbe, T. B., Arthington, A. H. (2006): Confronting hysteresis: Wood based river rehabilitation in highly altered riverine landscapes of south-eastern Australia. *Geomorphology* 79: 395-422.
- [14] Lester, R. E., Boulton, A. J. (2008): Rehabilitating Agricultural Streams in Australia with Wood: A Review. *Environmental Management* 42: 310-326.
- [15] Kail, J., Hering, D. (2005): Using large wood to restore streams in Central Europe: Potential use and likely effects. *Landscape Ecology* 20: 755-772.
- [16] Gerhard, M., Reich, M.: Totholz in Fließgewässern - Empfehlungen zur Gewässerentwicklung. *GFGmbH & WBWmbH*, Mainz - Heidelberg. 2001. 85 s.
- [17] Brooks, A. P., Abbe, T. B., Cohen, T., Marsh, N., Mika, S. J., Boulton, A. J., Broderick, T., Borg, D., Rutherford, I.: Design guideline for the reintroduction of wood into Australian streams. *Land & Water Australia*, Canberra. 2006.
- [18] Mott, N.: Managing Woody Debris in Rivers and Streams. *Staffordshire Wildlife Trust*. UK. 2005. 16 s.
- [19] Saldi-Caromile, K., Bates, K., Skidmore, P., Barenti, J., Pineo, D.: Stream Habitat Restoration Guidelines: Final Draft. *Washington Departments of Fish and Wildlife and Ecology and the U.S. Fish and Wildlife Service*. Olympia, Washington, 2004.
- [20] Kirchner, K., Lacina, J., Máčka, Z., Hrádek, M., Ivan, A., Hofírková, S., Petrová, A., Jurajda, P., Krejčí, M., Roštínský, P. Studium a modelování antropogenního ovlivnění říční sítě v Národní přírodní rezervaci Vrapač. *Akademie věd ČR, Ústav geoniky, pobočka Brno*. Brno. 1999. 59 s.
- [21] Šindlar, M., Zapletal, J., Lohmiský, J.: Problematika plavené dřevní hmoty (splávi) v CHKO Litovelské Pomoraví. Grantový projekt VaV 610/10/00 „Vliv hospodářských zásahů na změnu v biologické rozmanitosti ve ZCHÚ“ v rámci Programu výzkumu

- a vývoje MŽP pro rok 2000 – Biosféra, Býšť. 2003. 20 s.
- [22] ŠINDLAR s.r.o.: Studie vyhodnocení stabilizace splávi v NPR Vrapač. Býšť. 2006. 13 s.
- [23] Anonym.: Zpráva o hydrologickém vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR. Český hydrometeorologický ústav. Praha. 2006. 86 s.
- [24] Kail, J., Hering, D., Muhar, S., Gerhard, M., Preis, S. (2007): The use of large wood in stream restoration: experiences from 50 projects in Germany and Austria. *Journal of Applied Ecology* 44: 1145-1155.
- [25] ŠINDLAR s.r.o.: Dokumentace k územnímu řízení. Lapač plavené dřevní hmoty – Litovel. Býšť. 2004.
- [26] Frissell, C. A., Nawa, R. K. (1992): Incidence and Causes of Physical Failure of Artificial Habitat Structures in Streams of Western Oregon and Washington. *North American Journal of Fisheries Management* 12: 182-197.
- [27] Piégay, H., Gregory, K. J., Bondarev, V., Chin, A., Dahlström, N., Eloşegi, A., Gregory, S. V., Joshi, V., Mutz, M., Rinaldi, M., Wyzga, B., Zawiejska, J. (2005): Public Perception as a Barrier to Introducing Wood in Rivers for Restoration Purposes. *Environmental Management* 36: 665-674.
- [28] Le Lay, Y. F., Piégay, H., Gregory, K., Chin, A., Dolédec, S., Eloşegi, A., Mutz, M., Wyzga, B., Zawiejska, J. (2008): Variations in cross-cultural perception of riverscapes in relation to in-channel wood. *Transactions of the Institute of British Geographers* 33: 268-287.

**Mgr. Pavel Kožený (autor pro korespondenci)**

**Ing. Petr Vajner**

**VÚV T.G.M.**

**Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6**

**pavel\_kozeny@vuv.cz**

**Ing. Olga Žerníčková**

**Správa CHKO Litovelské Pomoraví**

**Husova 5, 784 01 Litovel**

**Ing. Miloslav Šindlar**  
**Mgr. Jan Zapletal**  
**ŠINDLAR s.r.o.**  
**Luční 460, 500 03 Hradec Králové**

*Development of wood stabilization in the Morava river, Litovelské Pomoraví protected landscape area (Kožený, P.; Vajner, P.; Žerníčková, O.; Šindlar, M.; Zapletal, J.)*

---

**Key words**

*natural channels – large woody debris – wood stabilization – Litovelské Pomoraví protected landscape area*

---

**In the year 2003, seventy large trees were placed and anchored at five concave stretches of the Morava river, Litovelské Pomoraví protected landscape area. The aim of this measure was a safe stabilization of wood in the stream channel and stabilization of channel erosion. Although the rate of bank erosion within the next five years was still abnormal, stability of anchored logs was generally good. Five years after the placement and after two major floods, at least 59 % of anchored trees remained at its original position. No logs were probably flushed away to a longer distance. Nowadays, the Vrapač locality is an example of unregulated stream reach, where amount of in-stream wood is reaching the natural conditions.**

**Tento článek byl recenzován a je otevřen k diskusi do 31. května 2011. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků.**

**Příspěvky posílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.**