

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Otmar PETYNIAK

**ANALÝZA SOUČASNÉHO VÝVOJE RELIÉFU
KENICKÉHO MEANDRU**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Jakub Miřijovský

Olomouc 2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Jakuba Miřijovského.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 21. května 2012

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při tvorbě této bakalářské práce. Především bych chtěl poděkovat vedoucímu práce RNDr. Jakobovi Miřijovskému za konzultace, rady a za dojednání zapůjčení přístrojového vybavení. Dále Heleně Uhrové za spolupráci při zaměřování v terénu a také Ing. Olze Žerníčkové ze Správy CHKO Litovelské Pomoraví za vstřícné a ochotné jednání a za poskytnutí podkladů.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	6
ÚVOD	7
1 CÍLE PRÁCE.....	7
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	8
2.1 Geodetické metody zaměření zájmového území.....	8
2.2 Použitá data	9
2.3 Použité programy	9
2.4 Postup zpracování	9
3 FLUVIÁLNÍ GEOMORFOLOGIE	12
3.1 Říční vzory a meandrování řek	12
3.2 Rovnováha vodních toků.....	17
4 DŘEVNÍ HMOTA VE VODNÍCH TOCÍCH.....	19
4.1 Terminologie	19
4.2 Vliv říčního dřeva na morfologii koryta	20
5 KENICKÝ MEANDR.....	23
5.1 Charakteristika zájmového území	23
5.2 Předchozí výzkum lokality.....	28
5.3 Analýza historického vývoje Moravy v okolí Kenického meandru.....	29
5.4 Příčné profily.....	32
5.5 Kenická akumulace a říční dřevo	36
5.6 Další vývoj lokality	40
6 KENICKÁ SMUHA	41
6.1 Smuhy	41
6.2 Digitální model reliéfu Kenické smuhy	42
7 DISKUZE	45
8 ZÁVĚR.....	46
PŘÍLOHY	52
 POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
 SUMMARY	
 PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
CN	Celočíselná nejednoznačnost
DMR	Digitální model reliéfu
FWD	Fine woody debris – Drobné říční dřevo
CHKO	Chráněná krajinná oblast
KGI	Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta UP
LWD	Large woody debris – Hrubé říční dřevo
NPR	Národní přírodní rezervace
PP	Přírodní památka
PR	Přírodní rezervace
RTK	Real Time Kinematic
ř. km	Říční kilometr
SWD	Small woody debris – Drobné říční dřevo
TIN	Triangulated Irregular Network
VÚV T.G.M.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
WMS	Web Map Service

ÚVOD

Lidé odedávna využívají říční krajinu jako zdroj potravy, pitné vody nebo mechanické energie. V jejím okolí se také utvořily první civilizace. Dokud lidstvo nemělo technické prostředky, respektovalo řeky jako živel. To se v průběhu historie změnilo a v posledních dvou staletích byla většina řek v obydlených oblastech vyspělých států regulována a napřimována a zároveň docházelo k hustému osidlování říční nivy. Výsledkem byly stále větší povodňové škody a na vodu v krajině se pohlíželo jako na něco, co je potřeba co nejrychleji odvést pryč. Nejinak tomu bylo na našem území, kde velká část říční krajiny musela ustoupit zemědělství a sídlům. Od 2. poloviny 20. stol. se začíná uplatňovat moderní komplexní pohled na říční systémy a začíná být kladen důraz na vztahy a vazby s okolním prostředím. V České republice se větší zájem o říční krajinu projevil až po ničivých povodních v letech 1997 a 2002.

Vodní toky na našem území jsou téměř ve všech úsecích antropogenně upravené. Jedním z největších areálů, kde byla řece ponechána možnost přirozeného vývoje je CHKO Litovelské Pomoraví, vyhlášená 12. listopadu 1990. Na území CHKO se nachází množství lokalit se zachovalou přírodě blízkou řekou, na kterou navazuje lužní les. Mezi ně se řadí i Kenický meandr. Velikostí jeden z největších meandrů na středním toku Moravy se nachází ve vrcholné fázi vývoje, kdy se v průběhu zpracovávání této bakalářské práce protrhla jeho šíje. V našich podmínkách jde o poměrně vzácný jev (k poslednímu přirozenému protržení meandru došlo na Odře u Bohumína při povodni v roce 1997), a proto bylo více než žádoucí jej zmapovat. Další zajímavostí této lokality je zřejmě největší akumulace říčního dřeva v České republice, která se nachází v bezprostřední blízkosti šíje meandru a Kenická smuha – boční občasně zaplavované koryto Moravy, které na část roku úplně vysychá.

Téma práce jsem si vybral proto, že odjakživa mám rád řeky, terénní sběr dat a v neposlední řadě jsem také chtěl dělat něco, co někdo dál využije a bude mít návaznost.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je provést morfologickou analýzu vývoje reliéfu v Přírodní rezervaci Kenický. Základem pro výstupy práce jsou geodetická terénní měření provedená ve spolupráci s Helenou Uhrovou; tvorba dvou sad příčných profilů, dvojí zaměření koryta Moravy v oblasti Kenického meandru a jedno zaměření Kenické smuhy. Práce navazuje na studii Prognóza geomorfologického vývoje řeky Moravy (MÁČKA – KREJČÍ, 2006c) zpracovanou pro Správu CHKO Litovelské Pomoraví.

Vyhodnocením měření vzniknou mapy stavu koryta Kenického meandru před a po protržení šíje s geodeticky zaměřenou břehovou čarou a zákřesem šterkopískových náplavových lavic a říčního dřeva přítomného v korytě. Dalším výstupem bude analýza změn reliéfu dna z příčných profilů vytvořených v rámci bakalářské práce Heleny Uhrové. Data získaná zaměřením Kenické smuhy budou použita k tvorbě DMR (Digitálního modelu reliéfu) smuhy.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Geodetické metody zaměření zájmového území

Při měření byly použity standardní geodetické metody. Zaměření koryta Kenického meandru a Kenické smuhy bylo provedeno **tachymetrií**. Ta se používá při současném měření polohopisu a výškopisu. Zaměřování se provádí ze stanoviska o známých souřadnicích. Poloha bodů je určena souřadnicemi, jenž jsou definovány vztahy:

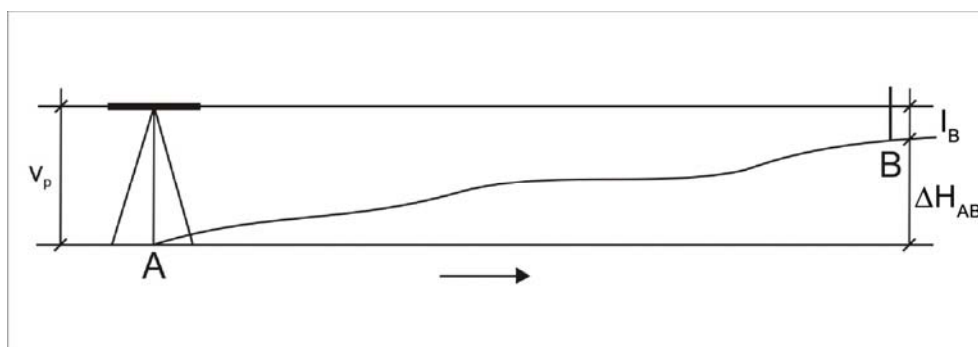
$$\begin{aligned} X &= X_0 + s_d \cdot \sin z \cdot \cos \alpha, \\ Y &= Y_0 + s_d \cdot \sin z \cdot \sin \alpha, \\ Z &= Z_0 + s_d \cdot \cos z + v_p - v_c, \end{aligned} \quad (1)$$

kde X_0, Y_0, Z_0 .. jsou souřadnice stanoviska,
 s_d .. šikmá délka,
 z .. zenitový úhel,
 α .. směrník,
 v_p .. výška přístroje na stanovisku,
 v_c .. výška cíle.

K tachymetrickému měření byla použita totální stanice (elektronický tachymetr) značky Pentax, typ V227N, která byla zapůjčena společností **ARCHAIA Olomouc o.p.s.**

Tvorba příčných profilů řeky byla provedena pomocí **geometrické nivelace**. K nivelaci byl použit přístroj značky South, typ NL-20 s kompenzátorem, ve vlastnictví Katedry geoinformatiky (KGI). Nivelace je metoda výškového měření při které se určuje rozdíl výšek mezi dvěma body. K tvorbě profilů byla vybrána metoda nivelace vpřed: Na bod A se postaví nivelační přístroj a připraví se k měření, na bod B se postaví nivelační lať. Změří se výška přístroje v_p a na lať se odečte laťový úsek l_B (ČADA, 2012). Výsledné převýšení se určí ze vztahu:

$$\Delta H_{AB} = v_p - l_B \quad (2)$$



Obr. 2.1 Schéma nivelace vpřed

Část levého břehu meandru byla na jaře zaměřena vedoucím práce pomocí **dvoufrekvenčního GNSS** přístroje Topcon HiPer II. Tento přístroj je ve vlastnictví KGI od půlky dubna 2012. Je schopen přijímat signál GPS i GLONASS, jeho součástí je

i rádio modem Satel a GSM modem pro připojení k sítím TopNET, CZEPOS, SKPOS pro měření kinematickou metodou a RTK (Real Time Kinematic) metodou.

V terénu byla použita kinematická metoda fázového měření. Při fázových měřeních se zpracovávají nosné vlny signálu (ne dálkoměrné kódy) a lze dosáhnout přesností až na milimetry. Přijímač spočítá počet vlnových délek nosné vlny, nacházejících se mezi přijímačem a družicí. Tento počet se skládá z obtížně určitelného celočíselného násobku nosných vln a z desetinné části, kterou je přijímač schopen určit relativně velmi přesně. Fázová měření tedy vykazují nejednoznačnosti (ambiguity) počtu celých vlnových délek mezi přijímačem a družicí – označují se jako celočíselná nejednoznačnost (CN). Určování CN je časově náročné a vyžaduje vhodné observační podmínky a příjem korekcí ze sítě referenčních stanic. Pokud přijímač určí počáteční hodnotu CN, je schopen průběžně sledovat změny fázového posunu. Jakmile dojde k přerušení sledování nosné vlny, dojde k fázovému skoku a přijímač musí začít nová měření CN (MÍRJOVSKÝ, 2011). Jelikož v olistěném lužním lese lze přijímat kvalitní signál pro fázové metody pouze omezeně, mohla být touto metodou zaměřena břehová čára pouze severní část levého břehu Kenického meandru (více o měření pomocí GNSS v této oblasti lze nalézt v bakalářské práci Heleny Uhrové).

2.2 Použitá data

Většina použitých dat byla vytvořena vlastním geodetickým měřením. K přehledové mapě 5.1 jako podklad použita datová sada Data200 od ČÚZK. Byly využity také historické mapy volně dostupné na internetu (přehledně je shrnuje Tab. 5.4). Kromě map byly použity také historické letecké snímky. Kromě snímku z roku 1938, poskytnutý Správou CHKO Litovelské Pomoraví, pocházejí všechny z vlastnictví KGI, která je zakoupila od VGHMÚř Dobruška a jsou uloženy u vedoucího práce.

Letecké snímky poskytl VGHMÚř Dobruška, © MO ČR 2011

2.3 Použité programy

Stažená data z totální stanice ve formě textových souborů byla převáděna a zpracovávána v programu ArcGIS 10 for Desktop. V tomto programovém prostředí byl také vytvářen digitální model Kenické smuhy. Případné systematické chyby vzniklé při měření byly opravovány pomocí software Groma 9.0 demo od společnosti Geoline, spol. s r.o. Proudnice a příčné profily byly graficky zpracovávány v programu CorelDRAW X5. Ke konečné editaci map a výstupů sloužil také program Adobe Photoshop CS5, všeobecně byly využity také aplikace z kancelářského balíku Microsoft Office 2007.

2.4 Postup zpracování

2.4.1 Zaměřování břehů a Kenické smuhy

Po vytyčení dvou známých bodů v ostruže meandru vedoucím práce byly zaměřovány břehové linie, stanoviska a body příčných profilů. Body břehových linií byly voleny tak, aby věrně zachytily charakter břehu – tedy hlavně lomové body. Při vysokém a strmém břehu popřípadě břehové nátrži byla zaměřována pouze jedna řada bodů, při pozvolném

břehu a nezaplavené náplavové lavici se zaměřoval průběh hladiny a horní hrana břehu. Břehové nátrže, náplavové lavice a říční dřevo bylo zakreslováno do zaměřených břehových linií s pomocí turistického GPS přístroje.

Téměř totožně se postupovalo při zaměřování reliéfu Kenické smuhy. Kromě výše uvedeného postupu byly ještě zaměřovány lomové hrany reliéfu na dně koryta a významné body (lokální minimum v tůni, lokální maximum na náplavové lavici, strom rostoucí ze dna smuhy...), tak aby bylo dosaženo optimálního rozložení bodů, ze kterého bude možno vytvořit co nejvěrnější DMR.

2.4.2 Tvorba příčných profilů

Umístění příčných profilů bylo vybráno s ohledem na možnost kontinuity s příčnými profily vytvořenými pro studii *Prognóza geomorfologického vývoje řeky Moravy v úseku od jezu Hynkov po Kenickou lávku* (MÁČKA – KREJČÍ, 2006c).

S ohledem na rozsah práce a náročností terénních prací byly vybrány profily č. 8-18 včetně nečíslovaného červeně vyznačeného profilu přes šíji meandru. Tato mapa byla georeferencována a byla vytvořena bodová vrstva koncových bodů příčných profilů. Ze souřadnic bodů byl vytvořen gpx soubor, který byl nahrán do mobilního telefonu a pomocí GPS bluetooth modulu značky Qstarz, typ BT-Q1000eX bylo lokalizováno umístění bodů. Jelikož se jedná o GPS přijímač na úrovni přesnosti turistických GPS přístrojů, existovala odchylka od zjištěných bodů 2-12 m. Poloha profilů je tedy pouze přibližná k profilům ve výše zmíněné studii. Do vybraných míst byly zatlučeny dřevěné kolíky, jejichž poloha a nadmořská výška byla zaměřena při následném zaměřování břehů totální stanicí.

Při samotné nivelaci byl mezi kolíky natažen provaz na němž byly navázány uzlíky ve vzdálenosti 1 m a nivelací byla zjištěna výška části profilu nad vodou a výška hladiny. V části profilu pod hladinou byla měřena pouze hloubka vody, jenž při následném zpracování byla přepočtena na nadmořskou výšku.

2.4.3 Úprava a interpretace historických mapových podkladů a leteckých snímků

V dnešní době je už na internetu volně k dispozici celá řada historických mapových děl, proto nebylo obtížné najít stav zájmového území tak, jak bylo zakreslené do map v 18. a 19. století. Období od 30. let 20. století pokryly převážně letecké snímky.

Z map na internetu v byly vytvořeny pomocí funkce Print Screen výřezy oblasti a následně vloženy do programu ArcMap a georeferencovány. Interpretace změn na mapách pak byla prováděna vizuálním porovnáním. Letecké snímky musely být před georeferencováním upraveny v programu Adobe Photoshop pro lepší viditelnost zaznamenaných objektů. Jednalo se především o úpravu histogramu, kontrastu, jasu a doostření. V tomto programu byla také vytvořena mozaika snímků z map Stablního katastru, kde se oblast nacházela na více mapových listech. Po georeferencování leteckých snímků byly vektorizovány historické břehové linie. Vizuální porovnání

leteckých snímků bylo vztaženo k současnému snímkování (z roku 2009) pomocí WMS (Web Map Service) služby Národního geoportálu INSPIRE.

2.4.4 Porovnávání a charakteristika příčných profilů

Příčné profily byly zpracovány v horizontálním měřítku 1 : 200 a vertikálním měřítku 1 : 100. Nejprve byly upraveny křivky profilů oříznutím části břehu, která se nacházela výše než protější břeh. Křivky stejných profilů z obou měření pak byly barevně odlišeny a vloženy do předem připravené okótované mřížky. Pro textový popis profilu byly společně s tímto porovnáním použity poznámky z terénu při nivelaci.

3 FLUVIÁLNÍ GEOMORFOLOGIE

Fluviální geomorfologie je dílčí disciplína geomorfologie definována podle Šindlara (2008) jako „nauka o utváření a dynamických změnách ekosystémů vodních toků, údolních niv a navazujících ovlivněných zón především svahů říčních teras a erozních údolí. Korytotvorné procesy, které jsou výsledkem nahodilé frekvence opakování povodňových průtoků, určují základní parametry abiotického prostředí a následný rozvoj biotické složky ekosystémů.“ Dnes se označuje také termínem hydromorfologie.

Předmětem zkoumání jsou fluviální procesy, což jsou všechny procesy odehrávající se v interakci s prouděním vody ve vodních tocích všech velikostí. Oblastmi působení fluviálních procesů jsou především koryta vodních toků, kde formují jejich tvary (morfolgie koryta). Tyto tvary jsou určeny množstvím protékané vody, spádem toku a stupněm nasycení vody sedimenty. „Povrchově tekoucí voda je ve většině krajín hlavním odnosovým činitelem. Vývoj krajiny je proto přímo závislý na intenzitě fluviálních pochodů a na vývoji říční sítě.“ (DEMEK, 1987)

3.1 Říční vzory a meandrování řek

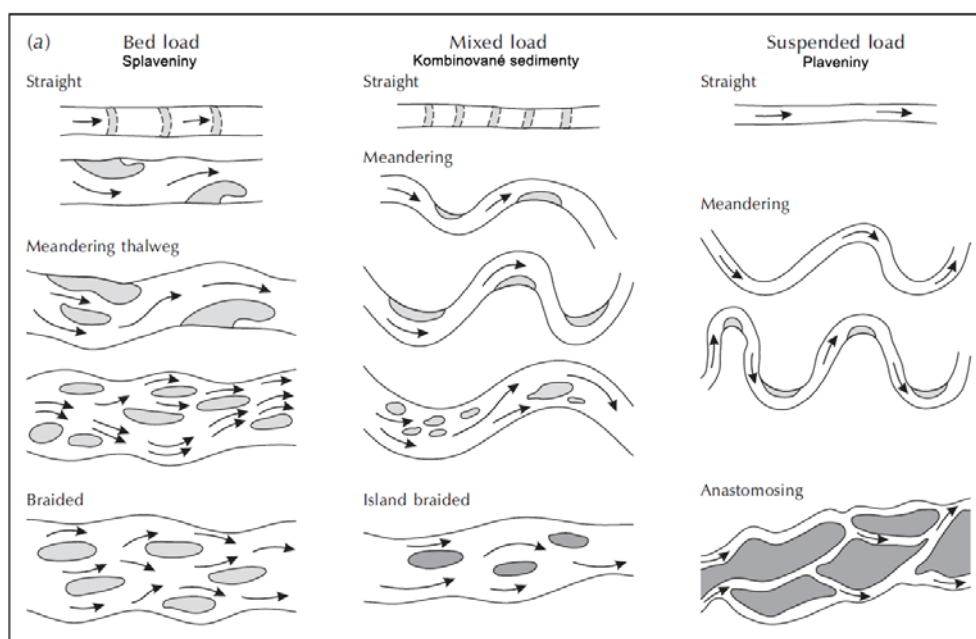
Meandrování je jedním z říčních vzorů. Říční vzory jsou přírodní nebo přírodnímu stavu blízké úseky vodních toků, které vykazují charakteristiku typickou pro daný říční vzor. Jako první je definovali L. B. Leopold a M. G. Wolman ve svém článku *River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight* (1957): „Říční vzor zahrnuje možný rozsah koryta a může být vymezen jako přímý, křivolaký, meandrující nebo divočící. (anglicky: *The channel pattern refers to limited reaches of the river that can be defined as straight, sinuous, meandering, or braided.*)“

Přímé vodní toky se přirozeně téměř nevyskytují a délka úseku většinou nepřesahuje desetinásobek šířky koryta v daném místě. Za **křivolaké** se označují všechny vodní toky, u nichž je sinusoida (křivolakost) větší než 1,2 a zároveň menší než 1,4 a nevykazují znaky divočení ani anastomózy. **Meandrování** řek je věnována druhá polovina této podkapitoly. **Divočení** vodního toku vzniká při skokovém zmenšení spádu, obvykle v málo zvládněném reliéfu po opuštění hornatin nebo při náhlém rozšíření koryta, ztrácí řeka část své energie a začíná ukládat dosud transportované částice. Z naplavenin vznikají šterkové a pískové lavice, které rozdělují koryto. Při vyšších vodních stavech jsou zaplavovány. Časem se na nich může objevit stálá vegetace, čímž se lavice stabilizuje před erozí a vzniká ostrov. Lavice mohou být také stabilizovány říčním dřevem. Dalším znakem divočících vodních toků je značná boční eroze (SMOLOVÁ, VÍTEK, 2007).

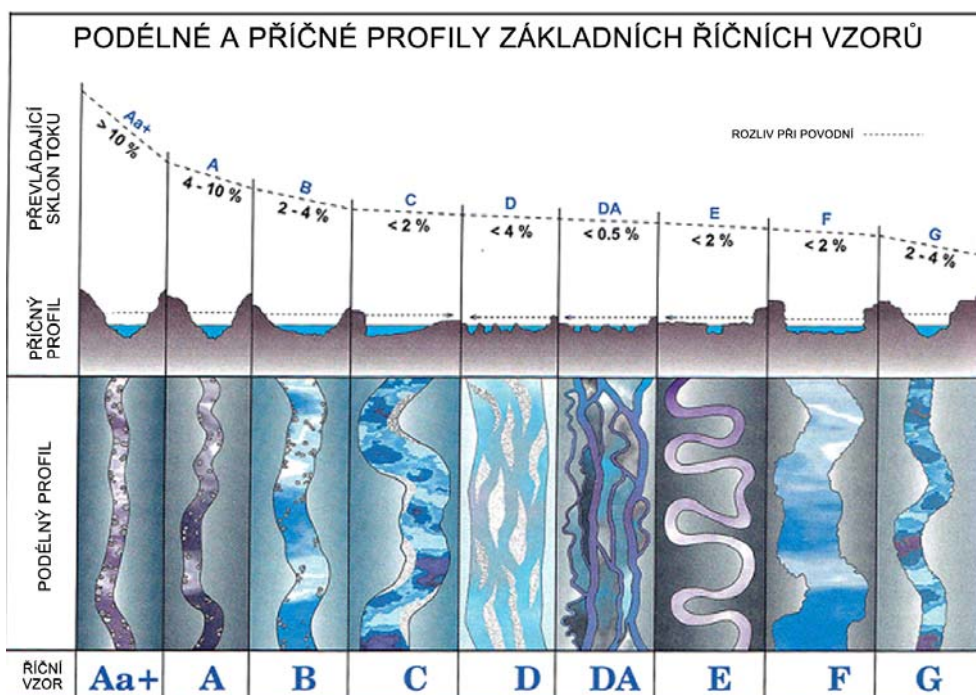
Leopold-Wolmanovo základní vymezení někteří autoři přejímají (např. CHARLTON, 2008), obvykle jej však doplňují o další říční vzor – anastomózní. **Anastomózní** vodní toky tvoří několik ramen, které neustále rozvětvují a spojují. Ramena jsou od sebe oddělena ostrovy tvořené sedimentovanými fluviálními hlinami

a jsou trvale porostlé vegetací. Každé rameno může navíc vykazovat znaky ostatních říčních vzorů.

Jiní autoři toto rozdělení rozšiřují zahrnutím parametrů vodního toku; S. A. Schumm rozlišuje 14 říčních vzorů, kde zohledňuje převládající typ a množství transportovaných a ukládaných sedimentů, zatímco klasifikace D. Rosgena dělí vodní toky podle sinuosity, sklonu, poměru šířky a hloubky koryta a zahloubení. Umožňuje teoretický odhad potencionálu vodního toku ke změnám, tedy i budoucí přirozený vývoj systému, který lze odvodit z tabulek kombinací pro různé hodnoty parametrů.



Obr. 3.1 Schummovo rozdělení říčních vzorů (HUGGET, 2007)



Obr. 3.2 Rosgenovo rozdělení říčních vzorů (ROSGEN, 1994)

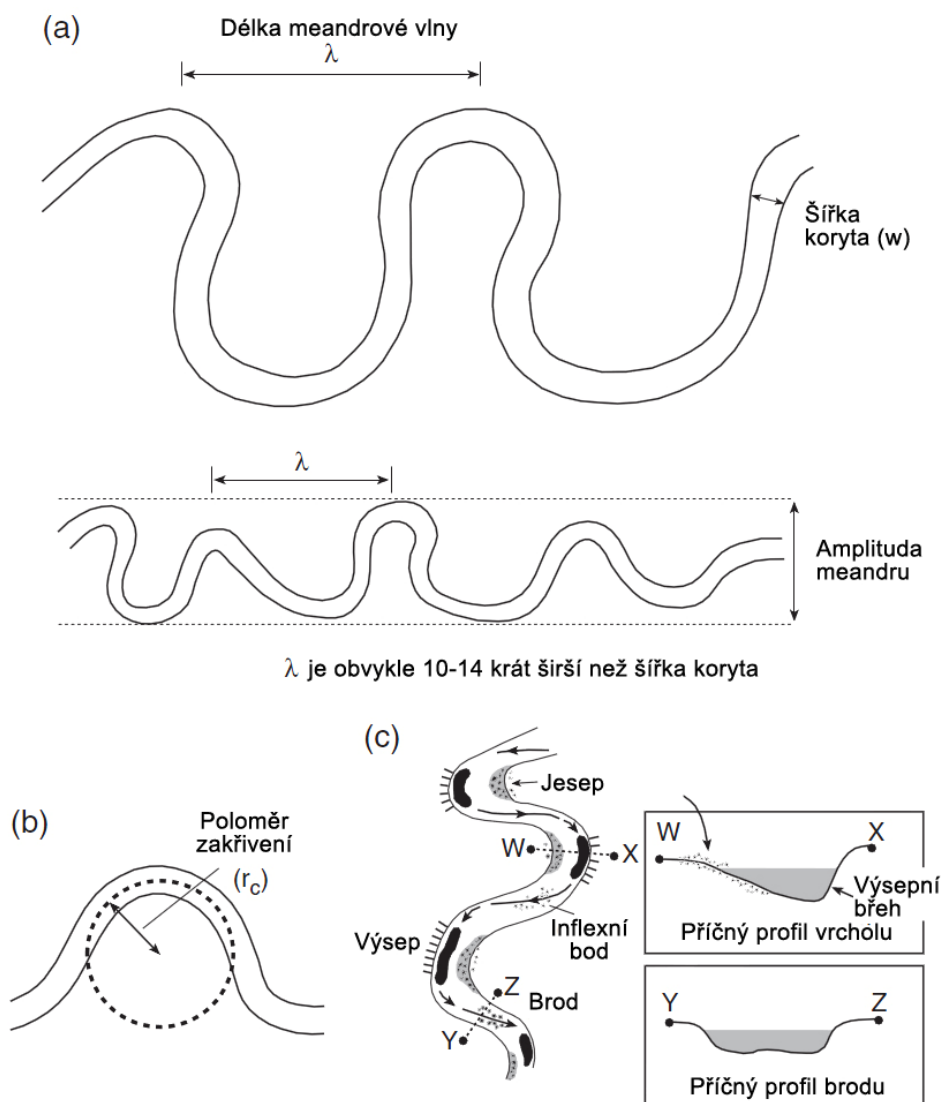
Tab. 3.1 Stručná charakteristika říčních vzorů dle D. Rosgena

Říční vzor	Popis
Aa+	Velmi strmý břeh, zahloubené koryto, transport materiálu proudem.
A	Strmý břeh, zahloubené koryto, kaskádovitý charakter – střídání přejí (eroze a transport) a tůní (sedimentace materiálu). Velmi stabilní při převaze balvanitého nebo skalnatého dna.
B	Mírně zahloubené, převážně mělké koryto, mírný sklon, příležitostně tůně. Velmi stabilní břehy.
C	Malý sklon, meandrující, jesepní lavice, střídání mělčin a tůní. Koryto uložené v nestabilních fluvialních sedimentech s dobře zřetelnou nivou.
D	Divočící koryto s příčnými a podélnými naplaveninovými lavicemi. Široké koryto s erodovanými břehy.
DA	Anastomózní tok, s úzkými a hlubokými rameny. Proměnlivé zvlnění reliéfu. Niva s mokřady a bohatou vegetací. Stabilní břehy.
E	Meandrující tok s malým sklonem. Střídání mělčin a tůní. Malá variabilita šířky a hloubky koryta. Velká energie toku a variabilita šířky meandrů. Nízká sedimentace.
F	Zahloubený meandrující tok s malým sklonem. Střídání mělčin a tůní. Velká variabilita šířky a hloubky koryta.
G	Stupňovité koryto se středním sklonem, zahloubení v kaňonu. Malá variabilita šířky a hloubky koryta.

Mezi říčními vzory nejsou definovány jednoznačné hranice, řeka může totiž vykazovat znaky více říčních vzorů a plynule přecházet z jednoho vzoru do druhého. Antropogenně upraveným tokům často nelze přiřadit žádný ze vzorů, neboť úroveň jejich odpřírodnění je příliš velký.

Meandry jsou zákruty koryta toku větší délky, než je polovina obvodu kružnice nad jeho tětivou. Středový úhel oblouku je větší než 180° (DEMEK, 1987). Hlavním znakem pro vymezení meandrující řeky je její koeficient křivolakosti (sinusoita). Ten musí být větší než 1,5 (LEOPOLD, WOLMAN, 1957).

Sinusoita je zde podíl délky vodního toku mezi dvěma body a vzdušné vzdálenosti mezi nimi. **Délka meandrové vlny** označuje vzdálenost mezi inflexními body dvou protilehlých oblouků meandru (SMOLOVÁ, VÍTEK, 2007 – srov. s Obr. 3.3 (a)). **Inflexní bod** je místo přechodu jednoho zákrutu ve druhý. **Amplituda meandru** určuje šířku pásu krajiny ve kterém řeka meandruje. **Poloměr zakřivení** (rádius) určuje poloměr vepsané kružnice zákrutu. **Jesep** (konvexní, nánosový, jesepní břeh) je vnitřní břeh, kde se ukládá

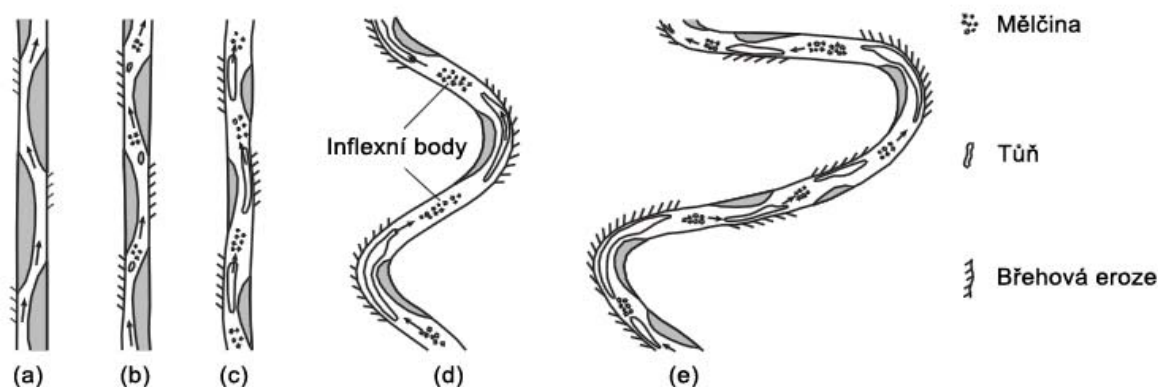


Obr. 3.3 Geometrická charakteristika meandru (upraveno podle CHARLTON, 2008).

(a) Délka meandrové vlny. (b) Poloměr zakřivení. (c) Typický příčný profil v oblasti výsepního břehu (mezi body W, X) a v oblasti brodu (mezi body Y, Z).

unášený materiál ve formě jeseptních lavic. **Výsep** (konkávní, nárazový, výseptový břeh) je vnější břeh, kde dochází k intenzivní laterální erozi. Příčný profil řeky ve vrcholu meandru je typický prudkým nárůstem hloubky u nárazového břehu a pozvolné zvedání dna až k nánosovému břehu. **Brod** myšlená čára spojující dva sousední jeseptní břehy – v tomto místě má řeka hloubkově vyrovnaný příčný profil (Obr. 3.3). **Šíje** meandru označuje nejužší místo meandru.

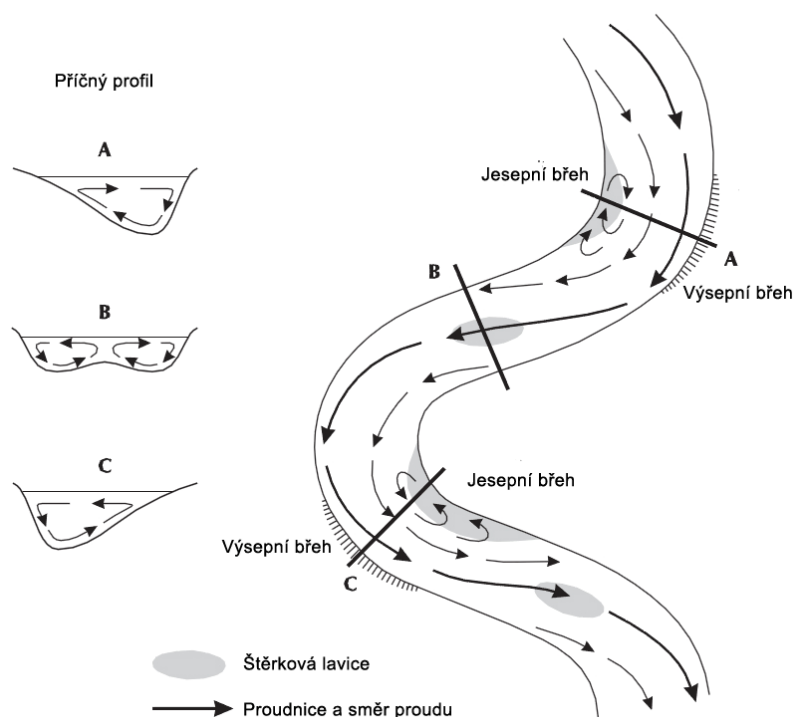
Proč řeka meandruje není zatím spolehlivě vysvětleno. Panuje shoda, že ke vzniku meandru je potřeba selektivní břehová eroze způsobující ústup břehů. R. Hugget (2007) uvádí možné příčiny meandrování: „rozdělení a rozptýlení energie řeky; spirálovitá cirkulace vody v korytě; rovnováha eroze břehů, transportu a ukládání sedimentů.“ Při laboratorním experimentu se přímý pramének, po dosažení určitého spádu a průtoku, samovolně změnil na meandrující (KNIGHTON, 1984).



Obr. 3.4 Fáze transformace křivolakého vodního toku na meandrující (upraveno podle CHARLTON 2008)

(a) Dominance systému střídání bočních lavic. (b, c) Hloubkový vývoj mělčin a tůní. (d) Pokračující eroze břehů a vývoj oblouků meandru. (e) Vývoj dalších mělčin a tůní prodlužující délku toku.

Proudění vody v meandrech se vyznačuje svou křivolakostí (znázorňuje Obr. 3.5). Proudnice se ve vrcholu meandru těsně přimyká k výsepnímu břehu (zde se také podstatně podílí na laterální erozi). Pokud se za sebou nachází několik meandrů, přesouvá se proudnice směrem k dalšímu výsepnímu břehu (na opačné straně než předchozí). V oblasti brodu se nachází přibližně uprostřed, v některých případech se stává málo zřetelnou kvůli vyrovnání dynamiky proudění v celém omočeném profilu. Blíže jesepních



Obr. 3.5 Znáznornění proudění v meandrujícím korytě (upraveno podle HUGGET, 2007)

břehů se vyskytuje také podstatně slabší sekundární proudění. V těchto místech má voda velmi malou pohybovou energii, takže není schopna dále transportovat erodované částice, proto zde dochází k vývoji bočních náplavových lavic. Příčná cirkulace vody v meandru probíhá při hladině ve směru k výsepnímu a při dně k jesepnímu břehu. Tím vzniká cirkulační buňka, která se v oblasti brodu rozděluje na dvě; při dnu působí proudění směrem do středu koryta, při hladině směrem k břehům. Kombinací obou složek vzniká spirálovitý tvar proudění.

Meandry řek se následkem erozně akumulčních procesů vyvíjejí v čase, přičemž migrace meandrů směřuje údolní nivou směrem po proudu. Změnu tvaru a polohy meandrů lze zařadit do šesti kategorií (Obr. 3.6).



Obr. 3.6 Změny meandrů v čase (podle PETTS a FOSTER 1985)

3.2 Rovnováha vodních toků

Přirozené vodní toky postupem času prodělávají určitý vývoj morfologie koryta. Ten je způsoben zpětnou vazbou toku, který se snaží přetvářet tak, aby se udržel v rovnovážném stavu. Rovnovážným stavem rozumíme přizpůsobení průtoků, režimu splavenin a plavenin, spádu, hloubky, šířky a drsnosti koryta včetně charakteristik břehů a tvaru koryta (LEOPOLD 1964). V tomto stavu má řeka dostatek energie pro transport erodovaného materiálu, zároveň žádný další neeroduje ani neukládá. Lze jej najít hlavně u regulovaných toků, kde neprobíhají erozní ani sedimentační procesy a voda jen protéká. Pro rovnovážný stav byl zaveden termín **ekvilibrium**. Podle Charlton (2008) jsou rozlišovány čtyři druhy ekvilibríí podle časového měřítka:

statické ekvilibríum – pokud vybereme k pozorování krátký úsek řeky, nebude za několik hodin zaznamenána žádná změna (nepřijde-li povodeň). Bude možno sledovat nějaké transportované sedimenty.

stabilní ekvilibríum – pozorováním stejného úseku řeky během 10 let budou zaznamenány nějaké změny. Během této doby proběhne několik různě velkých povodní, které vychýlí rovnováhu toku ze statického ekvilibríí, ovšem za nedlouho se režim toku ustálí. Výška dna se pohybuje okolo stabilní průměrné hodnoty a tok se nezahlubuje.

dynamické ekvilibríum – v časovém měřítku tisíců až stovek tisíců let eroze neustále rozrušuje reliéf říční nivy. Zahlubováním vznikají nové říční terasy. Výška dna se pohybuje okolo přímky s klesající tendencí.

dynamické zdánlivě stabilní ekvilibríum – ve stejném časovém měřítku jako dynamické ekvilibríum. Vyskytuje se pouze při činnosti endogenních procesů, kde se dá počítat se zdviháním reliéfu, kdy nadmořská výška dna stoupá.

Přirozené toky se v rovnovážném stavu nachází výjimečně a z časového hlediska velmi krátce, neboť řeka neustále reaguje na změny svých parametrů (zpětná eroze, zahlubování, boční eroze, překládání koryta...). Vychýlením z rovnováhy se spustí autoregulační procesy, které však většinou nestihnou uvést tok zpět do rovnovážného stavu, než nastane další změna, kterou je potřeba stabilizovat.

4 DŘEVNÍ HMOTA VE VODNÍCH TOCÍCH

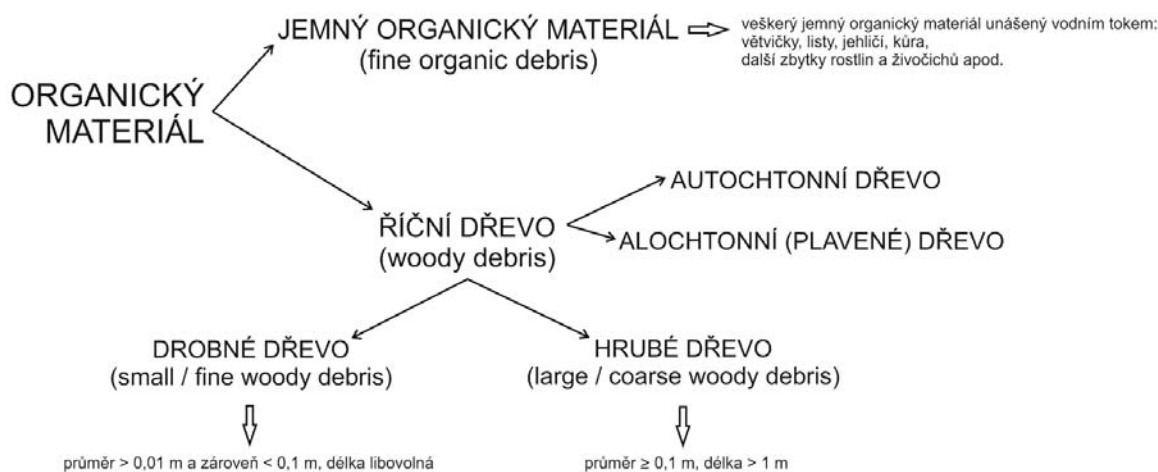
Téma mrtvého a živého dřeva ve vodě se ve světě řeší od 70. let 20. století. K dispozici je velké množství článků, studií a příspěvků z konferencí. U nás o toto téma nebyl zájem až do konce 20. století. První ucelenou studii zpracovala projekční firma M. Šindlara v roce 2003. Jednalo se o mapování říčního dřeva na hlavním toku Moravy v CHKO Litovelské Pomoraví (KREJČÍ, 2010). Od této doby mírně narůstá zájem o tuto problematiku. První práce se zabývaly zejména terminologií a metodologií. Později se zájem přesouvá k praktickému výzkumu, například akumulace dřeva po povodních nebo stabilizace kotveného dřeva zabraňující erozi. Dosud nejobsáhlejší a nejkompexnější českou prací je disertační práce Lukáše Krejčího z roku 2010. Je to velmi hodnotný text, kde autor shrnuje dosavadní poznatky z výzkumu dřevní hmoty, konfrontuje je se svými výsledky a vytváří nebo upravuje vlastní metodiku terénního výzkumu aplikované a vodní toky v ČR.

Celkově je u nás říčnímu dřevu věnována malá pozornost, přestože je zde velký výzkumný potenciál dostatek prostoru pro praktické aplikace a oproti vyspělému zahraničí existují propastné rozdíly (KREJČÍ, 2010). Jediným vědeckým pracovištěm, kde problematice a výzkumu dřevní hmoty věnuje systematická pozornost je Geografický ústav Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, kde je řešeno několik projektů (např. *Monitoring mrtvého dřeva v řece Dyji v NP Podyjí*) pod vedením Mgr. Zdeňka Máčky, Ph.D. a Mgr. Lukáše Krejčího, Ph.D. Podle těchto autorů je také zpracována tato kapitola.

4.1 Terminologie

Jelikož se u nás jedná o mladou oblast výzkumu, není terminologie ustálená. Nejustálenější je anglická terminologie, proto se běžně používá i v ostatních zemích a má návaznost i v české terminologii (KREJČÍ, 2010). Základní anglický termín *woody debris*, označující veškerou dřevní hmotu v interakci s řeknou, má několik českých variant: plavené dříví, splavené dřevo, splávi, dřevní odpad, plavená dřevní hmota. Žádný z těchto termínů však není věcně správný (MÁČKA – KREJČÍ, 2010). V roce 2008 Z. Máčka označení **říční dřevo**. Tento termín byl také použit v návrhu terminologie, kterou publikoval ve svém článku „*Výskyt dřevní hmoty v korytech vodních toků České republiky*“ (MÁČKA – KREJČÍ, 2010) a vytlačuje do té doby nejpoužívanější termín **plavená dřevní hmota** (poprvé použit Z. Šindlarem v roce 2003). I v českých textech, které přebírají navrženou terminologii se používají zažitá anglická zkratky. Pro **hrubé dřevo** se používá zkratka LWD (large woody debris) a pro **drobné dřevo** SWD (small woody debris) či FWD (fine woody debris). Termín **splávi** označuje všechn drobný heterogenní materiál unášený vodou (např. větvičky, listí, kůra, úlomky dřeva, tráva, případně odpadky. V odborné vodohospodářské literatuře splávi označuje veškeré říční dřevo (KREJČÍ 2010). Za **autochtonní dřevo** jsou považovány kusy říčního dřeva, které vznikly a setrvávají na stejném místě (například strom čerstvě padlý do koryta).

Alochtonní dřevo jsou takové LWD nebo SWD, které byly na místo připlaveny výše z povodí.



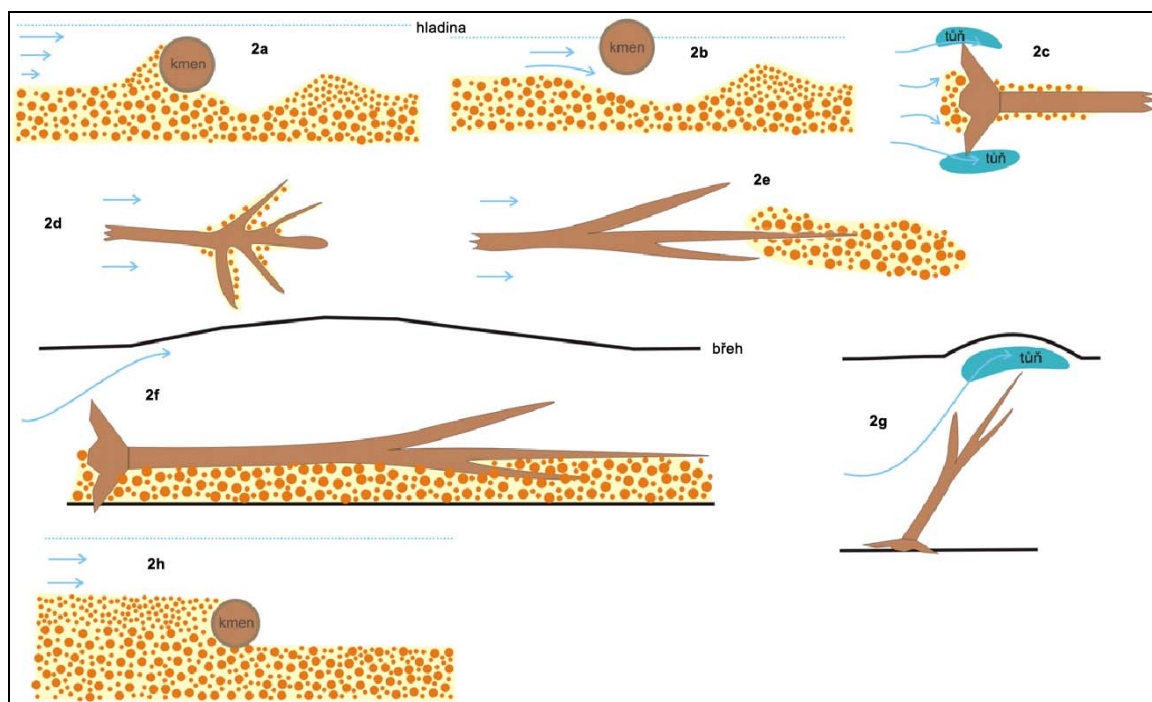
Obr. 4.1 Schéma navrhované terminologie říčního dřeva dle MÁČKA – KREJČÍ (2010)

4.2 Vliv říčního dřeva na morfologii koryta

Působení říčního dřeva je nejvýznamnější na středně velkých tocích (MÁČKA – KREJČÍ, 2006a). Malé toky bývají velkými kusy překlenuty a ve velkých tocích jsou rozměry vzhledem k velikosti koryta zanedbatelné. Pád stromu nebo jeho částí do koryta řeky mohou způsobit následující činitele: **vodní eroze**, **vítr**, oheň, sesuvy, dřevní škůdci (včetně působení bobra), nemoci, kompetice v rámci fytoceózy, stáří, člověk (STEVENS, 1997). Vlivy dřeva na vodní tok lze rozdělit na **morfologické** (erozně akumulární pochody, chod splavenin, stabilita koryta), **biologické** (stanovištní a druhová diverzita, okysličování vody), **hydraulické** (drsnot koryta, směr proudění, disipace proudění) a na **oběh látek** (potrava pro živočichy, ukládání minerálních sedimentů, spiralizace živin) (MÁČKA – KREJČÍ, 2006a). Zánik dřeva probíhá třemi přirozenými způsoby: odplavení, pohřbení sedimenty a rozklad. **Odplavení** LWD probíhá nejčastěji při povodňových průtocích, kdy je energie toku několikanásobně vyšší a často unáší celé stromy na značnou vzdálenost. Vyvrácený strom na výsepním břehu se může díky překládání koryta laterální erozí za nějaký čas ocitnout na jesebním břehu, kde je **pohřben sedimenty**. **Rozklad** dřeva ve vodě probíhá pomaleji než v suchém prostředí, přesto říční dřevo zaniká i tímto způsobem, častěji je však před rozkladem odplaveno dál po proudu.

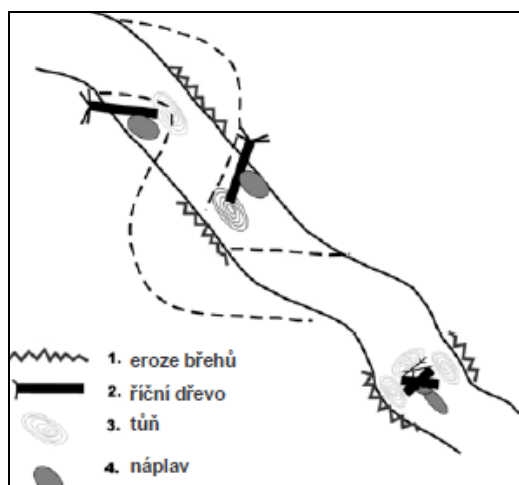
Geomorfologické účinky říčního dřeva mají rozdílné prostorové měřítko. Ovlivňují výskyt a charakteristiku útvarů od dnových mikroforem až po celkovou podobu koryta. Projevy působení není možno jednoduše shrnout, protože se místně a individuálně liší (MÁČKA – KREJČÍ, 2006b). Je však možno vysledovat všeobecné zákonitosti. Základní zákonitostí je změna hydraulických podmínek díky překážce v korytě. Přítomnost dřeva ovlivňuje větvení koryta – kmen v korytě rovnoběžný s břehem přispívá ke stabilitě břehů a chrání je (Obr. 4.2f), zatímco kmen orientovaný kolmo k proudu odklání proudnici

směrem do boku a tak podporuje laterální erozi (Obr. 4.2g), kdy může vzniknout i nový zákrut nebo meandr. Největší rozšiřování koryta nastává při obtékání překážky z obou stran. Podstatně ovlivňuje morfologii dna – v místech podtékání překážky se koryto prohlubuje (Obr. 4.2b). Při kontaktu kmene a dna přispívá k tvorbě naplavenin, které zpevňuje a stabilizuje (Obr. 4.2h). Pokud je kmen kolmo k proudnici, dochází před kmenem k akumulaci a za kmenem k erozi materiálu (Obr. 4.2a). Dalším účinkem je zachytávání menších kusů dřeva (SWD), případně splávi, kdy i jeden kus LWD může být základem pro tvorbu dřevních akumulací.



Obr. 4.2 Vliv říčního dřeva na morfologii koryta (upraveno podle KREJČÍ, 2006)

Pro přírodovědce představuje říční dřevo prvek vodních ekosystémů, který plní množství důležitých a pozitivních funkcí. Mezi vodohospodáři donedávna zcela převažoval názor o škodlivosti. Je to důsledek metodiky péče o vodní toky uplatňované před rokem 1989, kdy se nehledělo na environmentální funkce a přirozené pochody v krajině. Říční dřevo tak bylo bez výjimek odstraňováno, aby nedocházelo ke snížení průtočné kapacity koryta, vzduťi hladiny při vytvoření zátarasů nebo poškozování vodních staveb. Se vzrůstajícím zájmem o přírodní protipovodňová opatření vzrůstá i zájem zapojit do revitalizací a technických opatření i říční dřevo. Příkladem může být stabilizace břehů Moravy v lokalitě Vrapáč severně od Litovle. Zde bylo v roce 2003



Obr. 4.3 Příklad účinků říčního dřeva na laterální erozi (převzato z GREŠKOVÁ, 2006)

realizováno protierozní opatření, kdy bylo v pěti konkávních úsecích řeky ukotveno celkem sedmdesát stromů o délce 15-25 m. Byly vytvořeny konstrukce napodobující základ přirozených akumulací říčního dřeva, které zachycují plavené dřevě, zpomalují proudění vody v okolí a chrání tak nárazové břehy meandrů. Kotvení zajišťovalo ocelové lano, kterým byly kmeny propleteny. Po zajištění probíhal (a probíhá dodnes) kontinuální výzkum pohybu kotvených kmenů, jejich stavu a rychlosti eroze, který vede Petr Kožený z VÚV T.G.M. Ve středoevropském měřítku jde o poměrně významný počín, neboť naprostá většina revitalizačních akcí, při kterých bylo do vodního toku vkládáno dřevě, se odehrála na malých tocích (KOŽENÝ et al., 2011).



Obr. 4.4 Odhalená dřevní hmota za nízkého vodního stavu v NPR Vrapač (KOŽENÝ et al., 2011)

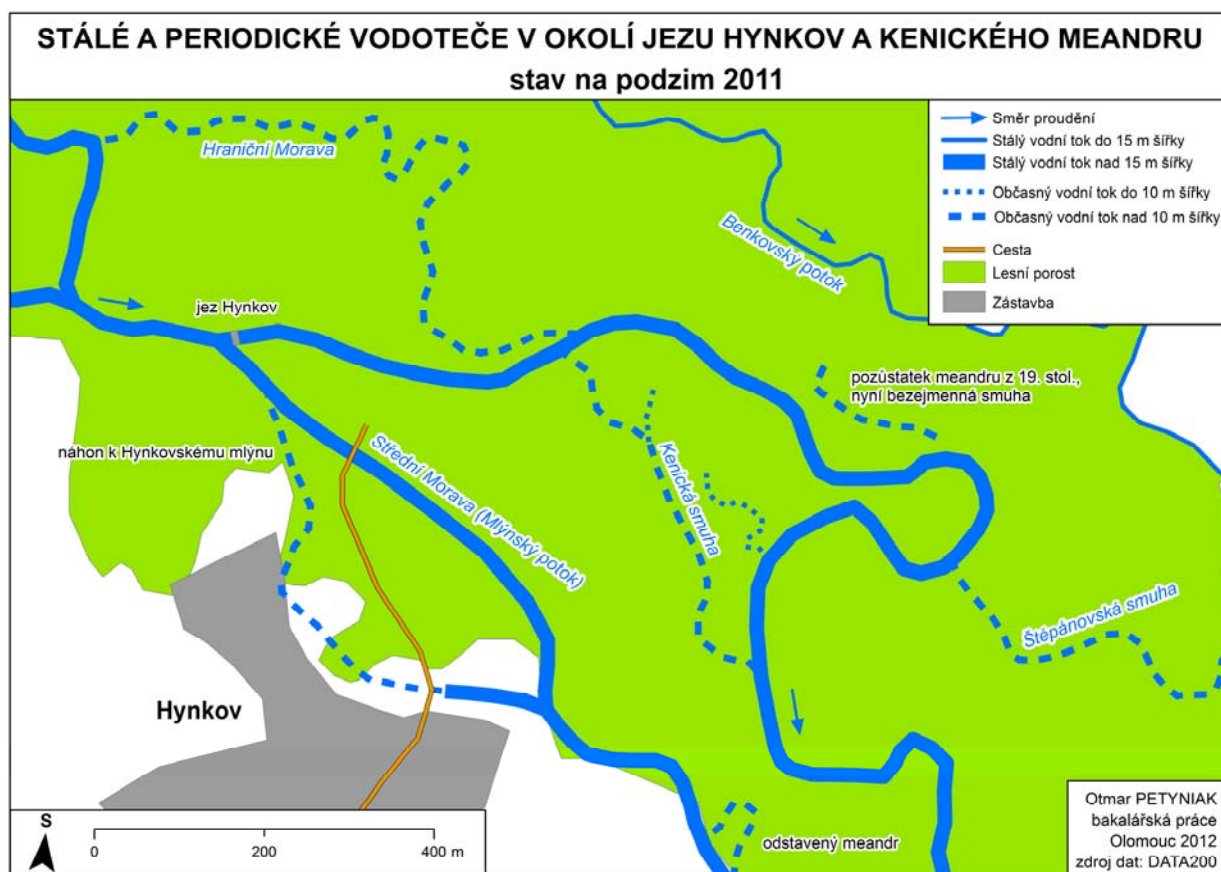
5 KENICKÝ MEANDR

Název meandru je zkomoleninou německého *Gross Kinsky*. Tak se nazýval les severovýchodně od obce Hynkov v majetku šlechtického rodu Kinských, kterým zde Morava protéká. Tento název lze doložit z lesní hospodářské mapy z roku 1829. Na mapě Stablního katastru z roku 1834 je již název *Gross Kenitzky*.

5.1 Charakteristika zájmového území

Kenický meandr se nachází na území CHKO Litovelské Pomoraví na říčním kilometru 250,3. Konkrétně v NPR Ramena řeky Moravy, která zahrnuje hlavní i boční koryta Moravy. Předmětem ochrany neregulované koryto řeky a přilehlá břehová společenstva bylin a dřevin, která si zachovala původní druhovou skladbu. Na pravém břehu západně od Kenického meandru se nachází také PR Kenický, která zahrnuje tvrdý luh (lužní les s převahou dřevin s tvrdým dřevem; dub, jasan) mezi hlavním korytem Moravy a Mlýnským potokem (někdy označovaným jako Střední Morava nebo Malá voda). Exaktní vymezení Kenického meandru v této práci je úsek hlavního koryta řeky Moravy mezi příčnými profily č. 8 a č. 18.

Mapa 5.1



5.1.1 Geomorfologie, pedologie

Meandr a jeho okolí spadá geomorfologicky do podcelku Středomoravská niva, který je součástí Hornomoravského úvalu. Charakter reliéfu je rovinatý, nadmořská výška se pohybuje mezi 220 – 225 m n. m. s lokálními minimy v zahloubených korytech Moravy se sítí smuh. Nivu Moravy tvoří souvrství štěrkopísků, které je kryté povodňovými sedimenty. Ačkoli mocnost sedimentů je v Hornomoravském úvalu většinou přes 10 m, v oblasti u Hynkova je mocnost pouze 4,5 – 4,8 m (DEMEK, 1965). Z charakteru reliéfu také vychází pedologické poměry, kdy se v okolí Hynkova a Kenického meandru nachází výhradně glejové fluvizemě.

Morava se v oblasti Kenického meandru nachází v přírodě blízkém stavu a je jí nechána možnost přirozeného vývoje a geomorfologického působení. V korytě se nachází velké množství říčního dřeva a štěrkopískových lavic, které podstatně ovlivňují proudění a vytváří podmínky pro další vývoj. Střídání mělčin a tůní je příčinou proměnlivé rychlosti proudění, kdy řeka kvůli krátkodobé ztrátě energie ukládá plaveniny, naopak při nárůstu energie v rychlejších partiích eroduje břehy a dno. Vzhledem k množství vody, která korytem po většinu roku protéká, je koryto velké a hlavně přehloubené (MÁČKA – KREJČÍ 2006c). Má to výhodu ve schopnosti odvádět povodňové průtoky, avšak při velkém zahloubení dochází ke snižování hladiny podzemních vod, což může ohrozit vodní režim okolních lužních lesů.

5.1.2 Klimatické poměry

Klima zájmového území (i celého Litovelského Pomoraví) spadá podle klasifikace Evžena Quitta do teplé klimatické oblasti T2 (KVĚTOŇ – VOŽENÍLEK, 2011). Slovní popis této oblasti dle Quitta z roku 1971: „*Léto dlouhé, teplé a suché, přechodné období velmi krátké s teplým až mírně teplým jarem a mírně teplým až teplým podzimem, zima krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.*“ Číselné hodnoty jednotlivých parametrů ukazuje tabulka 5.1:

Tab. 5.1 Parametry klimatické oblasti T2:

Název parametru	Hodnota
Počet letních dní	50-60
Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více	160-170
Počet mrazových dní	100-110
Počet ledových dní	30-40
Průměrná teplota vzduchu v lednu [°C]	-2 --3
Průměrná teplota vzduchu v červenci [°C]	18-19
Průměrná teplota vzduchu v dubnu [°C]	8-9
Průměrná teplota vzduchu v říjnu [°C]	7-9
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období (duben až září) [mm]	350-400

Srážkový úhrn v zimním období (říjen až březen) [mm]	200-300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40-50
Počet dní zamračených	120-140
Počet dní jasných	40-50

5.1.3 Biogeografické poměry

Biologickou hodnotu území dokazuje zařazení na seznam mezinárodně významných mokřadů v seznamu Ramsarské úmluvy a do soustavy Natura 2000 jako Evropsky významná lokalita a Ptačí oblast. Dominuje zde 3. dubovo-bukový vegetační stupeň. Lesy tvrdého luhu jsou v celém území velmi dobře zachovalé s vysokou druhovou diverzitou a s charakteristickým střídáním bylinných aspektů. Dřevinná vegetace je rozvrstvena do několika pater. Jak uvádí Culek (1995), Morava náleží lipanovému až parmovému pásmu a vyznačuje se velkým bohatstvím druhů ryb a dalších vodních živočichů, například kriticky ohrožených korýšů žábřonožky sněžní (*Eubranchipus grubii*) a listonoha jarního (*Lepidurus apus*). Litovelské Pomoraví je také významnou tahovou cestou i hnízdištěm přibližně 250 druhů ptáků. Ze vzácných druhů vázaných na okolí řek například kulík říční (*Charadrius dubius*) či ledňáček říční (*Alcedo atthis*). Svá stanoviště zde mají i vzácné druhy vodních savců například vydra říční (*Lutra lutra*) nebo bobr evropský (*Castor fiber*), jehož jeden uhynulý kus byl nalezen při jarním zaměřování příčných profilů.



Obr. 5.1 Kriticky ohrožená Žábřonožka sněžní (autor: Jiří Novák, <http://www.biolib.cz>)

5.1.4 Hydrologické poměry

V CHKO Litovelské Pomoraví nejvíce ovlivňuje hydrologickou situaci přirozeně řeka Morava. Tento vodní tok druhého řádu pramení na jižním svahu Kralického Sněžníku v nadmořské výšce 1 370 m a vlévá se po 353 km do Dunaje poblíž Devína v nadmořské výšce 135 m. Náleží k řekám středoevropského (oderského) typu s maximálními průtoky při jarním tání sněhu a minimálními na rozhraní léta a podzimu. Plocha povodí má rozlohu 26 658 km². Morava náleží k území CHKO od 237. do 277. říčního kilometru

(ř. km), je ve většině úseků neregulovaná a lze ji zařadit do středního toku. Regulace a úpravy koryta postihly úseky mezi 237-243 ř. km (severně od Olomouce), 259-263 ř. km (převážně intravilán Litovle) a částečně i 267-277 ř. km (okolí Mohelnice a Moravičan). Neregulované úseky jsou předmětem ochrany maloplošných chráněných území v rámci CHKO (např. PP Pod templem, NPR Ramena řeky Moravy, PR Panenský les).

Morava se v CHKO rozvětňuje a tvoří trvalá i periodická ramena, která tvoří anastomózní říční vzor, kde jednotlivá ramena přirozeně meandrují. To vedlo spolu s pravidelným zaplavováním říční nivy ke vzniku ekosystému lužních lesů, které jsou na takovém vodním režimu závislé a nemohou bez něj existovat.

Hydrologický režim Kenického meandru ovlivňuje jez Hynkov na 251,1 ř. km. Jez je situován asi 500 m severně od obce Hynkov. Nad jezem dochází ke spojení téměř všech průtočných ramen Moravy, čímž se vytváří tzv. hynkovský hydrografický uzel. Jediným korytem, které jez obtéká je dříve trvale průtočná smuha Hraniční Morava. Dlouhodobý průměrný roční průtok je zde $20,83 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (extrémní průtoky pro jez Hynkov znázorňuje tabulka 5.2). Na jezu se nachází automatizovaná stanice pro záznam výšky hladiny, průtoku a teploty vody, kterou spravuje Odbor ochrany Magistrátu města Olomouce. Pomocí stavidla jezu se rozdělují průtoky do hlavního koryta a do bočního koryta Střední Morava. Z tabulky 5.3 převzaté z manipulačního řádu jezu Hynkov je patrné, že za nízkých a středních průtoků dochází k nalepšování vodního stavu ve Střední Moravě na úkor hlavního koryta. Podle manipulačního řádu a průměrného ročního průtoku lze odvodit, že průměrný průtok v hlavním korytě Moravy je v úseku pod hynkovským jezem je mezi $6-7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Většinou je ale průtok nižší.

Tab. 5.2 Extrémní n-leté a m-denní průtoky pro jez Hynkov:

n-let	m^3s^{-1}	m-dní	m^3s^{-1}
Q ₁	115	Q ₃₀	44,94
Q ₅	227	Q ₉₀	25,58
Q ₁₀	281	Q ₃₆₄	3,053
Q ₅₀	418		
Q ₁₀₀	483		

Tab. 5.3 Rozdělení průtoků do Moravy a do Střední Moravy v závislosti přítoku a otevření stavidla jezu Hynkov (dle manipulačního řádu z roku 2005):

Kóta hladiny nad jezem	Přítok k jezu	Průtok do Střední Moravy	Průtok do Moravy	Otevření stavidla
m n. m.	m ³ s ⁻¹	m ³ s ⁻¹	m ³ s ⁻¹	
221,30 (práh)	0,2	0,2	0	30 cm (volná hladina)
221,40	0,45	0,25	0,2	
221,50	0,9	0,4	0,5	
221,60	1,6	0,7	0,9	
221,70	2,7	1,0	1,7	30 cm
221,80	3,3	1,3	2,0	
221,90	3,9	1,6	2,3	
222,00	4,5	2,0	2,5	
222,10	5,4	2,7	2,7	
222,20	6,9	4,0	2,9	
222,30	8,1	5,0	3,1	
222,40	9,6	6,3	3,3	
222,50	11,5	8,0	3,5	
222,60	13,4	9,8	3,6	
222,64	14,6	10,9	3,7	30 cm, voda začíná přepadat přes pevnou hranu jezu
222,70	16,9	12,5	4,4	30 cm
222,80	21,4	15,0	6,4	30 cm + voda stoupá, stavidlo se vyhradí na 50 cm
222,75	21,4	13,8	7,6	50 cm
222,80	23,7	15,0	8,7	
222,90	29,2	17,5	11,7	50 cm + voda stoupá, vyhradí se zcela
222,84	29,2	15,7	13,5	zcela vyhrazeno
222,90	34,0	17,5	16,5	
223,00	42,9	20,0	22,9	
223,50			50,0	začátek rozlivů na Střední Moravě
223,76 (břeh)				

Průběh hodnot vodního stavu a průtoku od 28. 11. 2011 do 6. 4. 2012 se nachází v příloze č. 1. Grafy končí datem 6. 4. 2012 z důvodu zničení sondy vandaly. Jelikož data o průtocích ze sondy Hynkov v době druhého zaměřování břehové čáry a sady příčných profilů neexistují, nacházejí se v tabulce 5.4 aproximovaná data z hlásného profilu Moravičany z období zaměřování druhé sady profilů.

Tab. 5.4 Odhadované průtoky v oblasti Kenického meandru v období 1.-10. 5. 2012 ($H_{\text{přítok}}$ – odhadovaný přítok k jezu Hynkov, H_{odtok} – odhadovaný průtoky hlavním korytem Moravy):

Datum	$H_{\text{přítok}} [\text{m}^3 \text{s}^{-1}]$	$H_{\text{odtok}} [\text{m}^3 \text{s}^{-1}]$
1. 5. 2012	24	9,5
2. 5. 2012	20	7,0
3. 5. 2012	19	5,5
4. 5. 2012	17	4,5
5. 5. 2012	15	4,0
6. 5. 2012	14	3,8
7. 5. 2012	15	4,0
8. 5. 2012	13	3,7
9. 5. 2012	12	3,6
10. 5. 2012	12	3,6

5.2 Předchozí výzkum lokality

Kenický meandr byl v minulosti předmětem zájmu odborníků mnoha oborů – například botaniků, geografů, ekologů, krajinných inženýrů, geomorfologů. První komplexní multidisciplinární práci zabývající se Litovelským Pomoravím řešil kolektiv autorů V. Bednář, V. Panoš a O. Štěrba: *Význam řeky Moravy a přilehlých moravských lesů v Hornomoravském úvalu z hlediska životního prostředí (návrh chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví)* (1978). Kromě výzkumu pracovníků Správy CHKO po jeho založení se na oblast zaměřil v roce 2000 Z. Máčka ve své práci *Studium a hodnocení vývoje říční sítě v Národní přírodní rezervaci Ramena řeky Moravy od Hynkovského jezu po ústí Cholinky*. Režim plavenin a splavenin a říčního dřeva řešil M. Šindlar ve studiích *Analýza transportu splavenin hlavním korytem Moravy a novou aktivní nivou v úseku Střeň–Chomoutov* a *Problematika plavené dřevní hmoty (splávi) v CHKO Litovelské Pomoraví* z roku 2003. Přimo Kenického meandru se týká již několikrát zmiňovaná studie autorské dvojice Máčka – Krejčí (2006c). Jejich dalšími pracemi z oblasti Kenického meandru jsou i články řešící téma říčního dřeva (MÁČKA – KREJČÍ 2006a, 2006b), ale také samostatné práce L. Krejčího (KREJČÍ 2006, 2010). Okrajově se oblastí zabývá také souhrnná publikace O. Štěrby o ekologii říční krajiny: *Říční krajina a její ekosystémy* (ŠTĚRBA, 2008) nebo diplomová práce J. Zelinky (2008).

5.3 Analýza historického vývoje Moravy v okolí Kenického meandru

Anastomóza a meandrování způsobují neustálé změny ve vedení koryt Moravy. Při obchůzce v terénu i při zkoumání podrobných map jsou jasně zřetelná zčásti zazeměná slepá ramena, bývalá koryta nebo jejich části. Po ukončení protékání koryta vodního toku začíná ihned proces jeho zazemňování. To se děje z velké části splachováním částic z okolí při rozlivech a větších srážkách, ale také i přísunem organických částic z okolní vegetace. Jedním ze způsobů určení historického průběhu koryt je výzkum terénních nerovností v nivě a datování půdních vzorků, které jsou v místě bývalého koryta vždy mladší než sedimenty ve stejné hloubce mimo koryto. Tato metoda může být velmi přesná, ale je finančně a technicky náročná. Jednodušší metodou je zkoumání starých map či leteckých snímků, tuto možnost morfologického výzkumu použila A. Grešková (2002) na dolním toku Moravy. Tak se dá určit průběh a charakter toku přibližně od 1. pol. 19. století, kdy začínají být vytvářeny mapy ve větších měřítkách a v souřadnicovém systému.

Müllerova mapa Moravy z roku 1716 je první mapou, kde mezi Litovlí a Olomoucí je kromě Moravy zřetelné i koryto Střední Moravy. Řeka je zde znázorněna s mnoha zákruty s málo propojenými rameny. Müllerova mapa se ale nedá použít pro určení přesného průběhu Moravy a jejího charakteru pomocí kartometrických metod. Velmi podobné znázornění jako Jan Kryštof Müller použil ve své mapě Moravy i augšpurský nakladatel Matyáš Seutter nebo také nizozemští Covens a Mortier, kteří z díla J. K. Müllera vycházeli.

Mapy I. vojenského mapování (1764-1768) zachycují v okolí Hynkova tři koryta, z nichž jako nejvýraznější se jeví nejvýchodnější. Nejjzápadnější koryto, které na rozdíl od ostatních dvou obtéká Hynkov ze západu a z jihu, se na pozdějších mapách již nevyskytuje. Žádné z koryt výrazněji nemeandruje, což je znakem fungující anastomózy v rovnováze. Zajímavostí této mapy je zakreslení poměrně rozsáhlého náplavového ostrova nad hynkovským jezem.

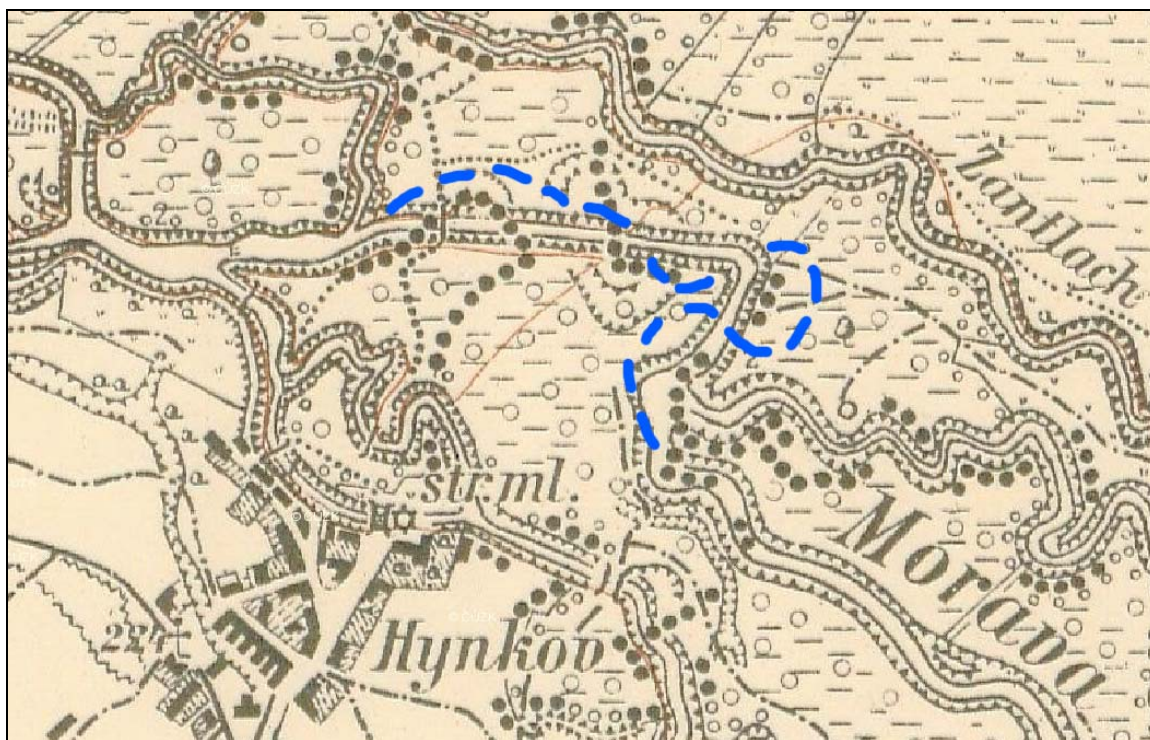
Prvním uceleným mapovým dílem, které obsahuje matematické a geodetické základy je **měřický operát Stablního katastru**, jenž byl vytvořen mezi lety 1824-1836. Z podkladu map Stablního katastru vznikají mapy II. vojenského mapování. Jelikož vznikaly v době nástupu průmyslové revoluce a rozvoje intenzivních forem zemědělství, zachycují stav krajiny, kdy vzrostla výměra orné půdy za 100 let o 50% a lesní plochy dosáhly u nás historicky nejmenšího rozsahu (oldmaps.geolab.cz). Katastrální území Skrbeň, Střeň a Štěpánov ke kterým zájmové území náleží bylo mapováno roku 1834. Na těchto mapách je Střední Morava zakreslena stejně široká jako hlavní koryto (v některých úsecích i širší) a pod hynkovským mlýnem zřetelně meandruje. Smuha Hraniční Morava je zde zakreslena jako trvale průtočná se zaústěním do hlavního koryta blíže k hynkovskému jezu. Samotné hlavní koryto Moravy má úplně jiný průběh než dnes. Pod jezem vytvářelo několik meandrů. Jižně od šíje Kenického meandru se nacházela větší vodní plocha a koryto se rozdělovalo na dvě části: východnější, větší a silně meandrující koryto, které se dnes nazývá Štěpánovská smuha a méně významné přímější koryto, probíhající přibližně v místech dnešního průběhu hlavního koryta. Poblíž

Hynkova lze také nalézt fragmenty třetího nejzápadnějšího koryta znázorněného na mapách I. vojenského mapování.

Stav z 2. poloviny 70. let 19. století zachycují **mapy III. vojenského mapování**. Zde se objevuje nové koryto severně od hynkovského jezu, jenž se odděluje 1,2 km nad jezem. Trasa koryta se z části shoduje s korytem Hraniční Moravy a odvádí vodu do Benkovského potoka, který se po 2 km vlévá do Moravy. Úsek Hraniční Moravy nad tímto novým korytem se pravděpodobně již stal smuhou, protože na mapě není zakreslen. Střední Morava je zde označena jako *March Fluss*, z čehož se dá usuzovat, že v té době byla dominantním korytem. Na toku Střední Moravy nejsou sledovatelné žádné změny oproti mapám II. vojenského mapování. Jediným novým útvarem je terénní zářez spojující Střední Moravu a dnešní hlavní koryto, který byl protékáný pravděpodobně jen za povodňových stavů. Úsek současného hlavního koryta mezi hynkovským jezem a Kenickým meandrem byl stále více křivolaký než dnes a i když byl proveden průpich 3 ze 4 meandrů v tomto úseku voda stále protékala původním korytem. Napřímením toku došlo k počátku vývoje zákrutu, ze kterého se později stal Kenický meandr. V úseku jižně od dnešního Kenického meandru stále existovala větší vodní plocha a koryto se za ní rozdělovalo na dvě. Jejich další průběh se téměř nezměnil. Dá se ale pozorovat snížení významu toku dnešní Štěpánovské smuhy ve prospěch současného hlavního koryta.

Hospodářská mapa revíru Střeň z roku 1878 ukazuje stav zájmového území po napřímení toku a odstavení původních meandrů na hlavním korytě. Kvůli napřímení přebytečná energie řeky velmi zrychlila laterální vývoj dále po proudu a také se projevila v zahloubení koryta. Aktualizace červenou tužkou z roku 1894 v původní mapě ukazuje zárodek budoucí šíje meandru a rozsáhlou jesešní lavici. V tomto období se osa budoucího meandru natočila téměř do západovýchodního směru. Byl proveden také průpich meandru na Střední Moravě asi 500 m pod hynkovským mlýnem. Slepé rameno je v terénu dodnes dobře viditelné a velkou část roku se v něm zdržuje voda. Na mapě se poprvé objevuje náznak průběhu Kenické smuhy.

Další dostupnou mapou je **reambulovaná mapa III. vojenského mapování** z roku 1930 vydaná v roce 1933. Aktualizace průběhu Moravy u Hynkova proběhla pravděpodobně v 90. letech 19. stol., kdy vznikla i výše zmíněná Hospodářská mapa revíru Střeň. Průběh koryta je na těchto mapách velmi podobný. Na této mapě je již jasně zřetelná dominance dnešního hlavního koryta Moravy a blížící se konec pravidelného protékání Štěpánovské smuhy.



Obr. 5.2 Výřez z reambulované mapy III. vojenského mapování, rok 1930, modře zakreslena přibližná současná poloha meandru (zdroj: <http://archivnimapy.cuzk.cz/>)

Letecký snímek z roku 1938 ukazuje, k jak velkým změnám zde za několik desetiletí došlo. Na začátku Střední Moravy došlo k částečnému napřimění toku. Oproti předchozím mapovým zdrojům je také v náhonu k hynkovskému mlýnu menší průtok než ve zbytku Střední Moravy. Lze si povšimnout dobře viditelné Kenické smuhy, hlavně v její jižní části. Došlo také k ukončení stálého protékání Štěpánovské smuhy, která se od té doby velmi pomalu zazemňuje a laterální eroze probíhá jen omezeně. Původní zákrut se již vyvinul v Kenický meandr. Šíje byla tehdy široká přibližně 70 m a na pravém břehu meandru se nacházela rozsáhlá jesešní lavice bez vegetace. Meandr se totiž nacházel ve fázi nejdynamičtějších změn.

Na **leteckém snímku z roku 1954** je vidět další vývoj meandru. Šíje se začíná zužovat a meandr se celkově zvětšuje v severojižním i západovýchodním směru. Říční síť v zájmovém území je již ustálená, dochází však k vývoji zákrutů a meandrů. Na přelomu 60. a 70. let 20. stol. došlo k napřimění koryta Střední Moravy v úseku mezi začátkem a koncem mlýnského náhonu.

Na **leteckém snímku z roku 1971** je vidět nově vyhloubené narovnané koryto, které však ještě není průtočné a je na Střední Moravu napojeno pouze svým spodním koncem. V této době také pravděpodobně začalo nalepšování průtoků ve Střední Moravě pomocí jezu Hynkov. Na ostatních leteckých snímcích 1985, 1994, 2003 a 2006 je vidět jen postupné zužování šíje meandru a pozvolný vývoj břehů. Jelikož se nátok do Štěpánovské smuhy ocitnul díky posunu koryta v oblasti meandru moc vysoko, bylo přistoupeno v roce 1996 k revitalizaci vybagrováním s cílem vytvořit nový nátok do smuhy poblíž vrcholu Kenického meandru a obnovit její častější protékání. Revitalizace byla provedena velmi necitlivě a ekosystémům smuhy spíše uškodila. Podle Štěrbý (2008) bylo při

revitalizaci zničeno 23 hodnotných periodických tůní, vůbec nejcennějších v celém Litovelském Pomoraví.

Ze získaných leteckých snímků počínaje rokem 1954 byly po georeferencování vytvořeny liniové vrstvy průběhu břehů. Porovnání linií břehu z let 1954 a 2006 a výřezy vybraných snímků znázorňuje příloha č. 2.

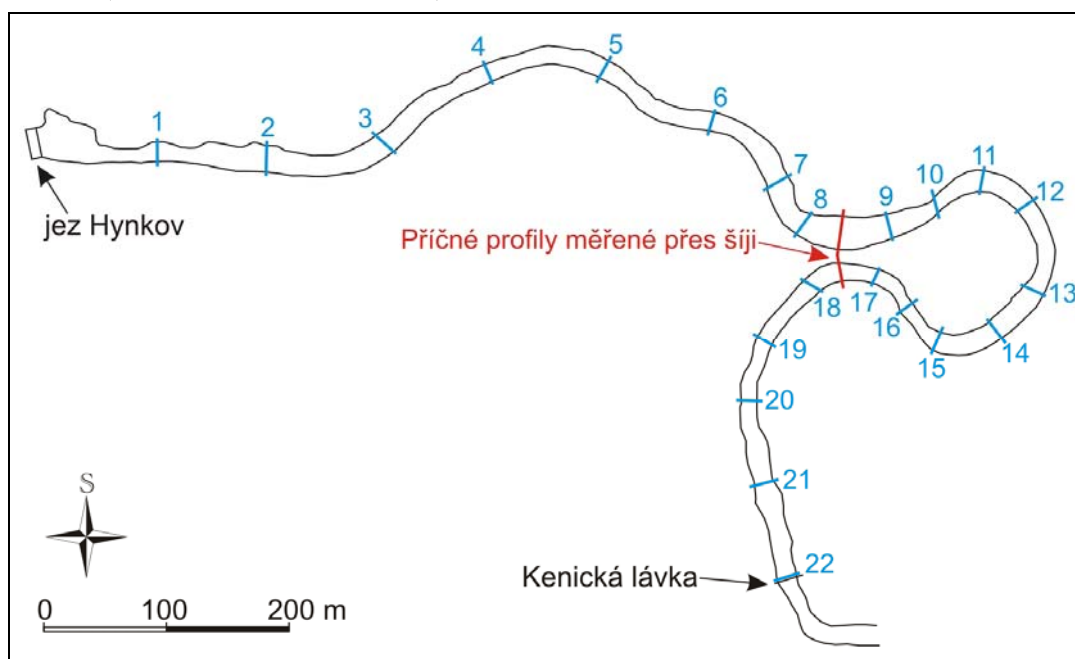
Tab. 5.5 Seznam získaných historických mapových zdrojů pro oblast Kenického meandru

Název mapy	Měřítko	Rok	Zdroj
Müllerova mapa Moravy	cca 1 : 180 000	1716	http://oldmaps.geolab.cz/
I. vojenské mapování	1 : 28 800	1764-8	http://oldmaps.geolab.cz/
II. vojenské mapování	1 : 28 800	1837-8	http://oldmaps.geolab.cz/
Stabilní katastr	1 : 2 880	1834	http://archivnimapy.cuzk.cz/
III. vojenské mapování	1 : 25 000	1876	http://oldmaps.geolab.cz/
Hospodářská mapa revíru Střeň	1 : 7 200	1894	MÁČKA – KREJČÍ 2006c
III. vojenské mapování – reambulace	1 : 25 000	1930	http://archivnimapy.cuzk.cz/
Letecký snímek 1938	1 : 22 500	1938	Správa CHKO Litovelské Pomoraví
Letecký snímek 1954	1 : 25 000	1954	KGI (zakoupeno z VGHMÚř)
Topografická mapa S-1952	1 : 25 000	1960	http://archivnimapy.cuzk.cz/
Letecký snímek 1971	1 : 40 000	1971	KGI (zakoupeno z VGHMÚř)
Letecký snímek 1985	1 : 27 500	1985	KGI (zakoupeno z VGHMÚř)
Základní vodohosp. mapa	1 : 50 000	1992	http://heis.vuv.cz/
Letecký snímek 1994	1 : 26 710	1994	KGI (zakoupeno z VGHMÚř)
Letecký snímek 2003	1 : 23 000	2003	KGI (zakoupeno z VGHMÚř)
Letecký snímek 2006	1 : 23 000	2006	KGI (zakoupeno z VGHMÚř)

5.4 Příčné profily

Celkem byly vytvořeny dvě sady profilů, jejichž vykreslení je jedním z výstupů bakalářské práce Heleny Uhrové a sloužily jako podklady pro porovnání profilů (grafická část porovnání se nachází v příloze č. 4. Křivky profilů jsou oproti originálům oříznuty o tu část břehu, která je výše než břeh protější. První sada byla zaměřena 1. a 2. prosince 2011 a druhá sada 2. a 9. května 2012, již po protržení meandru. Číslování profilů je převzato ze studie Z. Máčky a L. Krejčího (2006c).

Mapa 5.2 POLOHA PŘÍČNÝCH PROFILŮ MEZI JEZEM HYNKOV A KENICKOU LÁVKOU (MÁČKA – KREJČÍ, 2006c)



Profil č. 8 se nachází asi 15 m proti proudu od Kenické akumulace, řeka zde zvyšuje spád a proudění se zrychluje. Proudnice se nachází poblíž levého břehu. Ten je nevysoký, ale strmý a je tvořen písčitohlinitými sedimenty, které jsou zpevněné vegetací. Dno řečiště je tvořeno štěrkovými sedimenty různé zrnitosti, které se směrem k pravému břehu mění na bahnité dno. Při pravém břehu se nachází jesešní lavice tvořená převážně povodňovými hlínami. Pravý břeh je přibližně o 1 m výše než levý a je tvořen břehovou nátrží. Ke strmé části břehu sahá voda až při vyšším vodním stavu.

Při jarní povodni v roce 2012 voda odnesla stabilizační kolík bodu na levém břehu. Obnovený bod je v okruhu do 3 m od původního, proto lze obě měření porovnat s nižší přesností a vypovídající hodnotou. Protržení šíje Kenického meandru se na profilu projevilo **posunutím proudnice více do středu** koryta a také začínající zpětnou erozí, která odnesla část jesešní lavice při pravém břehu.

Profil č. 9 se nachází přibližně 30 m po proudu od Kenické akumulace, pozvolna zde končí úsek s rychlým proudem. Proudnice se nachází přibližně uprostřed koryta. Břehy jsou téměř symetrické se sklonem okolo 45°. Dno je převážně štěrkové, u levého břehu se nachází poměrně silná vrstva jílovitého bahna. U pravého břehu se nachází podlouhlá jesešní lavice, jejíž část nejbliže břehu je stabilizována vegetací.

Protržení šíje se na této části koryta bezprostředně neprojevilo. Změny se budou dít až v souvislosti s dlouhodobě menšími průtoky v meandru.

Dalších 33 m po proudu se nachází **profil č. 10**. Proud je zde mírný, opět přibližně uprostřed koryta. Levý břeh je pozvolný, stabilizovaný keři. Pravý břeh tvoří břehová nátrž vysoká asi 2,5 m. Ztráta energie vody se zde projevuje zvýšenou sedimentací, takže dno je souvisle pokryto hlinitými a jílovitými částicemi.

Jarní povodeň ani protržení šíje se na tomto profilu nijak výrazně neprojevilo.

Profil č. 11 se nachází na začátku ohybu řeky na jih, 55 m od profilu č. 10. V tomto místě se utvořila malá zátoka se slabým zpětným proudem. Proudění je zde velmi slabé i za vyšších vodních stavů a proudnice se nachází 1/3 šířky od levého břehu. Levý břeh je poměrně mírný, pravý břeh je strmý a erodovaný a celé dno je pokryto silnou vrstvou hlinitojílovitých sedimentů. V těchto místech se nachází pravděpodobně **největší hloubka v meandru** mimo oblast šíje.

Menší průtoky po protřžení meandru zde značně utlumily již tak **slabé proudění**. To se již projevilo ve **zvýšené sedimentaci**, kdy se úroveň dna zvedla v některých místech až o 30 cm.

Profil č. 12 po dalších 55 metrech se vyznačuje velkým zúžením koryta. Obvykle je v této oblasti koryto široké 20-25 (extrémně i 35 m), zde je šířka pouhých 15 m a i při vyšších vodních stavech se řeka razantně nerozšiřuje. Proudnice se nachází přibližně uprostřed koryta. Levý břeh tvoří pomalu klesající terén, který je zpevněn rostlými stromy, proto tak snadno neeroduje, pravý břeh je pozvolnější a tvoří jej sedimenty, které sem Morava přinesla během vývoje meandru. Dno je tvořeno také vrstvou hlinitojílovitých sedimentů.

Při jarní povodni zde roste síla proudu díky úzkému korytu relativně více než v ostatních místech. To se projevilo **odnosem části sedimentů** v nejhlubší partii, která se tak **prohloubila o 10-30 cm**.

Profil č. 13 je ze všech příčných profilů nejdále od předchozího – 80 m. Vyznačuje mírným zvýšením dynamiky proudění a dochází také k opětovnému rozšíření koryta. Proudnice se blíží spíše levému břehu (odklání ji rozsáhlá náplava navazující na pravý břeh). Břehy jsou tvořeny totožně jako v případě profilu č. 12, jsou však pozvolnější. Díky zesílení proudu je dno tvořeno opět většími částicemi.

Povodeň se zde nejvíce projevila posunutím nedávno padlého stromu – na podzim byl strom situován kolmo na koryto a ležel ve výšce 1-1,5 m nad dnem přes celé koryto tak, že se dalo přes něj přejít na druhý břeh. Po povodni se tento kus LWD ustálil blízko levého břehu v úhlu přibližně 15° od rovnoběžky s proudnicí směrem do středu řeky. To bude mít za následek **vyšší odolnost levého břehu** proti erozi, zpomalení proudění v levé polovině řečiště a také **větší usazování** převážně jemného materiálu poblíž stromu.

Profil č. 14 se nachází na úrovni nátoku do Štěpánovské smuhy, 43 m od profilu č. 13. Bohužel po povodni nebyl nalezen kolík označující konec profilu na pravém břehu, proto je možnost srovnání zatížena chybou. Proudnice se nachází v levé části řečiště. Levý břeh je tvořen nátrží u jejíž paty se nachází silná vrstva hlinitých usazenin. Pravý břeh je tvořen fluvialními sedimenty, je však strmější než u předchozích dvou profilů. Dno tvoří slabá vrstva hlinitojílovitých sedimentů.

Extrémní jarní průtok zde viditelně na pravém břehu přinesl **vrstvu sedimentu**, bohužel díky ztrátě stabilizovaného bodu lze určit jen přibližnou mocnost (dle porovnání profilů do 20 cm).

Po 60 m se v prostoru náplavových lavic uprostřed řečiště nachází **profil č. 15**. Jeho poloha je za výrazným zákrutem, kdy řeka mění svůj směr o téměř 90°, proudění je zde velmi silné a proudnice se téměř přimyká k pravému břehu. Koryto je zde široké téměř

30 m, oba břehy jsou velmi strmé, levý tvoří břehová nátrž, pravý tvoří mladé fluvialní sedimenty. Dno bylo na podzim u pravého břehu štěrkopískové, u levého břehu hlinité. Uprostřed koryta se nachází rozsáhlá jesešní lavice, která vystupuje nad hladinu i při vyšších stavech vody. Rozděluje krátkodobě řečiště na dvě větve.

Jarní povodňová situace se zde projevila velmi **výrazným navýšením** původní **jesešní lavice**. Proudnice se odklonila od pravého břehu k levému. Sedimenty jsou z velké části písčité. Mocnost jarních sedimentů ve střední a pravé části řečiště dosáhla 20-50 cm, ojediněle až 70 cm. To má za následek **zahrazení pravé části koryta** při nízkých vodních stavech (na podzim zde byl silný proud a proudnice).

Profil č. 16 se nachází před malou akumulací dřeva (do pěti ks LWD a malá písčítá lavice) u levého břehu, 42 m od předchozího příčného profilu. Proudnice se zde nachází přibližně uprostřed toku. Levý břeh je velmi strmý a vysoký, pravý břeh je také strmý, ovšem nižší. Dno bylo na podzim převážně písčité v centrální a pravé části, v okrajových částech poblíž břehů vzrůstala vrstva hlinitých usazenin a bahna. Koryto si zachovává svou šířku.

Dynamika změn v oblasti předchozího profilu za povodně ovlivnily i tento – proud ztratil svou sílu díky degradaci hodnot průtoků a proudnice se přesunula mírně k levému břehu. To se projevilo především na hloubkové variabilitě profilu. Pravá, hlubší část koryta se zanesla materiálem, v levé části mírné zesílení proudu mělo za následek odno částí drobných usazenin. Povodňový průtok navíc **odnesl část pravého břehu**, kde se nacházely jemné usazeniny.

Změny na profilu č. 15 se projevily i na **profilu č. 17**, který je od 15. vzdálen 75 m. Proudnice je zde blízko levého břehu, který postupně eroduje. Oba břehy jsou zde vysoké 1,5-2 m a jsou velmi strmé. Uprostřed koryta se nachází rozměry nevelká štěrková lavice. Rozděluje však koryto na dynamickou levou část a na pravou část, kde se proudění téměř nevyskytuje. Dno je v levé části tvořeno stejným materiálem, jako centrální lavice. Část u pravého břehu disponuje mocnými sedimenty jílovitých částic.

Mírné posunutí proudnice za povodně směrem od levého břehu mělo za následek **odno částí centrální lavice** a mírné oživení proudění v pravé části.

Profil č. 18 za šíjí meandru prodělal díky jejímu protržení největší změny. Na podzim se proudnice nacházela poblíž levého břehu (i když větší hloubka se nacházela u pravého). Levý břeh byl pozvolný a téměř nezpevněný dřevinami. Pravý břeh byl strmý s pomalu se hroutícími stromy do koryta. Dno bylo po celé šířce profilu štěrkové. Uprostřed řečiště se nacházela mělčina, která se dále po proudu zvyšovala na nevelkou centrální lavici.

Protržením šíje Kenického meandru se **dramaticky změnila proudnice** nad profilem č. 18. Místo pozvolného přecházení proudnice od pravého břehu k levému, začala proudnice „narážet“ téměř kolmo na levý nezpevněný břeh. Ten snadno podlehl erozi (na břehu rostou nejvíce kopřivy, první větší stromy se nacházejí asi 15 m od břehu. **Za necelé dva měsíce**, které uběhly od protržení šíje a zaměřením profilu, **ustoupil levý břeh** o přibližně 4 m a z pozvolně klesajícího se změnil na kolmý. Ústupem levého břehu byl ztracen i levý bod tohoto profilu. Dá se očekávat, že eroze bude nadále pokračovat,

i když její dynamika bude menší. Další podstatnou změnou na tomto profilu je **vytvoření rozsáhlé štěrkové lavice**, která zvětšila nadmořskou výšku téměř v celé šířce původního koryta přibližně o půl metru a je pravděpodobně tvořena materiálem, který dříve tvořil šíji meandru. Pravý břeh zůstal prakticky nezměněn.

Profil přes šíji meandru byl délkou nejrozsáhlejší ze všech. Jeho délka je přes 70 m a skládá se z profilů koryta na začátku a na konci meandru a přechází přes šíji. Severní levý břeh klesá velmi pozvolně a tvoří jej velká štěrkopísková lavice. Charakter usazených štěrkopísku si udržuje i následné mělké dno. Ve střední části severního koryta profil přechází přes Kenickou akumulaci, kterou tvoří několik let usazované kusy říčního dřeva různého stáří a velikosti. V nejvyšších partiích dosahuje akumulace téměř výšky levého břehu. Bohužel kvůli akumulaci nemohla být zaměřena hloubka dna pod ní. Mezi Kenickou akumulací a pravým břehem se nachází velmi hluboká partie koryta, kde se nachází také proudnice. **Extrémní zahloubení** zde způsobuje množství spadáných kmenů. Pravý břeh (šíji meandru) tvoří břehová nátrž, které předchází další dřevní akumulace mnohem menšího rozsahu. Šíje meandru měla v místě profilu šířku přibližně 4 metry (v nejužším místě měla na podzim 2011 pouhý necelý metr). Profil jižního koryta tvoří břehová nátrž na pravém břehu (druhá strana šíje). Řeka má v těchto místech velmi silný proud, proto dno tvoří pouze štěrkopísky. Levá polovina jižního koryta je mělká s jemnějšími usazeními. Levý břeh je relativně strmý, avšak bez břehové nátrže.

Jelikož byl při protržení šíje ztracen bod na ní, bod na severním levém břehu odnesla voda a navíc přesně do profilu jižního koryta spadl strom, byl tento profil zaměřen pouze na podzim.

Profil protržené šíje. Jako náhrada za profil přes šíji byl vytvořen profil šíje přibližně dva měsíce po jejím protržení. Nebyla zde použita nivelace jako u ostatních profilů, ale totální stanice a druhá polovina profilu byla vytvořena pouze odhadem (svinovací metr, fotografie). K tomu bylo přistoupeno jednak z důvodu absence nivelačního přístroje a jednak nepřístupnost koryta (velká hloubka, extrémní proud i při velmi malém průtoku).

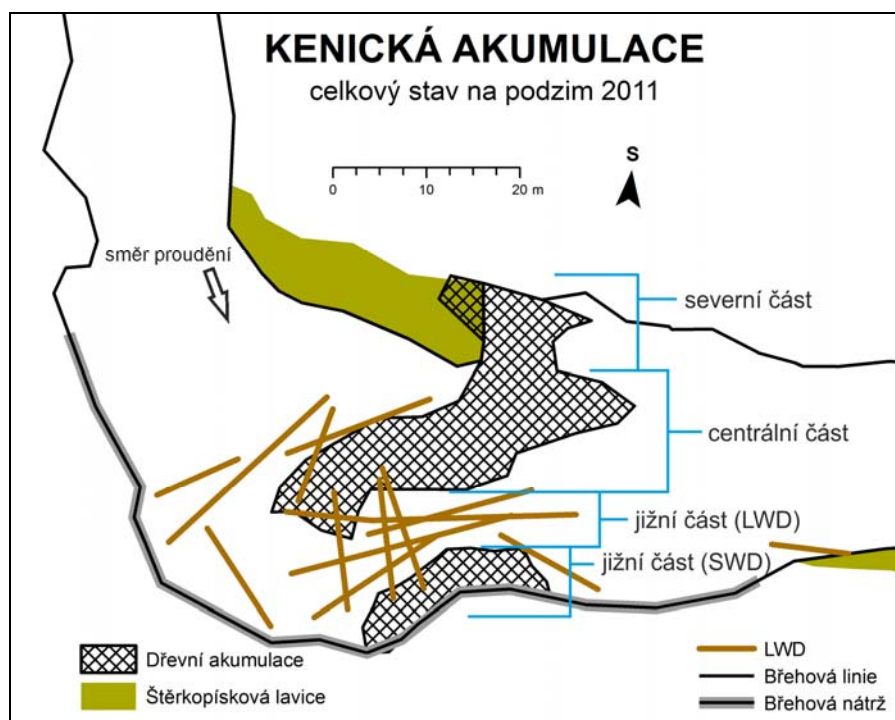
Pravý břeh strmě klesá až na úroveň hladiny, která se v době měření nacházela **2,7 m pod úrovní okolního terénu**. Následuje kořenový bal vystupující asi metr nad hladinu a po něm **prudké zahloubení** místy více než 4 m od úrovně okolního terénu. Ve střední části nově vytvořeného koryta se nachází drobná vyvýšenina a poté pokles dna ještě do větší hloubky. Od těchto míst nebylo k dispozici vybavení, které by umožnilo přesné zaměření profilu. Přibližně ve dvou třetinách koryta od pravého břehu vystupuje nad hladinu kořenový bal velmi vzrostlého stromu. Za kořenovým balem je druhá část koryta, ne tak hluboká a po ní břehová nátrž levého břehu.

5.5 Kenická akumulace a říční dřevo

Další ojedinělým úkazem v našich podmínkách je Kenická akumulace. Jedná se o pravděpodobně o největší akumulaci říčního dřeva u nás. Nachází se **severně od bývalé šíje** meandru. Její stáří je nejasné, Máčka – Krejčí (2006c) uvádí, že „v roce 2000 se zde vykytovalo pouze pět stromů jenž ležely diagonálně v korytě. Na tyto mohutné klíčové kusy se postupně zachytával další materiál.“ Nejdůležitějším zdrojem

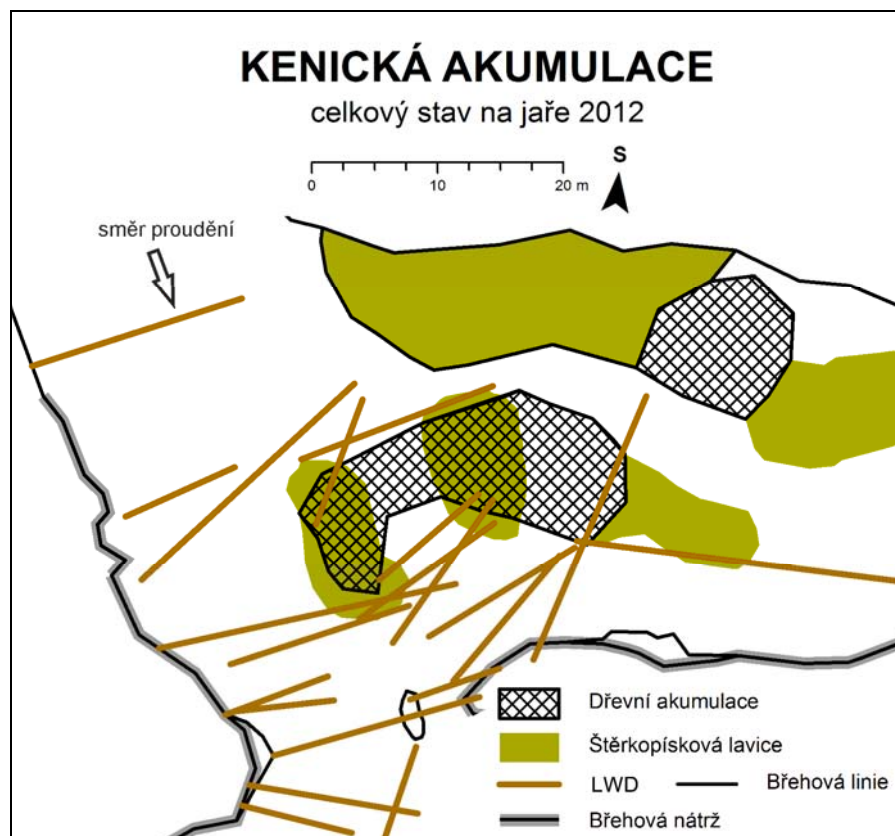
dalších LWD byly okolní břehy a jejich ústup při zužování šíje. Na velké kmeny jsou zachytávány menší kusy dřeva a splávi výše z povodí. Akumulace je stabilizovaná na několika šterkopískových lavicích.

Mapa 5.3



Na podzim 2011 se skládala ze **čtyř částí odlišných svým charakterem** – **severní část** byla tvořena několika málo kmeny na které bylo naplaveno velké množství středních a malých kusů dřeva, ale také množství odpadků, hlavně z plastu, tato partie byla také nejvyšší, převyšovala i úroveň terénu levého břehu. Největší **centrální část** byla tvořena především velkými a dlouhými kmeny různého stáří, jenž byly umístěny velice blízko sebe kolmo na proud. Tato část představuje největší překážku proudění při vyšších vodních stavech. **Jižní část** akumulace tvořily také především různě orientované dlouhé kmeny s větší vzájemnou vzdáleností, díky které byla v těchto místech převáděna největší část průtoku. Přímo k **jižnímu břehu přiléhala část** tvořená převážně SWD, která sem byla transportována při povodni a po opadnutí vody zůstala zachycená na souši. Před protržením šíje **akumulace rozdělovala proud na tři části** – **hlavní část** směřovala okolo akumulace podél pravého břehu a poté skrz část akumulace tvořenou výhradně dlouhými kmeny bez splávi, **střední (nejslabší) část** proudění vedla vodu pod hlavní částí akumulace a poté se spojila s hlavním proudem, **třetí část** proudu protékala severně podél hlavní části a akumulaci překonávala v místech zachytávání středních a nekompletních kmenů. Nachází se na ní také živá vegetace, která roste ve vrcholných partiích akumulace. Rozměry akumulace byly 40 x 40 m, výška se pohybovala od 1,5 m pod až 1,5 m nad úroveň pravého břehu.

Mapa 5.4



Jarní povodeň při které se protrhla šíje Kenického meandru viditelně změnila podobu akumulace. Díky protržení šíje napadalo do koryta velké **množství nových stromů**, které svou polohou v korytě **ovlivňují proudění**, které zde vytváří extrémní zahloubení až 4 m pod úroveň vrchní hrany břehu. Nejjižnější část akumulace tvořená převážně malými kusy dřeva byla při protržení šíje **odplavena** a její segmenty byly zachyceny níže v povodí. Také severní část tvořená převážně malými kusy byla odplavena a s ní i velká část zde zachycených odpadků (Obr. 5.3). Akumulace tedy byla **rozdělena na dvě části** – menší, severní má rozměry 15 x 15 m, větší, jižní 30 x 20 m.



Obr. 5.3 Kenická akumulace na jaře 2012 po rozdělení na dvě části – vlevo severní část, vpravo centrální část (foto: Otmar Petyniak)

Velké množství odplavených kusů se zachytilo u mohutného stromu padlého kolmo na koryto meandru mezi profily 14 a 15 (Obr. 5.4). Tato zatím nestabilní akumulace (dalšímu transportu materiálu zabraňuje pouze výše zmíněný strom) bude v průběhu května zlikvidována (ústní sdělení Mgr. Vladislava Holce, strážce CHKO). Další říční dřevo se zachytilo dále po proudu o spadané stromy u bývalé šíje. Zde se vytvořilo **několik malých akumulací** dřeva, většinou zachycené jedním větším kusem LWD. Nenávratně odplavené kusy nahradil přísun stromů z bývalé šíje – jedná se o celkem 8 kusů, z nichž tři jsou stromy vzrostlé několik desítek metrů, velikost ostatních se pohybuje od 5 do 15 m. Dá se říci, že celkový objem říčního dřeva v oblasti se nijak výrazně nezměnil, nejvíce se na změnách podílelo právě odplavení části Kenické akumulace. Odplavení stromu skáceného bobrem z ostruhy meandru poblíž profilu č. 11 a jeho zachycení v akumulaci s odpadky nebo změna orientace stromu blízko profilu č. 13, padlého kolmo na koryto a jeho stočení směrem po proudu vlivem působení vody, patří mezi další zaznamenané jevy.



Obr. 5.4 Odpadky a říční dřevo zachycené padlým stromem mezi profily č. 14 a 15
(foto: Otmar Petyniak)

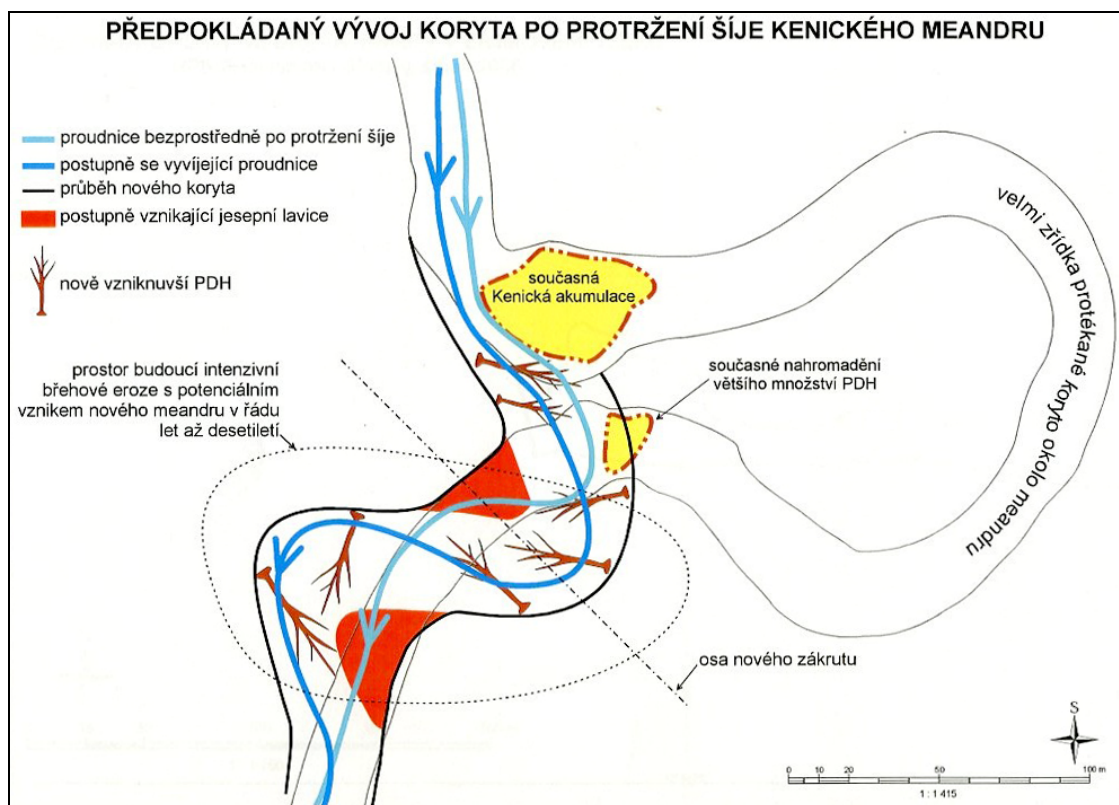


Obr. 5.5 I strom částečně zasahující do koryta přispívá k vzniku dřevní akumulace
(foto: Otmar Petyniak)

5.6 Další vývoj lokality

Ve studii Máčka – Krejčí (2006c) je uveden nástin vývoje po protržení meandru. Autoři vycházejí z předpokladu, že se šíje protrhne v nejužším místě, což se také stalo. Očekávali rychlé rozšíření průchodu v šíji na minimálně 25 m – to se zatím nestalo, šířka je podle zaměření ze začátku května jen 17,5 m. Jedním z možných důvodů je rychlé opadnutí povodně po protržení, kdy řeka neměla dost energie aby průchod dostatečně rozšířila. Částečně erozi další části šíje brání stromy a jejich kořenové baly, které napadaly do koryta. Jejich kmeny (nacházející se ve vodě kolmo na proud) částečně napomáhají také k tomu, aby si voda tvořila prostor spíše hloubkovou erozí než laterální. To také způsobuje extrémní hloubku v bývalé šíji (viz příloha č. 4). Tomuto zahloubení také napomáhá, že na spodní straně šíje se nachází tůň a dá se předpokládat, že úroveň dna bude klesat zpětnou erozí. Její dosah závisí na četnosti a síle dalších povodní. Kenická akumulace již začala napomáhat blokování nátok do meandru, kde je v současnosti mnohem menší proud (voda v některých místech prakticky stojí) a v budoucnu přispěje k poměrně rychlému ukončení jeho protékání. Zatím se ostatní předpoklady z výše uvedené studie potvrzují (alespoň podle stavu dva měsíce po protržení šíje), bude záležet na dalším vývoji a jeho rychlosti. Mapa 5.5 názorně ukazuje předpoklady z roku 2006. Podle současného vývoje to však vypadá, že případná délka meandrové vlny potencionálních meandrů znázorněných na mapě bude mnohem delší. Je možné že případné nové meandry zasáhnou až do prostoru spodní části Kenické smuky, která by se stala pravidelně protékaným korytem. To je však hypotéza výhledu na několik desítek let do budoucnosti.

Mapa 5.5 (MÁČKA – KREJČÍ, 2006c), pozn.: PDH = plavená dřevní hmota = říční dřevo



6 KENICKÁ SMUHA

6.1 Smuhy

Periodicky zaplavované tůně se nacházejí ve všech nivách řek, kde dochází k pravidelným povodním. Na Hané se jim říká **smuhy** (někdy i *smohe*). Nejčastěji se vyskytují v inundacích řek v přírodním stavu jako součást periodických korytech. Niva anastomózních toků je často protkána celým systémem propojených tůní a suchých koryt, které jsou v době povodní protékány a fungují jako odlehčovací ramena. Délka a intenzita protékání **závisí na vodním režimu řeky**. Štěrba (2008) rozlišuje **dva způsoby vzniku smuh**: „Prvním je postupný zánik bývalých aktivních ramen. Říční rameno se postupně zanáší, až se v něm voda objevuje za vysokých nebo povodňových stavů. Druhým případem je pak naopak vznikající rameno, jehož koryto je postupně povodněmi v nivě utvářeno.“ Povrch nivy je tak v průběhu času neustále rozrušován a členěn starými rameny, tůněmi, nově vznikajícími koryty atd. Při povodni teče smuhou voda pod silným proudem, až do úplného zaplnění koryta, poté se voda rozlévá volně do okolního lužního lesa. Za nízkých vodních stavů jsou koryta smuh **suchá**, pouze v nejhlubších depresích se drží voda často dlouho po ukončení protékání smuhy. Dalším způsobem naplnění smuhy vodou kromě povodně, je infiltrace podzemní vody skrz propustná štěrková podloží. To má za následek obohacení už tak hojných společenstev bezobratlých ve smuhách o podzemní druhy – stygobionty.

V současné době lze poblíž Kenického meandru nalézt **příklady různého stádia vývoje** smuh. Štěpánovská smuha je z větší části bývalým stále protékaným korytem a nyní postupně zaniká (zvětšují se intervaly protékání smuhy). Kenická smuha vždy bývala smuhou, během vývoje Moravy se z její části pod Kenickou lávkou stalo hlavní koryto a nátok do smuhy se více přiblížil k řece, čímž se zkrátil interval protékání. V horní polovině vykazuje tato smuha známky laterálního a hloubkového vývoje a ve své spodní polovině je stabilní a v rovnováze. Ve smuze Hraniční Morava probíhají intenzivní fluviální pochody, neboť je ze všech smuh v okolí nejčastěji protékána a tvoří vyvíjející se meandry. Na tyto hlavní smuhy navazují menší periodické vodoteče s různou délkou a frekvencí protékání.

Kenická smuha je jednou z významných smuh Litovelského Pomoraví. Jelikož se nevyznačuje přílišnou délkou (510 m), mezi významné se řadí velikostí koryta a častým protékáním. Její průměrný sklon je 3‰. Nátok z hlavního koryta Moravy se nachází 360 m pod hynkovským jezem v nadmořské výšce 221,2 m n. m. Smuha je po celé délce zahlobena 1-2 m pod úroveň okolního terénu, v oblasti tůní dosahují terénní deprese **hloubky až 3 m**. Šířka koryta je 8-15 m, místy i 20 m. V oblasti nátoků z Moravy se nachází velké množství připlavených kmenů, které zde na souši tvoří akumulaci. Ihned za nátokem se nachází dva zákruty malého poloměru, přičemž u druhého zákrutu je na výsepním břehu vidět **probíhající eroze**, zatímco na druhé straně se nachází jesešní lavice. Za zákruty pokračuje Kenická smuha poměrně pravidelným přímým korytem s výškou břehů téměř 2 m. Po 150 m od nátoků následuje rozšíření

koryta až na 20 m a dosud rovné a málo členité dno je zde členěno na štěrkopískové lavice, střední deprese. Je to způsobeno přítomností několika živých stromů, které rostou z koryta. Jejich kmeny a z části obnažené kořenové baly **odklánějí proudění** do stran, kde se vytvářejí tůňe. Tento úsek po 60 m střídá 130 m pravidelný **úsek s téměř plochým dnem**. Výška téměř kolmých břehů zde dosahuje okolo 1,8 m a přes smuhu je napříč napadáno několik stromů. Za tímto klidným úsekem se nachází vyvíjející se zákrut s výraznou břehovou nátrží a hlubokou tůňí na výsepní straně a s písčnou lavicí na straně jesešní. Tím začíná úsek s největším množstvím dřeva v korytě (nepočítáme-li akumulaci při nátoku do smuhy). Tento úsek měří 50 m. Po něm následuje už konec koryta smuhy, kde jsou vyvinuty **náplavové terasy** z části zpevněné připlaveným dřevem. Také zde se nachází velké množství spadaného dřeva do koryta. Smuha je zakončena mohutnou náplavovou lavicí v korytě Moravy přibližně 40 m proti proudu od Kenické lávky v nadmořské výšce 219,7 m n. m. Lavice zasahuje až do 1/3 šířky Moravy a dosahuje téměř k lávce.



Obr. 5.6 Kenická smuha: vlevo, říjen 2011, neprotékaná (v popředí zvodněná tůň); vpravo, duben 2012, protékaná – průtok v Moravě cca $12 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (foto: Otmar Petyniak)

6.2 Digitální model reliéfu Kenické smuhy

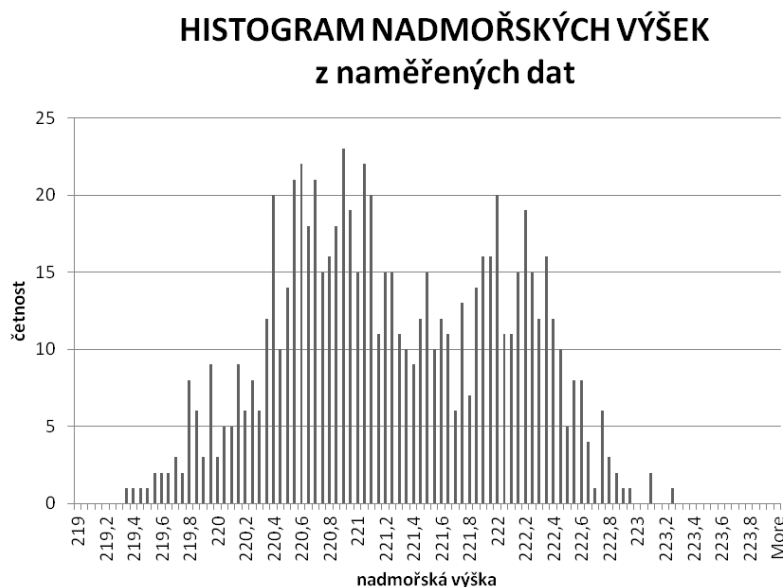
6.2.1 Základní údaje o zdrojových datech

Pro tvorbu DMR Kenické smuhy byla použita data z měření na začátku října 2011. V té době byl průtok v hlavním korytu Moravy do $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a smuha nebyla protékaná minimálně dva měsíce. Po celé délce smuhy bylo zaměřeno 760 bodů. Přednostně byly zaměřovány břehové čáry a hrany mezi břehem a dnem. Dále horní okraje a nejhlubší místa tůňí, náplavové lavice, lokální minima, maxima a všechny významné prvky terénu tak, aby sklon povrchu mezi body byl co nejvíce lineární. Hustota bodů byla v průměru $9 \text{ m}^2/\text{bod}$. Ta byla samozřejmě velmi ovlivněna členitostí koryta: ve velmi členitém úseku (jeho část je na Obr. 5.6) byla hustota pod $5 \text{ m}^2/\text{bod}$, naopak v následujícím úseku, kde je koryto téměř přímé a má relativně pravidelný profil neckovitého tvaru byla hustota $12 \text{ m}^2/\text{bod}$.

Hledání vhodných metod pro tvorbu digitálního modelu ztěžovalo několik faktorů. Modelované území je svým rozsahem velmi malé ve srovnání s oblastmi, pro které se

DMR vytvářejí. Dalším specifíkem je výrazný nepoměr délky a šířky modelovaného území (500 m délka, max. 20 m šířka). Běžně vytvářené modely reliéfu mají také podstatně větší převýšení – rozdíl nadmořských výšek je 3,9 m.

Graf 6.1



6.2.2 Postup tvorby DMR

Jako nejvhodnější pro reprezentaci reliéfu Kenické smuhy byla vybrána metoda TIN (triangulated irregular network). TIN se řadí k vektorově topologickým strukturám. Využívá rozdělení terénní plochy na dílčí plochy, nejčastěji trojúhelníkového tvaru. Hranice jsou vedeny po singularitách, liniích, na kterých dochází k výrazným změnám v průběhu terénní plochy jako celku. Vrcholům trojúhelníků jsou přiřazeny souřadnice x, y, z ze zdrojových dat. V poli výškových bodů jsou trojúhelníky voleny tak, že uvnitř kružnice opsané trojúhelníku nesmí ležet žádný jiný bod – tzv. Delaunay kritérium. Množství a hustotu bodů lze tak volit základě členitosti reliéfu (VOŽENÍLEK, 2001).

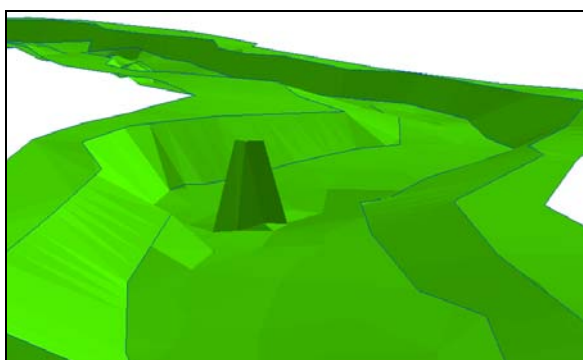
Důvodem pro volbu metody TIN strmost břehů smuhy, kterou grid nedokáže zachytit. Další důležitou vlastností TINu je zachování výšek vstupních bodů (nutné při tak malém výškovém rozsahu). Zároveň vstupní data byla pořizována převážně na lomových liniích a hranách, takže průběh terénu mezi zaměřenými body byl převážně lineární. Všechna data byla zpracovávána v programu ArcGIS 10 for Desktop.

Množství naměřených bodů nebylo pro tvorbu kvalitního TINu dostatečné. Vstupní data však umožňovala dopočítání důležitých bodů pro kvalitnější vizualizaci modelu. Prvním krokem bylo vytvoření liniové vrstvy lomových hran z naměřených bodů. Na těchto liniích byla vytvořena zhušťovací bodová vrstva. Jedna vrstva přidávala mezi vzdálené body na jedné linii 1-3 nové body jejichž nadmořská výška byla ručně dopočítána. Z těchto dvou vrstev byl vytvořen první referenční TIN (**Create TIN**). Další bodová vrstva byla vytvořena z linií lomových hran použitím nástroje **Interpolate shape** (přidá do liniové vrstvy vertexy) a **Feature to point** (převede vertexy na body). Pomocí

extenze 3D Analyst (nástroj **Add surface information**) byly přiřazeny vytvořeným bodům výškové souřadnice. Tím bylo získáno přes 2 200 bodů s velmi přesnou nadmořskou výškou na lomových liniích, které věrně zobrazují břehy a jejich strmost. Dalším úkonem bylo získání více bodů ze dna smuhy, které mohou vstoupit do tvorby TINu. Dno je až na dvě místa málo členité, bez výrazných zlomů, proto byla vybrán následující postup: vytvoření rastru (**Topo to raster**) dna pomocí změřených bodů na dně a ze spodních lomových hran. Poté byla vytvořena bodová vrstva zhušťovacích bodů dna a pomocí funkce **Add surface information** byla přiřazena hodnota souřadnic z do atributové tabulky. Než bylo přikročeno k tvorbě finálního TINu, byl vytvořen ještě dočasný TIN pro kontrolu a ručně editovány některé doplňkové body.

Tab. 6.1 Vrstvy a nastavení jejich parametrů při tvorbě finálního TINu:

Vrstva	Počet bodů	Height_field	SF_type
Naměřené body	754	Z	Masspoints
Doplňkové body zlomových linií břehů (lin. interpolace)	355	Z	Masspoints
Zhušťovací body břehů (odvození výšky z TINu z předchozích 2 vrstev)	2 236	Z	Masspoints
Zhušťovací body dna (odvození výšky z rastru dna)	707	Z	Masspoints
Zlomové linie břehů	linie	<None>	Hardline
Území smuhy	polygon	<None>	Hardclip



Obr. 6.1 Výsledný TIN a stejné místo na fotografii

7 DISKUZE

Při řešení práce se vyskytla řada problémů a muselo dojít k rozhodování a vybrat nejvhodnější řešení. Jedním z klíčových prvků pro celou práci bylo terénní měření. Ačkoli byly zvoleny velmi přesné geodetické metody, nelze se vyhnout chybám. Hrubé chyby byly po jejich odhalení opravovány ihned – většinou se jednalo o špatné nastavení výšky odrazného hranolu. Objevily se také systematické chyby v podobě špatně zadaných souřadnic stanoviska. Ty byly odstraňovány postprocesně pomocí specializovaného software (Groma). Další nepřesnosti v datech mohly vzniknout při ručním zakreslování centrálních lavic, říčního dřeva, a akumulací do mapy břehů. Jedná se však o standardní geomorfologický postup, který byl navíc zpřesněn turistickým GPS přijímačem a použitím vlastní velmi podrobné mapy břehů. Přesnější (geodetická) měření by byla časově náročná a výsledné zpřesnění by nebylo tak významné. Navíc by přesné zaměřování některých kusů dřeva bylo velmi nebezpečné (a to i přes případné jištění horolezeckým úvazkem a přítomnosti více lidí na břehu, kteří by mohli figuranta zachránit). Také při případném zvýšení vodního stavu během vícedenního zaměřování se může poloha obzvláště říčního dřeva změnit, takže jedna část výsledných dat by se vztahovala k jinému stavu než druhá.

Při zjišťování historického průběhu vodotečí v oblasti by se dalo využít více zdrojů (prohledat archivy) a analýzu provést podrobněji. Domnívám se, že použité zdroje a jejich podrobnost jsou pro účely této práce dostatečné.

Přesnost digitálního modelu Kenické smuhy by šla zvětšit zaměřením více bodů. Hustota bodů byla určena po poradě s vedoucím práce, bylo třeba se vejít při zaměřování do omezeného časového úseku, kvůli zapůjčení totální stanice a také nebyla zkušenost s tvorbou DMR tak velkého rozlišení. Přesto jsem toho názoru, že výsledný TIN je, až na dva úseky (nátok do smuhy a oblast stromů rostoucích ze dna) velmi přesný. Řešením by bylo zaměřit tyto úseky s ještě větší hustotou bodů (ačkoli i tak v nich byla hustota bodů nadprůměrná). Původně mělo být provedeno druhé zaměření Kenické smuhy a porovnání s prvním. To bohužel nebylo možné, protože v době, kdy ji bylo možno zaměřit, tak aby mohly být výsledky publikovány v této práci, byla ještě protékaná vodou.

Výsledky práce budou použity Správou CHKO Litovelské Pomoraví při rozhodování o dalším postupu ochrany a péče o oblast. Do budoucna lze také na tuto práci navázat dalšími sadami měření a přidruženými analýzami.

8 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce má za cíl provést morfológickou analýzu vývoje reliéfu v Přírodní rezervaci Kenický. Bylo provedeno dvojí geodetické zaměření břehových linií, vybraných příčných profilů Kenického meandru a jedno zaměření Kenické smuhy. Zákresem do výsledné mapy byla také provedeno určení polohy říčního dřeva, náplavových lavic a rozsah břehových nátrží.

První část práce představuje teoretický úvod do problematiky fluvialní geomorfologie a říčního dřeva, což jsou odvětví, kterými se výzkum v ČR zabývá teprve krátký čas a není ve středu zájmu. Každý přírodní vodní tok v různých částech svého průběhu má jiný charakter. Ten se projevuje hlavně morfológickým působením toku na okolní nivu, jeho vodním režimem a režimem plavenin a splavenin. Existuje několik metod charakteristiky vodních toků podle hodnot měřitelných i neměřitelných parametrů. Meandrování je jedním z těchto parametrů.

Meandry se během své existence vyvíjejí – z původního zákrutu se erozí jednoho břehu a sedimentací na druhém břehu vyvine meandr, jenž může dále měnit svou polohu a tvar. Pokračující erozí se zužuje šíje meandru až do jejího protržení (tak jako se to stalo na Kenickém meandru na jaře 2012). Z postupně zazemňovaného původního koryta řeky se stává slepé rameno průtočné jen při povodních.

Říční dřevo je nedílnou součástí přírodních vodních toků. U nás je již jen málo úseků, kde se padlé stromy do řeky neodstraňují. Dřevo ve vodě je jedním ze základních předpokladů pro přirozenou morfológii koryta řek a přispívá k jeho diverzitě a ke zpomalování proudění, čímž pomáhá zadržovat vodu v krajině

Kenický meandr je jedním z největších meandrů v CHKO Litovelské Pomoraví. Jeho šíje měla na podzim 2011 necelý metr šířky a během povodně na přelomu února a března 2012 se šíje protrhla. Úsek meandru se nachází v NPR Ramena řeky Moravy a jeho pravý břeh náleží PR Kenický. Předmětem ochrany je zde přírodní říční koryto s přirozeným vývojem a zchovalý lužní les se systémem smuh a periodických vodních tůní. Z dochovaných historických map a leteckých snímků je patrné, že antropogenní ovlivnění koryta mělo za následek částečnou degradaci anastomózy Moravy a ohrožení složitého ekosystému lužního lesa. Vytvořením CHKO došlo k přenechání fluvialních procesů zpět přirozenému vývoji.

Porovnání příčných profilů vytvořených před a po protržení šíje meandru ukázalo, jak změna proudění a jarní povodeň ovlivnilo koryto řeky. Téměř všude došlo k větší sedimentaci částic, tím i ke snížení plochy profilu a maximální hloubky. Došlo také k velké erozi břehu pod protrženou šíjí a vytvoření či rozšíření několika náplavových lavic. Velkou změnou prošla také Kenická akumulace. Ta je největší akumulací dřeva v korytě v celém Litovelském Pomoraví a při jarní povodni u ní došlo k odnosu její části. Tato část tvořená převážně menšími kusy dřeva a také odpadky se byla zachycena asi 330 m po proudu pomocí stromu padlého přes šířku koryta. Okolo desítky stromů také napadalo do koryta při destrukci šíje meandru. Podle současného stavu je

pravděpodobné, že se z větší části naplní předpoklady uvedené ze studie z roku 2006. Zda-li tomu bude a jak rychle, ukáže další vývoj.

Součástí práce je také kapitola určená smuhám a periodickým tůním v Litovelském Pomoraví. Zaměřená je na Kenickou smuhu a popisuje také postup tvorby digitálního modelu jejího reliéfu metodou TIN. K němu byla použita data z jejího podzimního zaměřování obohacená o další odvozené zhušťovací body. Tento postup se osvědčil pro úseky s málo členitým dnem. Ve velmi členitých úsecích není DMR tak velkého měřítká moc přesný.

Další potencionální zaměření oblasti ukáže dynamiku probíhajících jevů po protržení šíje Kenického meandru a tato práce může sloužit jako podklad pro zjištění stavu oblasti těsně před a těsně po protržení meandru. Doufám, že tato práce bude dále využita a díky ní budu také soukromě sledovat vývoj řeky v okolí meandru.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

CULEK, M. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: ENIGMA, s. r. o., 1995. ISBN 80-85368-80-3.

CZ0714073 - Litovelské Pomoraví. AOPK ČR. *Oficiální webové stránky soustavy Natura 2000 v České republice* [online]. 2006 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000071061

ČADA, V. 11.5. Metody nivelace. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. *Geomatika na ZČU v Plzni* [online]. [2012] [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch11s05.html>

DEMEK, J.: *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 1987, 480 s.

DEMEK, J. *Geomorfologie českých zemi*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1965, 336 s.

GREŠKOVÁ, A. Dynamika a transformácia nivy rieky Moravy študovaná pomocou historických máp a leteckých snímkov. *Geomorphologia Slovaca*. 2002, č. 2, s. 40-44. ISSN 1335-9541.

GREŠKOVÁ, A. Využitie akumulácií zvyškov dreva (Large Woody Debris) pri revitalizácii riečnych korýt. In: HERBER, V. *Fyzickogeografický sborník 4: Fyzická geografie - teorie a aplikace*. Brno: Masarykova Univerzita, 2007, s. 113-119. ISBN 8021043237.

HUGGET, R. J.: *Fundamentals of geomorphology*. Oxon: Routledge, 2007. ISBN 0-203-94711-8.

CHARLTON, R. *Fundamentals of fluvial geomorphology*. 1. vyd. Oxon: Routledge, 2008. ISBN 0-203-37108-9.

KNIGHTON, D. *Fluvial forms and processes*. London: Edward Arnold, 1984. ISBN 0-7131-6405-0.

KOŽENÝ, P. et al. Vývoj technické stabilizace dřevní hmoty v korytě Moravy v CHKO Litovelské Pomoraví. *Vodní hospodářství*. 2011, roč. 61, č. 3, s. 125-129. ISSN 1211-0760. Dostupné z: <http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2011/vh03-2011.pdf>

KREJČÍ, L. *Fluviální tvary v NPR Ramena řeky Moravy*. Brno, 5. 5. 2006. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Zdeněk Máčka.

KREJČÍ, L. Struktura, dynamika a geomorfologické účinky dřevní hmoty v říčních korytech lesních vegetačních stupňů ČR [online]. 2010 [cit. 2012-04-13]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Zdeněk Máčka. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/63828/prif_d/.

KVĚTOŇ, V., VOŽENÍLEK., V. *Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000 = Climatic regions of the Czech Republic : Quitt's classification during years 1961-2000*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series). ISBN 978-80-244-2813-0.

LEHOTSKÝ, M. a GREŠKOVÁ, A.. *Hydromorfologický slovník: (Slovensko-anglický výkladový slovník hydromorfologických termínov)* [pdf]. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2004. 77s. [cit. 2012-03-4].

LEOPOLD, L. B. a WOLMAN, M. G. *River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight*. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 282B, 1957, s. 40-84

ŠINDLAR, M. *Přírodě blízká protipovodňová opatření na tocích a nivách*. ŠINDLAR.s.r.o., 06/2008, 1s.

MÁČKA, Z., KREJČÍ, L. Plavená dřevní hmota (splávi) v korytech vodních toků - případová studie z CHKO Litovelské Pomoraví. In: MĚKOTOVÁ, Jarmila a ŠTĚRBA, O. *Říční krajina 4: Sborník příspěvků z konference*. Olomouc, 2006a, s. 172-182. ISBN 80-244-1495-3.

MÁČKA, Z, KREJČÍ, L. Dřevní hmota v říčních korytech – zdroje, objem, distribuce a interakce s fluviálními tvary (případová studie z NPR Ramena řeky Moravy, CHKO Litovelské Pomoraví). In: *Geomorfologické výzkumy v roce 2006* [online]. 1. vyd.: Univerzita Palackého Olomouc - Česká asociace geomorfologů, 2006b [cit. 2012-04-16]. ISBN 80-244-1542-9. Dostupné z: http://woodinrivers.eu/_media/oprojektu/2006_olomouc_cag.pdf?id=oprojektu%3Avystupyprojektu&cache=cache

MÁČKA, Z., KREJČÍ, L., AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČESKÉ REPUBLIKY. *Prognóza geomorfologického vývoje řeky Moravy v úseku od jezu hynkov po kenickou lávku: NPR Ramena řeky Moravy, CHKO Litovelské Pomoraví*. Brno, 2006c.

MÁČKA, Z., KREJČÍ, L. Výskyt dřevní hmoty v korytech vodních toků České republiky. *Vodní Hospodářství*. 2010, roč. 60, č. 2, s. 36-39. ISSN 6319 ISSN 1211-0760. Dostupné z: [.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh02-2010.pdf](http://vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh02-2010.pdf)

MIŘIJOVSKÝ, J. *Polohové a navigační systémy: přednášky z předmětu*. Olomouc: UP, 2011.

PETTS, G. *Rivers and landscape*. London: Edward Arnold, 1985. ISBN 0-7131-6433-6.

POVODÍ MORAVY, s.p. *Manipulační řád pro jez hynkov na řece Moravě v km 251,136*. Brno, 2005.

ROSGEN, D.: *A classification of natural rivers*. CATENA 22. 1994. s. 169-199

SMOLOVÁ, I.; VÍTEK, J.: *Základy geomorfologie: Vybrané tvary reliéfu*; Univerzita Palackého v Olomouci, 2007; 189 s

STEVENS, V. *The Ecological Role of Coarse Woody Debris: An Overview of the Ecological Importance of CWD in BC Forests* [online]. British Columbia Ministry of Forest, 1997 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://maps.wildrockies.org/ecosystem_defense/science_documents/stevens_1997.pdf

ŠTĚRBA, O. *Říční krajina a její ekosystémy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-2203-9.

VOŽENÍLEK, Vít. *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2001, 185 s. ISBN 80-244-0383-8.

VOŽENILEK, V. *Diplomové práce z geoinformatiky*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 2002. 31 s.

ZELINKA, J. *Retence povodňových vod v lužním lese*. Olomouc, 2008. Dostupné z: http://geography.upol.cz/soubory/studium/dp/2008/2008_Zelinka.pdf. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. Vedoucí práce RNDr. Aleš Létal, Ph.D.

SUMMARY

This bachelor thesis describes results of geodetic survey in the Kenický meander and periodic-river Kenická smuha. The area of interest is located in *Protected Landscape Area Litovelské Pomoraví* as part of *National Natural Reservation Ramena řeky Moravy* (Channels of Morava river) and *Natural reservation Kenický*. There was made two data collections of meander from autumn 2011 and spring 2012 and one of Kenická smuha from autumn 2011. Surveying was focused on bank line, channel bars, bank failures and woody debris and accumulation. Eleven transverse profiles of river was created of geodetic leveling survey.

First part of thesis is issue introduction of fluvial geomorphology and woody debris. Every river has morphological effect to its floodplain. There is some methodical approach of river channel classification. This classification has some parameters and one of them is meandering. Meanders has several types of migration and development. Most important process of river evolution is neck cut-off of meander. Also this happened in Kenický meander in spring 2012. In the Litovelské Pomoraví has Morava river natural channel pattern and there is also woody debris in the channel. It enhances the ecological status of the river and ecosystem of river with high amounts of woody debris show higher habitat and species diversity.

In thesis was investigated historical line of water channels by historical maps and historical airborne photography in the area of interest. After georeferencing of the historical photos was created historical bank lines of Morava river between 50's of 20th century and beginning od 21st century. River was affected by humans in the late 19th century, when was cutted-off double meander before today's Kenický meander. Reaction of higher energy in river started evolution of Kenický meander.

From obtained data by surveying was created situation maps before and after cut-off of the meander neck this maps are available as annex of thesis. Comparison of transversal profiles shows immediate start of sedimentation (area and maximum depth of the profiles was less) in old river channel and horizontal and vertical erosion of channel after meander ex-neck.

Location and quantity of woody debris was also changed. A part of Kenická accumulation was carried off by the spring flood and SWD with rubbish from accumulation was blocked downstream about 330 m. To the meander's neck fell down several trees, whose root ball prevent erosion of banks and trunks contribute to vertical erosion (channel in former neck is nearly 5 m depth).

Last chapter is devoted to the periodic rivers and pools (smuha). It's typical morphological form of anastomosing rivers and basic presumption of function performance of floodplain forests. From surveying of Kenická smuha was created DEM. To creation entered 1 109 basic (geodetical accuration) points and 2 943 complementary (calculated from raster) points. For DEM creation was used TIN method. Here used solution is suitable for planar parts of channel bed. For rugged parts is necessary more geodetically surveyed points to achieve the same accuracy as non-rugged parts.

PŘÍLOHY

Seznam příloh:

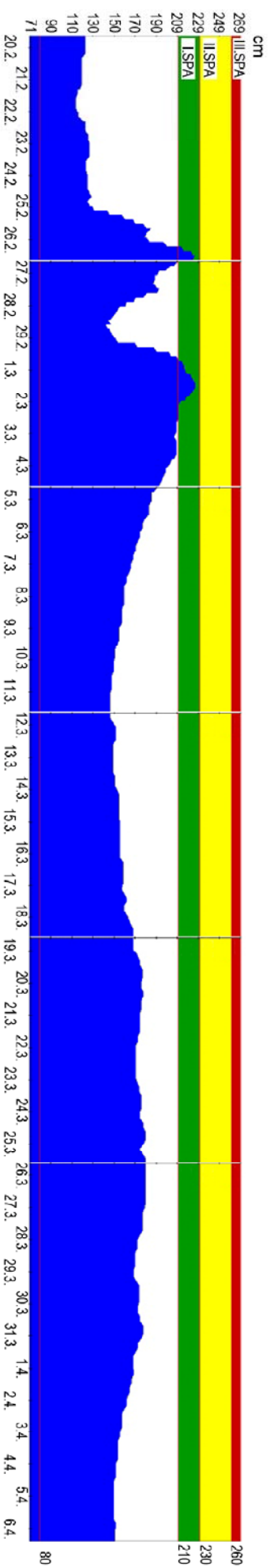
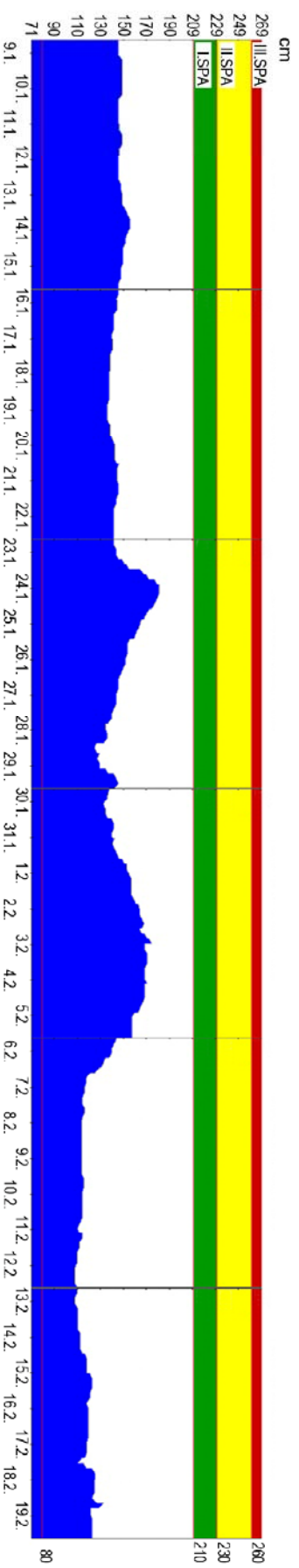
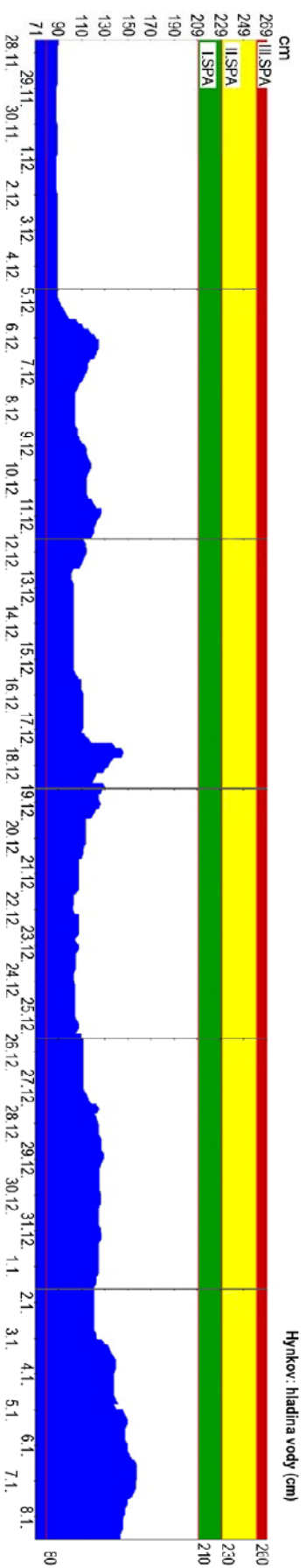
Vázané přílohy:

- Příloha 1 Graf vodních stavů a průtoků jezu Hynkov
- Příloha 2 Porovnání břehových linií Kenického meandru z leteckých snímků
- Příloha 3 Porovnání příčných profilů a jejich morfometrické charakteristiky
- Příloha 4 Příčný profil přes protrženou šíji z května 2012
- Příloha 5 Výška pravého a levého břehu na podzim 2011
- Příloha 6 Šíje Kenického meandru na podzim 2011
- Příloha 7 Výběr fotografií

Volné přílohy

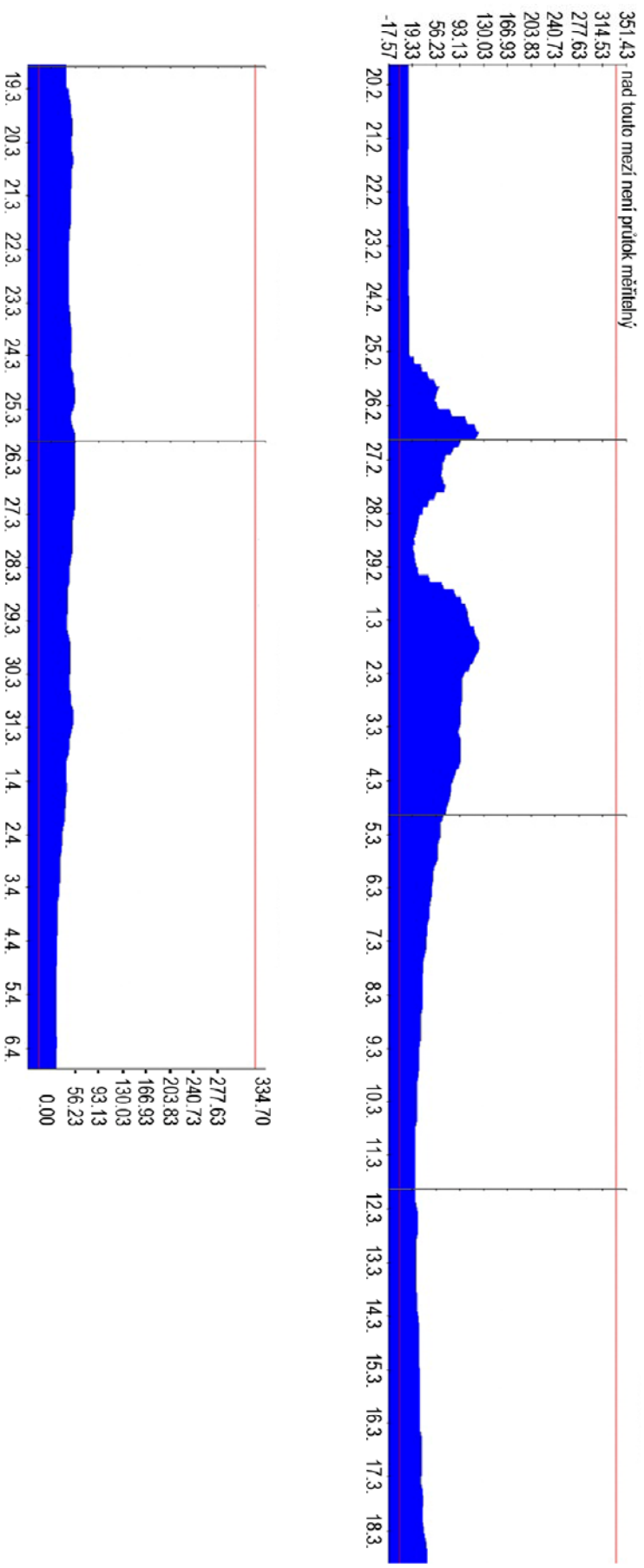
- Příloha 8 Mapa – Stav meandru na podzim 2011
- Příloha 9 Mapa – Stav meandru na jaře 2012
- Příloha 10 CD

VODNÍ STAVY NA JEZU HYNKOV
mezi 28. 11. 2011 a 6. 4. 2012



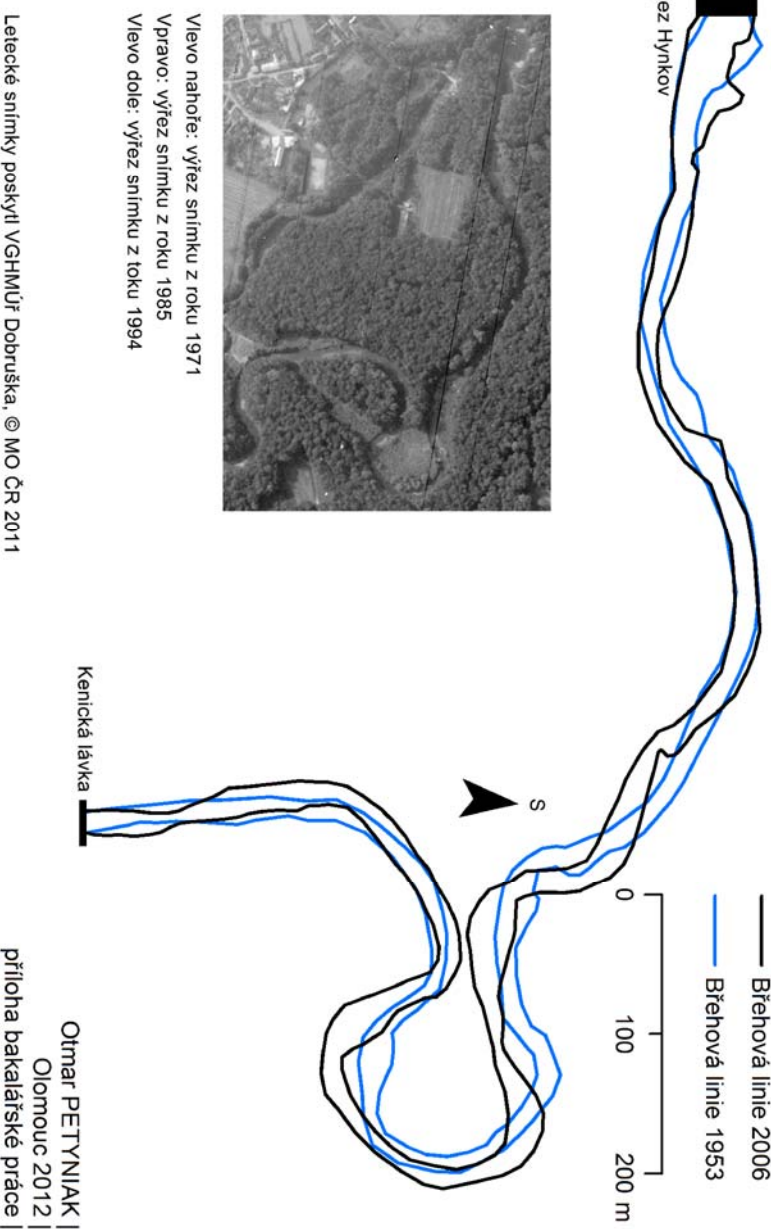
Otmar PETYŇIAK, OLOMOUC 2012, zdroj dat: Magistrát města Olomouce

PRŮTOKY JEZU NA HYNKOV mezi 20. 2. 2011 a 6.4. 2012



Otrnar PETVNIÁK, OLMOUC 2012, zdroj dat: Magistrát města Olomouce

PRŮBĚH BŘEHOVÝCH LINÍ KENICKÉHO MEANDRU porovnání let 1954 a 2006 pomocí LMS



Otmár PETYŇIAK
Olomouc 2012
příloha bakalářské práce

Příloha 3

Tabulky morfometrických charakteristik profilů:

Podzim 2011:

Číslo profilu	Omočený obvod [m]	Plocha [m ²]	Šířka [m]	Max. hloubka [m]
8	25,91	26,52	24,5	1,42
9	24,14	37,68	23,0	2,32
10	24,44	37,33	22,8	2,27
11	32,05	70,48	30,0	3,87
12	23,87	40,82	21,2	3,65
13	26,10	43,26	24,9	2,66
14	21,01	29,63	20,0	2,21
15	30,27	51,23	28,2	2,39
16	24,96	48,67	23,1	3,01
17	28,61	45,52	26,1	2,36
18	25,69	47,13	23,8	2,55
Přes šíji	74,60	110,6	71,36	3,23

Jaro 2012:

Číslo profilu	Omočený obvod [m]	Plocha [m ²]	Šířka [m]	Max. hloubka [m]
8	24,9	29,93	23,4	1,83
9	23,78	36,26	22,8	2,22
10	24,17	37,02	22,6	2,28
11	31,78	67,48	29,9	3,64
12	23,41	40,42	21	3,63
13	25,81	42,89	24,7	2,77
14	19,75	26,51	18,8	2,12
15	29,67	43,58	27,8	2,45
16	25,16	48,81	23,1	2,68
17	28,06	43,55	26,1	2,07
18	26,75	47,85	23,4	2,76

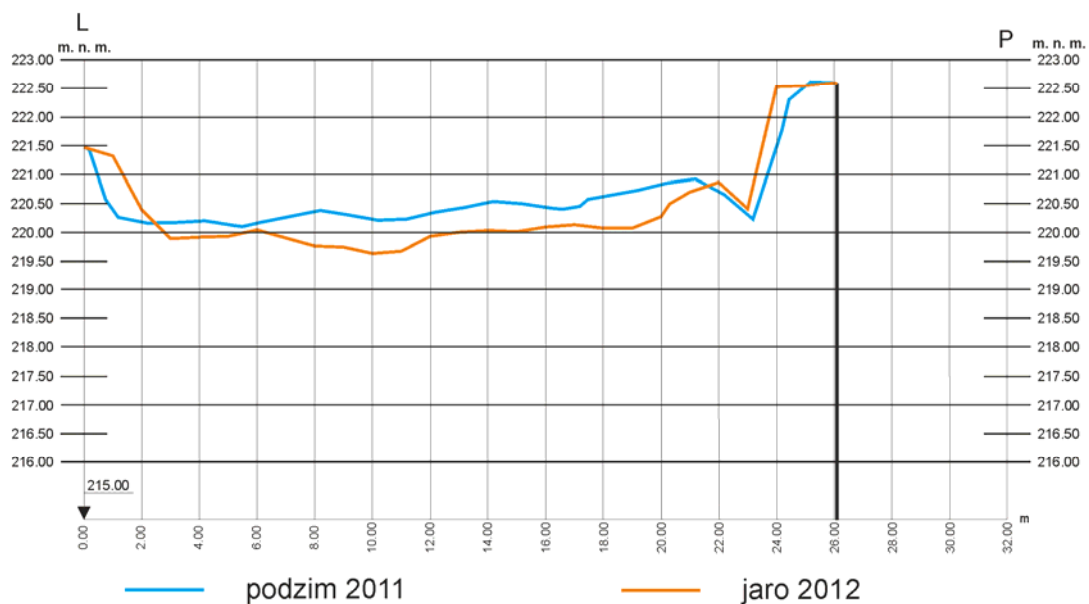
Přírůstky/úbytky hodnot na jaře 2012:

Číslo profilu	Omočený obvod [m]	Plocha [m ²]	Šířka [m]	Max. hloubka [m]
8*	-1,01	3,41	-1,1	0,41
9	-0,36	-1,42	-0,2	-0,1
10	-0,27	-0,31	-0,2	0,01
11	-0,27	-3,00	-0,1	-0,23
12	-0,46	-0,40	-0,2	-0,02
13	-0,29	-0,37	-0,2	0,11
14*	-1,26	-3,12	-1,2	-0,09
15	-0,60	-7,65	-0,4	0,06
16	0,20	0,14	0,0	-0,33
17	-0,55	-1,97	0,0	-0,29
18*	1,06	0,72	-0,4	0,21

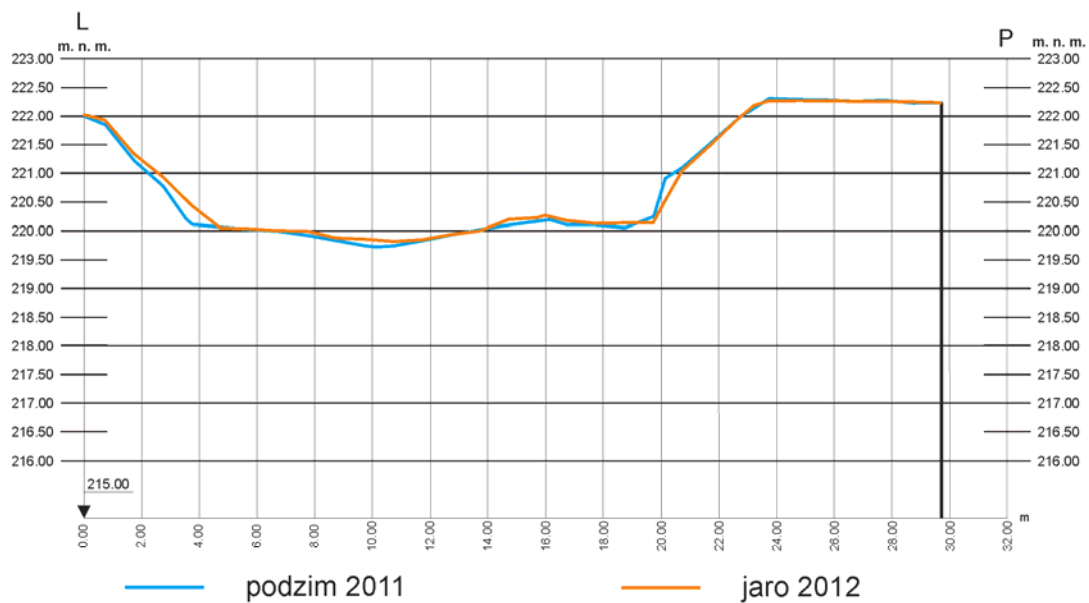
* u těchto profilů byl ztracen jeden z bodů, proto mají údaje sníženou přesnost

Porovnání příčných profilů:

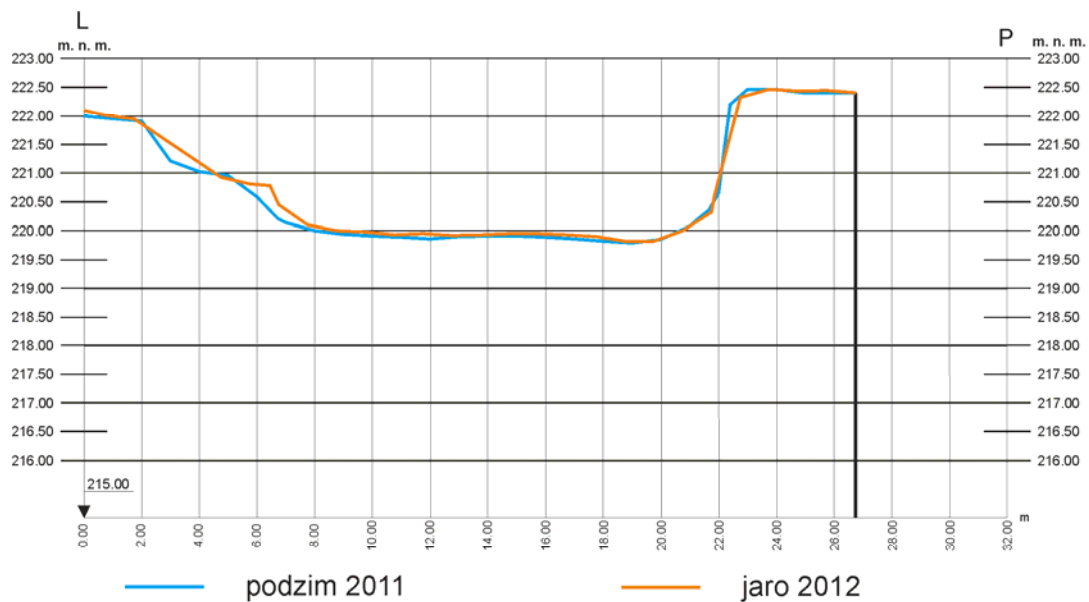
PROFIL č. 8 – porovnání



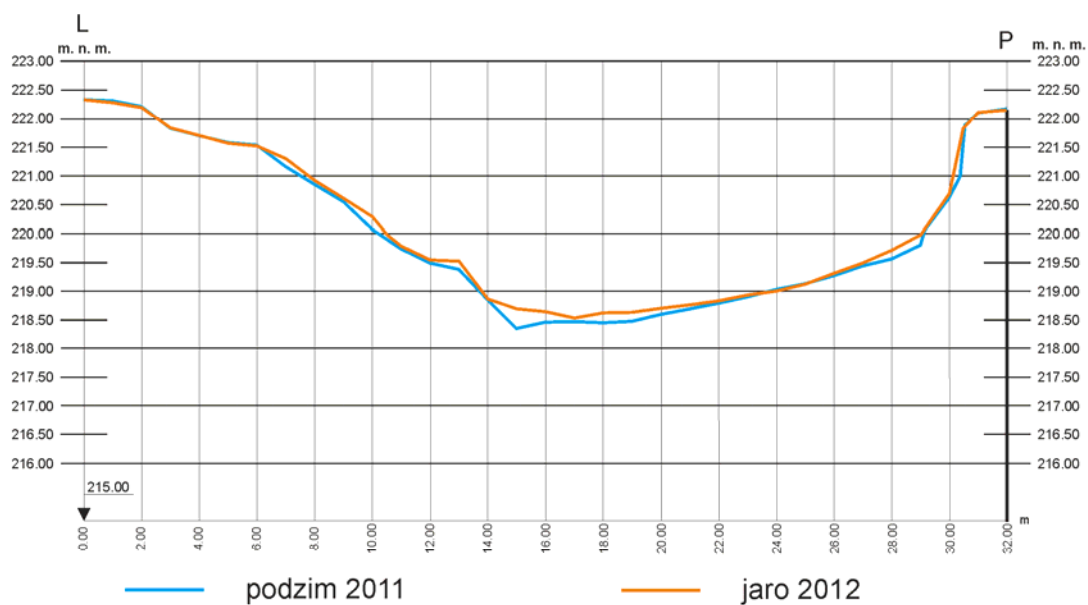
PROFIL č. 9 – porovnání



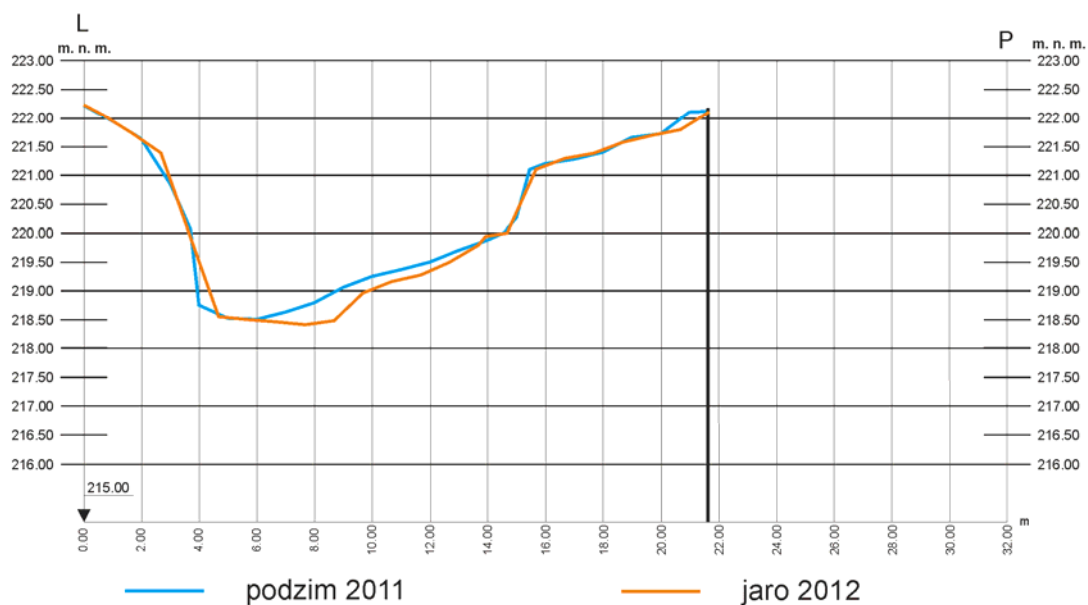
PROFIL č. 10 – porovnání



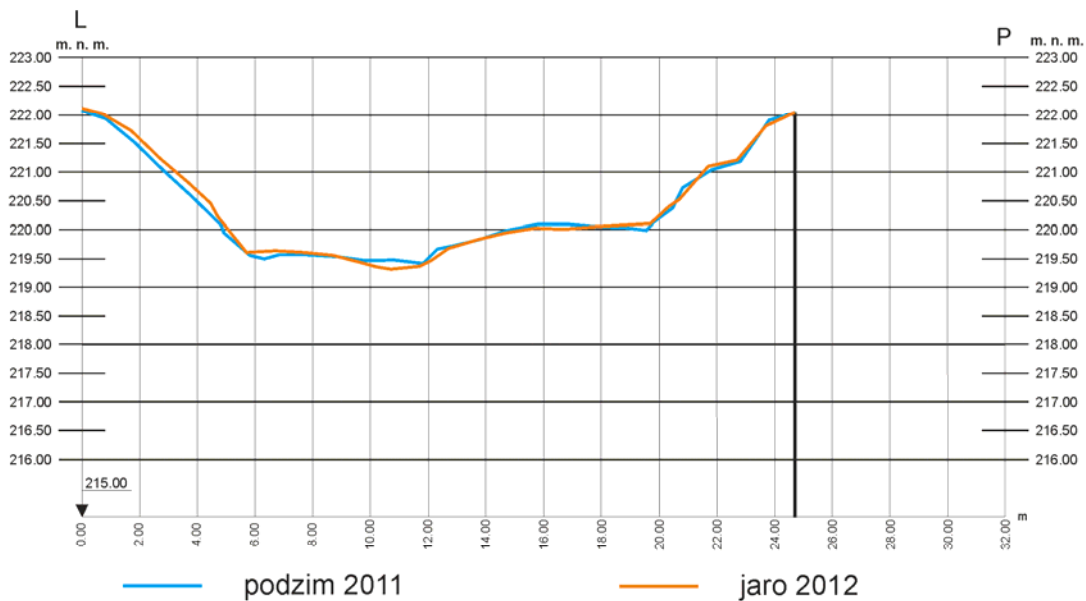
PROFIL č. 11 – porovnání



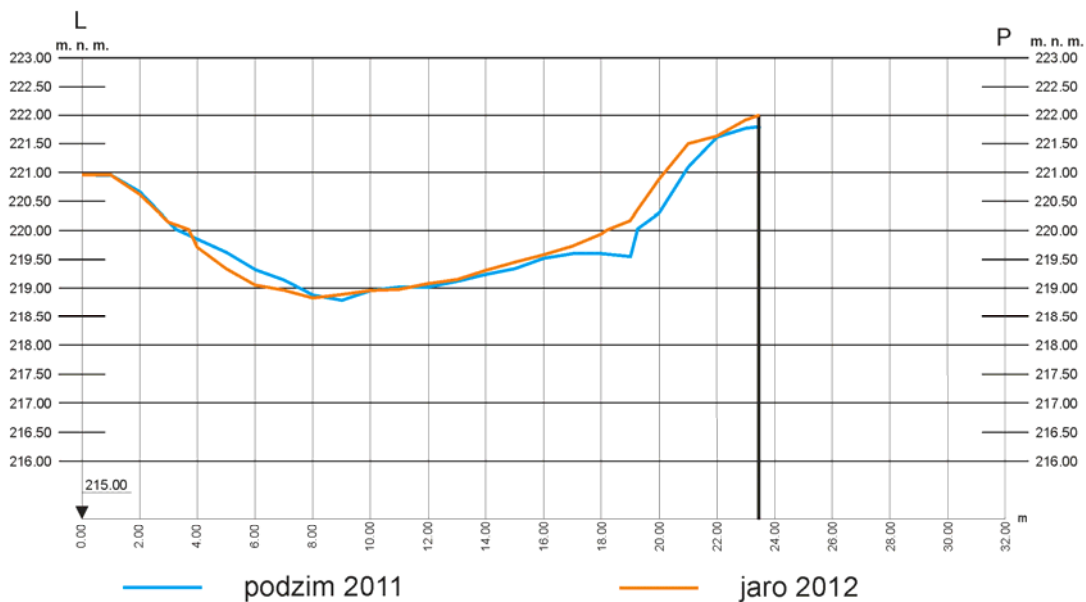
PROFIL č. 12 – porovnání



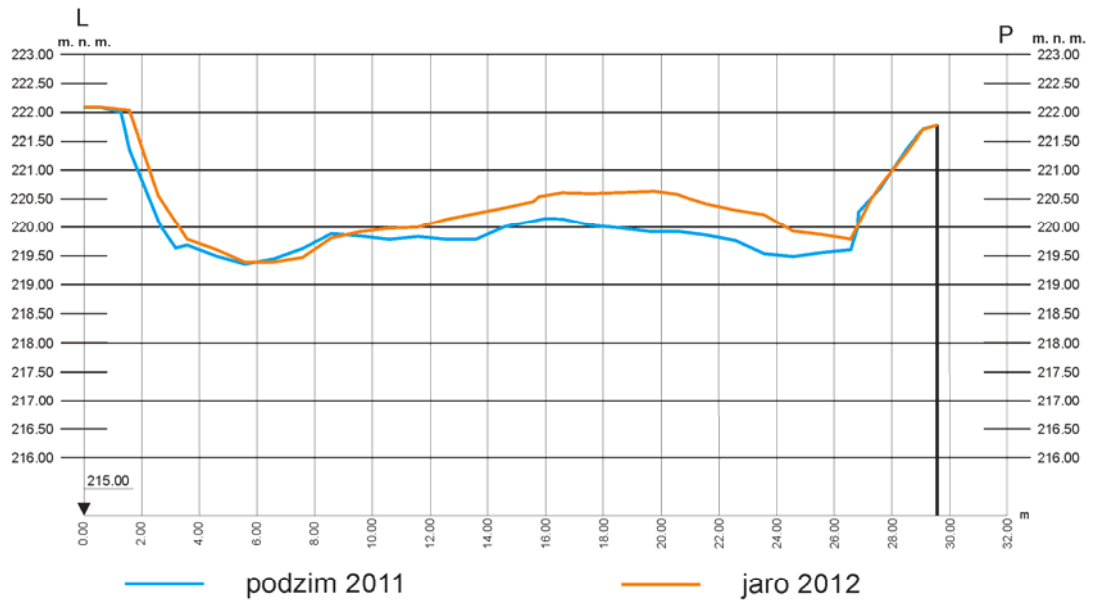
PROFIL č. 13 – porovnání



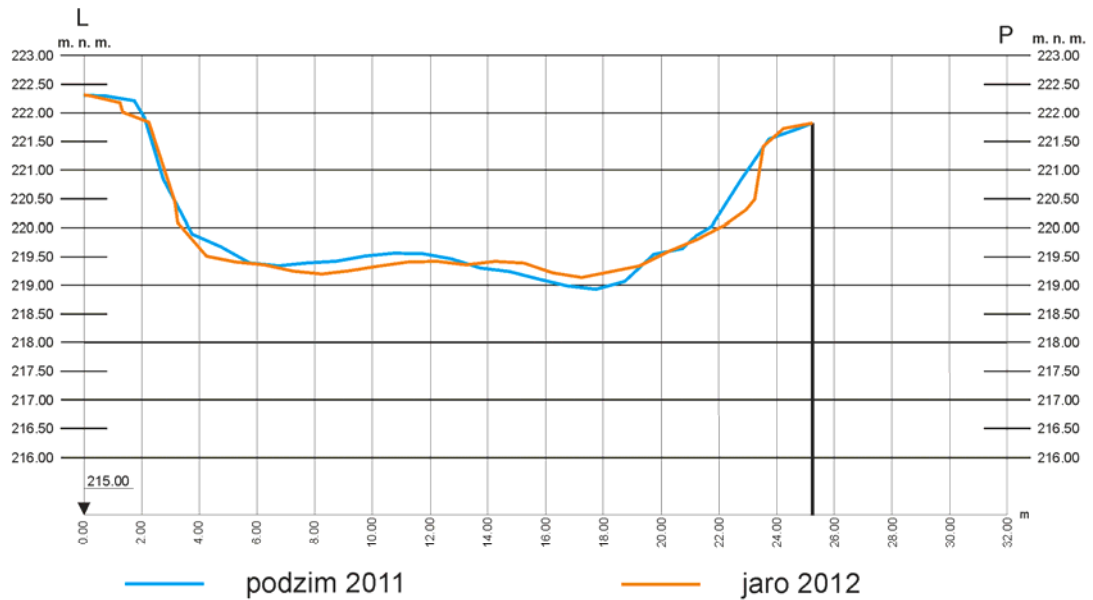
PROFIL č. 14 – porovnání



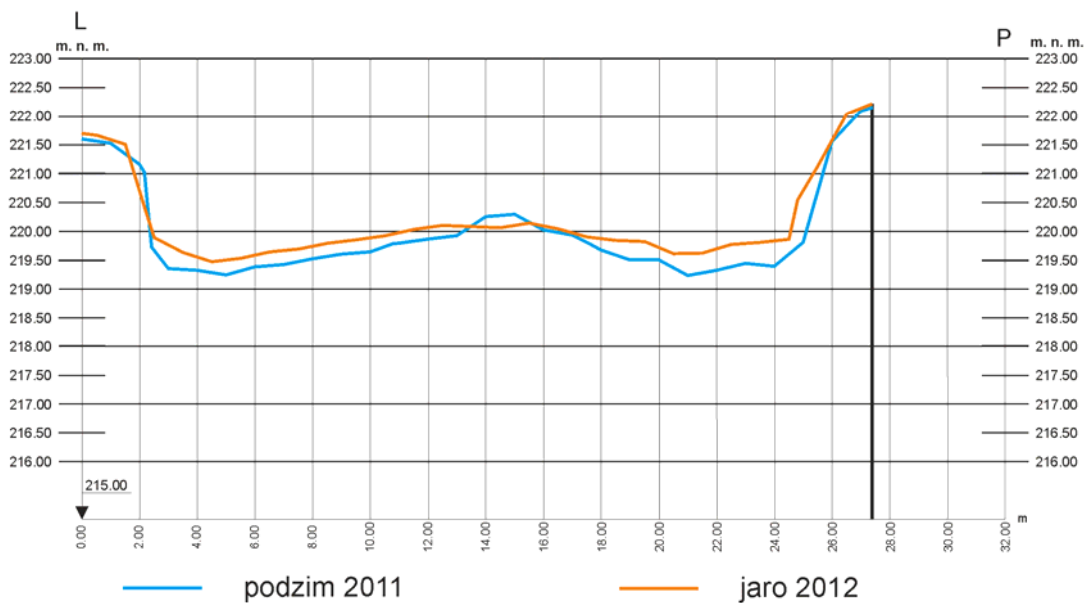
PROFIL č. 15 – porovnání



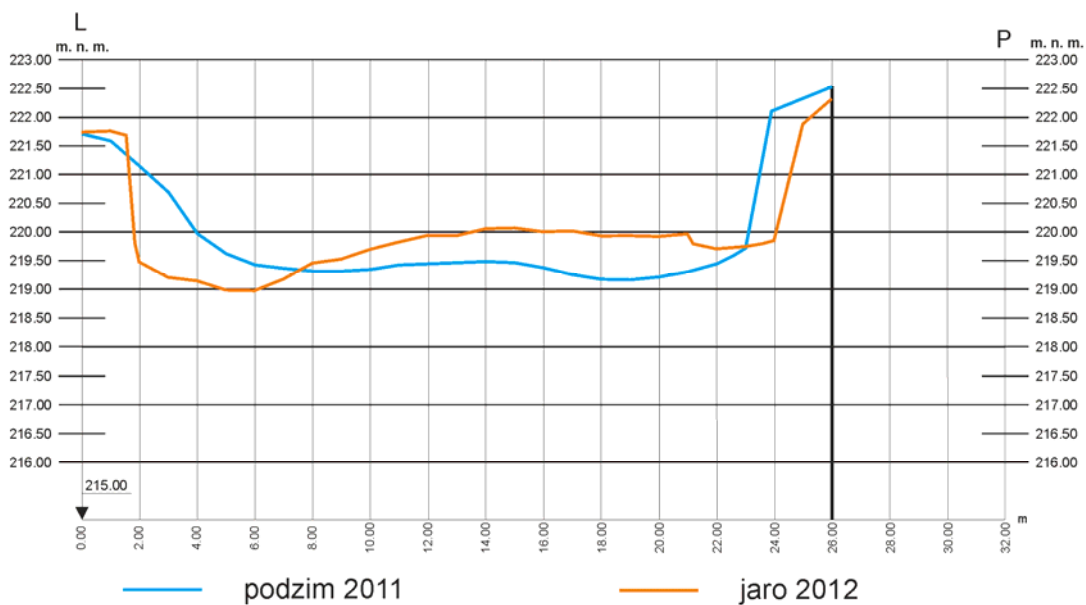
PROFIL č. 16 – porovnání



PROFIL č. 17 – porovnání

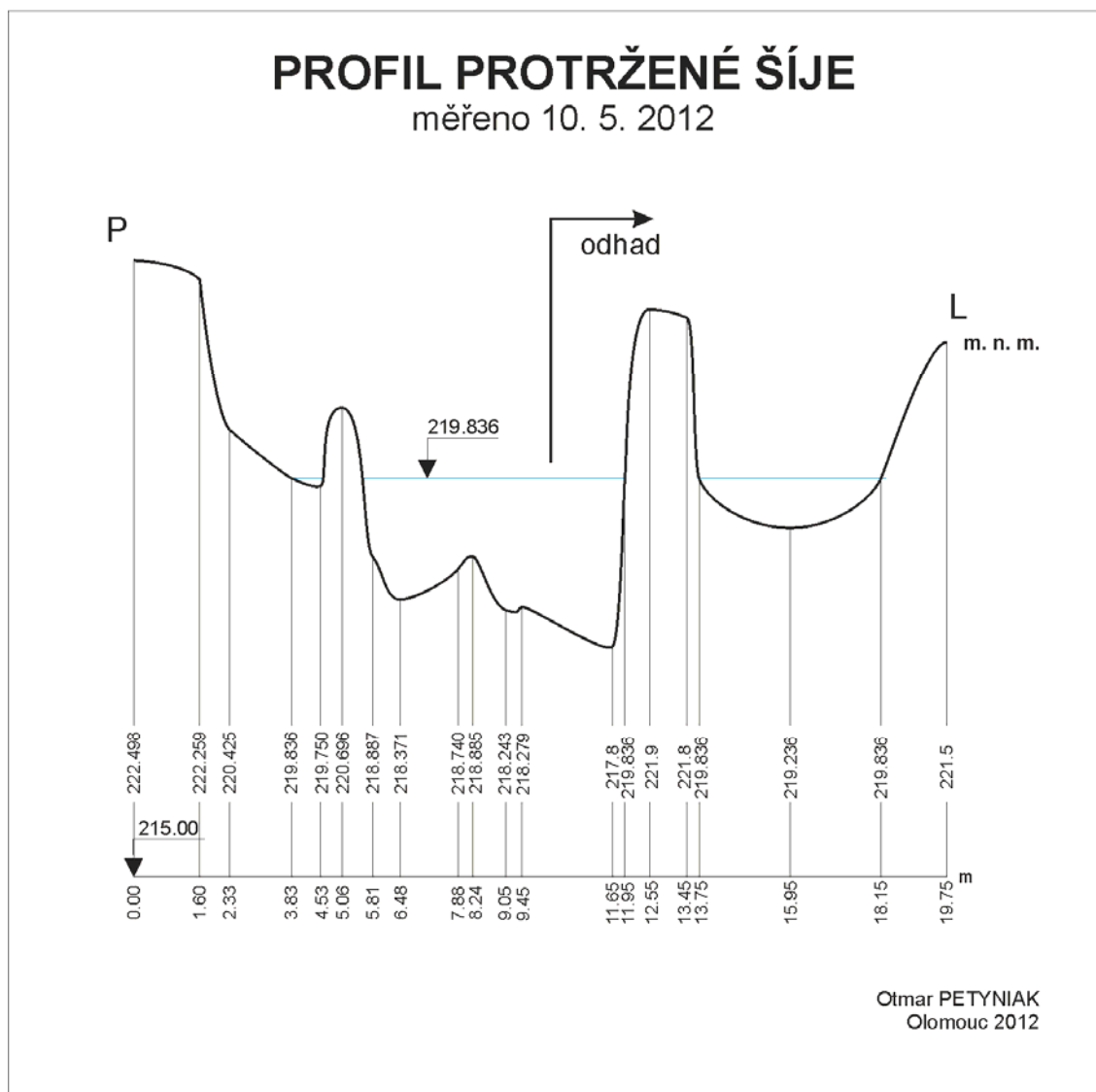


PROFIL č. 18 – porovnání



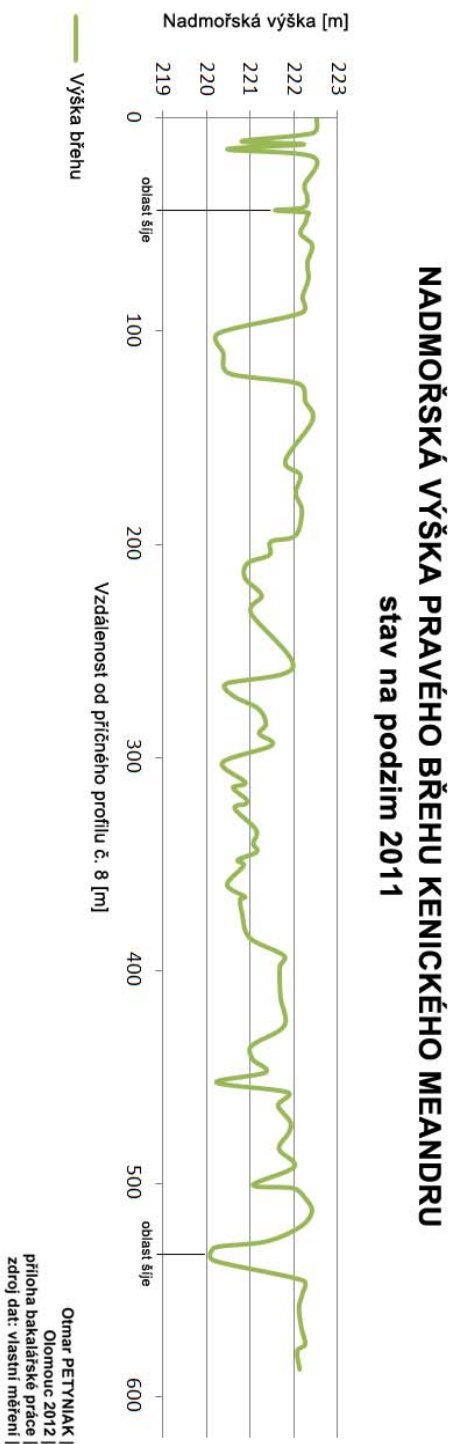
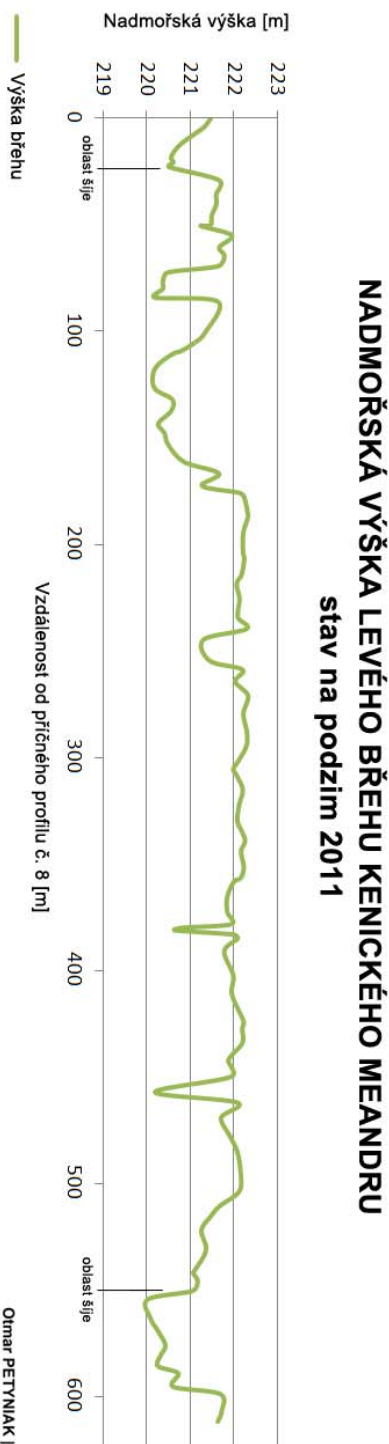
Příloha 4

Profil protržené šíje Kenického meandru, květen 2012:



Příloha 5

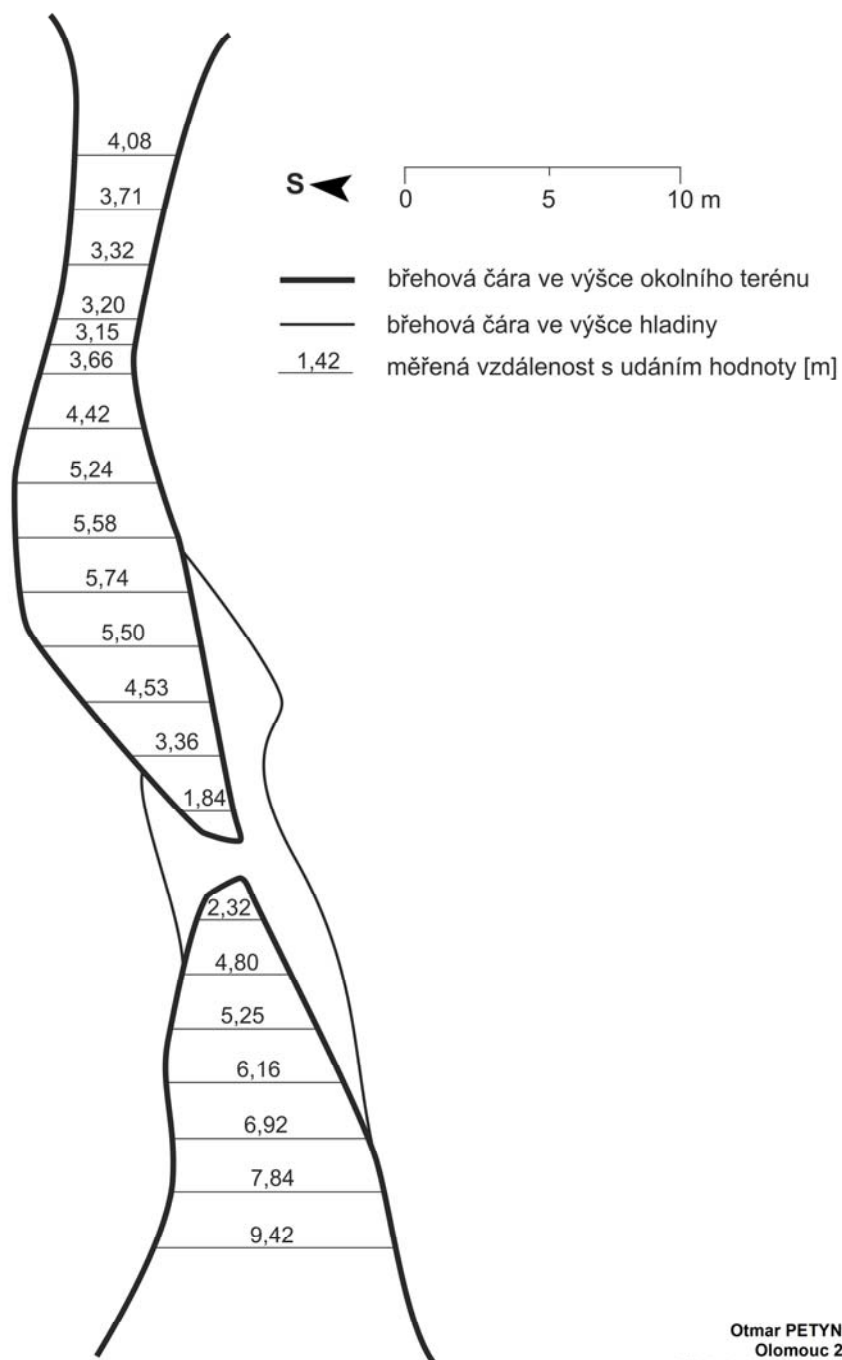
Výška pravého a levého břehu na podzim 2011:



Příloha 6

Mapa šířky šíje na podzim 2011:

ŠÍŘKA ŠÍJE KENICKÉHO MEANDRU na podzim 2011



Příloha 7

Výběr vlastních fotografií:



6. 10. 2011



4. 4. 2012

Osamocený pařez na dně Kenické smuhy odklání proudění ke stranám a způsobuje rozšiřování koryta.



6. 10. 2011

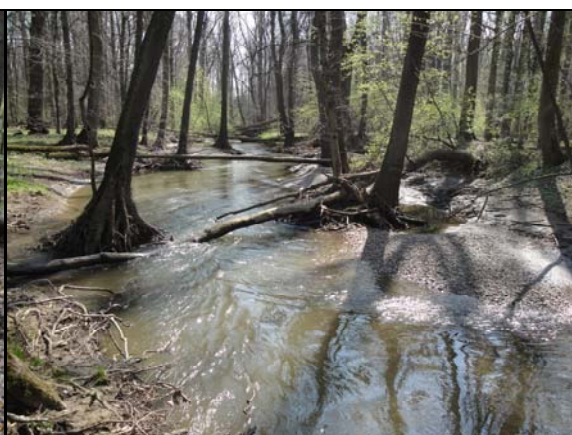


4. 4. 2012

Strom vyvrácený z břehu smuhy, vpravo dobře zřetelná břehová nátrž – důkaz laterální eroze.



6. 10. 2011



4. 4. 2012

Úsek smuhy, kde z koryta vyrůstá množství stromů, díky nimž je v tomto úseku množství tůní.



6. 2. 2012



4. 4. 2012



10. 5. 2012

Kenická akumulace za různých vodních stavů a klimatických podmínek.

Tyto fotografie ve větším rozlišení a další fotografie se nachází na příloženém CD.