

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**HYDROMORFOLOGICKÝ PRŮZKUM
A TYPOVĚ SPECIFICKÉ REFERENČNÍ
PODMÍNKY VODNÍCH TOKŮ**

HYDROMORPHOLOGICAL SURVEY AND TYPE SPECIFIC
REFERENCE CONDITIONS OF STREAMS

Bakalářská práce

Zuzana Tomšová

Praha 2013

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, PhD.

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 20. 5. 2013

Zuzana Tomšová

Zadání bakalářské práce

Název práce:

Hydromorfologický průzkum a typově specifické referenční podmínky vodních toků

Cíle práce:

Hlavním cílem práce je rešerše odborné literatury zaměřené na hydromorfologický průzkum a stanovení typově specifických referenčních podmínek v kontextu Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/EC.

Použité pracovní metody, datové zdroje:

Prostudování problematiky klasifikace a typologie vodních toků, hydromorfologického monitoringu a současné platné legislativy vztahující se k dané problematice. Provést analýzu odborných studií zabývajících se hydromorfologickým průzkumem a referenčními podmínkami z pohledu hydromorfologie. Identifikace významných hydromorfologických parametrů pro definici referenčních podmínek vodních toků na území ČR.

Metody: rešerše, srovnávací analýza odborných domácích a zahraničních studií.

Datové zdroje: rešerše prostřednictvím WOS, SCOPUS, ScienceDirect, Geobase, domácí odborná periodika.

Datum zadání: 18. 12. 2012

Jméno studenta: Zuzana Tomšová

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph. D.

Podpis vedoucího práce:

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení mé práce, připomínky a rady poskytnuté během jejího zpracování. Také bych ráda poděkovala Mgr. Kateřině Šmerousové za odborné konzultace a v neposlední řadě také mým rodičům, blízkým, přátelům a spolužákům, kteří mě vytrvale podporovali v průběhu mého studia.

Abstrakt

Rámcová směrnice o vodní politice 2000/60/ES (RS) má za cíl dosáhnout dobrého ekologického stavu vodních toků, který se skládá ze 3 složek – biologického, fyzikálně-chemického a hydromorfologického stavu. Aby byly tyto stavy srovnatelné mezi jednotlivými zeměmi EU, jsou stavy jednotlivých složek vyjádřeny jako velikost odchylky od tzv. referenčního stavu. Referenční stav odpovídá přírodnímu (nebo přírodě blízkému) stavu bez antropogenních narušení (či jen s velmi malými narušeními), kterými jsou různé modifikace toků či způsob hospodaření v dosahu inundačního území toku. Tato bakalářská práce se zabývá rešerší odborné literatury sloužící jako podklad pro definování hydromorfologických typově specifických referenčních stavů v kontextu RS (2000/60/ES). Je zde uvedena problematika klasifikace a typologie vodních toků, platná legislativa související s danou problematikou, metody hydromorfologického průzkumu ve vybraných státech a v závěru jsou definovány možné hydromorfologické parametry vhodné pro stanovení hydromorfologických typově specifických referenčních podmínek v ČR.

Klíčová slova: referenční podmínky, typologie vodních toků, ekologický stav, přírodní stav, přírodě blízký stav, hydromorfologický průzkum, modifikace toků

Abstract

The aim of Water framework Directive 2000/60/ES (WFD) is to reach a good ecological status of watercourses which consist of 3 constituents - the biological, physio-chemical and the hydromorphological state. To make these conditions equal among the various countries of the EU, the particular conditions of various watercourses are characterized as deviations from the default "reference status". The reference status corresponds to the natural (or near natural) state without any anthropogenic disturbance (or with only a minor disturbance). These disturbances mean different modification of the watercourses or ways of farming in the proximity of the inundation area. This Bachelor's Thesis studies publications as a basis for defining the hydromorphological - type specific - reference conditions in the WFD (2000/60/ES) context. Issues of classification and typology of watercourses are discussed, as well as the current legislation connected with these issues and the methods of hydromorphological survey in chosen countries. In the last section, possible hydromorphological parameters suitable for the determination of morphologically type-specific conditions are defined in Czech republic.

Key words: reference condition, stream typology, ecological status, natural status, near natural status, hydromorphological survey, stream modification

OBSAH

Zadání bakalářské práce.....	3
1 Úvod a cíle práce.....	9
2 Základní principy typologií vodních toků a hydromorfologického průzkumu	11
2.1 Typologie vodních toků.....	11
2.1.1 Vývoj klasifikací vodních toků na základě fluviálně-morfologických parametrů	12
2.1.2 Typologizace dle Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES.....	14
2.1.3 Typologie vodních toků v ČR.....	15
2.2 Metody hydromorfologického průzkumu.....	17
2.2.1 Základní principy a metody hodnocení hydromorfologických charakteristik vodních toků.....	19
3 Typově specifické referenční stavy vodních toků	27
3.1 Hydromorfologická kritéria pro stanovení referenčních podmínek	28
3.2 ČSN EN 15843.....	30
3.3 Postup stanovení typově specifických podmínek	32
4 Návrh postupu a výběr vhodných parametrů pro definování typově specifických referenčních podmínek v ČR.....	34
4.1 Postup definování typově specifických referenčních podmínek	34
4.2 Významné hydromorfologické parametry z pohledu definice referenčních stavů vodních toků v ČR.....	34
5 Diskuze	36
6 Závěr.....	38
7 Literatura a informační zdroje	40

Přehled použitých zkratk

CEN	Evropský výbor pro normalizaci
CHKO	chráněná krajinná oblast
ČSN	česká státní norma
ČR	Česká republika
EA	Agentura pro životní prostředí
EcoRivHab	Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků
EN	evropská norma
EU	Evropská Unie
EQR	Ecological Quality Ratio
GIS	geografický informační systém
HEM	Hydroekologický monitoring
ISC	Index of Stream Conditions
LAWA-FS	LAWA-Field Survey
LAWA-OS	LAWA-Overview Survey
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
RHS	River Habitat Survey
RS	Rámcová směrnice o vodní politice
SEQ	Système d'Evaluation de la Qualité
SHA	Stream Habitat Assessment
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
USA	Spojené státy Americké
USM	Urban stream morphology

Seznam tabulek

Tab. 1 Intervaly hodnocení a klasifikační termíny pro 5 tříd hodnocení včetně jejich barvy na mapě.....	31
Tab. 2 Intervaly hodnocení a klasifikační termíny pro 3 třídy hodnocení včetně jejich barvy na mapě.....	31

Seznam obrázků

Obr. 1 Meandrující (vlevo) a divočící (vpravo) tok dle Leopolda a Wolmana.....	12
Obr. 2 Klasifikace vodních toků dle Rosgena (1994).....	13
Obr. 3 Řádovostní klasifikace podle Hortona (1945) a Strahlera (1957).....	14
Obr. 4 Ekoregiony dle Illiese (1978) a jejich anglické názvy využívané v RS (2000/60/ES)	15
Obr. 5 Berounka pod hradem Krašov	16
Obr. 6 Ploučnice u obce Stružnice	16
Obr. 7 Horní Vltava u soutoku Teplé a Studené Vltavy	17
Obr. 8 Pramen Rožnovské Bečvy	17
Obr. 9 V pozadí jez jako příklad stavby bránící migraci živočichů, který je ale vybaven rybím přechodem.....	18
Obr. 10 Návrh kontrolního místa pro RHS včetně obou transektů s lokalizací hodnocených parametrů	21
Obr. 11 Mrtvé dřevo v korytě toku	24
Obr. 12 Cheonggyecheon v jihokorejském hlavním městě Soulu jako příklad „městského“ toku	25
Obr. 13 Letecký pohled na přehradu Orlická, která je příkladem nežádoucí stavební úpravy ve vodním toku z hlediska definování referenčních podmínek	28
Obr. 14 Řeka Vydra - příklad přírodního toku.....	29
Obr. 15 Ukázka zpevnění břehu kameny	30

1 Úvod a cíle práce

Již více než 5000 let má člověk a jeho činnost nezanedbatelný vliv na fluvialní systémy. Odlesňování, zemědělství a důlní činnost jsou tradičními příklady některých antropogenních činností, které mají vliv na odtok vody a produkci sedimentů. V posledním století se pak vlivem vyspělejších technologií pokročilo k výraznějším zásahům do říčních systémů jako je například výstavba velkých přehrad, zprůplavnění toků, překládání koryt toků, protipovodňová opatření a další vodohospodářské úpravy či stavby v dosud nebývalém rozsahu. Dnes tak existuje velmi málo toků, které by nebyly jakkoli, ať už přímo či nepřímo, ovlivněny lidskou činností (Maddock, 1999; Charlton, 2008).

Ve většině případů vedly zásahy do říčních systémů k jejich postupné degradaci. Proto byl již koncem 20. století patrný narůstající zájem nejen různých environmentálních skupin ale i laické veřejnosti o čistší řeky, jezera, podzemní vody, pobřežní zóny a pláže. V rámci Evropské Unie vedl tento zájem a současně nezbytnost společné vodní politiky členských států k vytvoření Rámcové směrnice o vodní politice, dále RS (2000/60/ES). Její vývoj trval více než 10 let, neboť představuje jednu z nejsložitějších směrnic vytvořenou Evropskou komisí a která zavádí zcela nový režim řízení založený na jednotce povodí, bez ohledu na stávající administrativní či (v případě mezinárodních vodních toků) národní hranice (Chave, 2001).

RS má za hlavní cíl dosažení dobrého ekologického stavu vod. Pro splnění tohoto cíle je nejprve zapotřebí rozdělení říčních systémů na jednotlivé útvary vod, které se následně rozdělí do jednotlivých typů, u nichž dojde ke zhodnocení ekologického stavu pomocí tzv. referenčních stavů definovaných na základě vybraných biologických, chemických a hydromorfologických parametrů. Podle výsledků se pak rozdělí do pěti skupin kvality ekologického stavu, kterými jsou vysoký, dobrý, střední, poškozený a zničený ekologický stav. Zatímco biologické a chemické hodnocení kvality vod má v mnoha státech EU již mnohaletou tradici, hydromorfologické hodnocení a monitoring jsou v zemích EU zaváděny nově.

Cílem předložené bakalářské práce je rešerše odborné literatury zaměřené na stanovení typově specifických podmínek v kontextu Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES. Jednotlivá rešeršní témata jsou: problematika klasifikace a typologie vodních toků a současná platná legislativa vztahující se k dané problematice. Dalším cílem bylo provést analýzu odborných studií zabývajících se hydromorfologickým průzkumem a referenčními podmínkami z pohledu morfologie a na závěr identifikovat významné hydromorfologické parametry pro definici referenčních podmínek.

Práce byla zadána v rámci řešení projektu Státního fondu životního prostředí „Stanovení typově specifických referenčních podmínek“ na katedře fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

2 Základní principy typologií vodních toků a hydromorfologického průzkumu

2.1 Typologie vodních toků

Typologie povrchových vodních toků má za cíl seskupit všechny povrchové vodní toky na území, pro které je typologie sestavována, do skupin podle vybraných parametrů, které by měly být zvoleny tak, aby co nejvíce podchytily variabilitu přírodních poměrů daného území, měly obecnou vypovídající schopnost a současně nebyly vzájemně závislé (Langhammer a kol., 2009). Typologie většinou vznikají za konkrétním účelem a pro konkrétní území, neboť vliv jednotlivých parametrů se může měnit od lokality k lokalitě (Frissell et al., 1986), a proto je často nemožné danou typologii využít pro jiné účely či jiná území, čímž vzniká jejich značně velké množství (Haslam, 1987).

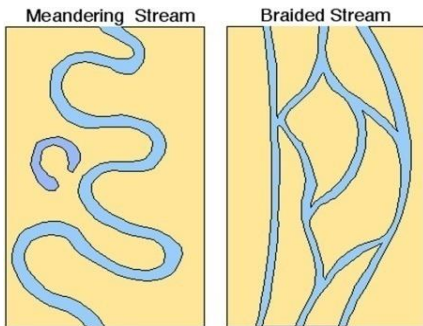
Pro vytvoření typologie se tedy nejprve musí zvolit parametry, na základě kterých dojde k definování jednotlivých typů vodních toků. Stupeň rozlišení typologie je závislý na počtu parametrů – čím větší je jejich počet, tím větší je rozlišení dané typologie (Turak & Koop, 2008). Na druhou stranu se musí počet parametrů volit uvážlivě, neboť čím je rozlišení typů vodních toků jemnější, tím víc klesá jeho praktická využitelnost. Ideální typologie by měla splňovat všechny výchozí požadavky, měla by být využitelná pro co největší počet různých účelů a snadno pochopitelná nejen pro odborníky ale i laiky (Verdonschot, 2006). Srozumitelnost je zejména důležitá při implementaci RS, neboť ta požaduje i zapojení široké veřejnosti (2000/60/ES).

Klasifikace toků se dají rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří kvalitativní klasifikace založené na slovním popisu jednotlivých charakteristik a druhou tvoří kvantitativní, které klasifikují toky na základě jejich několika měřitelných charakteristik (Eaton et al., 2010).

Praktický význam typologizace toků spočívá v tom, že všechny toky daného typu mají velmi podobné chování, tudíž pokud získáme znalosti o jednom konkrétním toku například jeho odezvu během povodní, lze předpokládat stejné nebo velice podobné chování u toku stejného typu. Typologii však nesmíme brát dogmaticky, neboť žádné dva toky nejsou totožné (Rosgen, 1994, Verdonschot, 2006).

2.1.1 Vývoj klasifikací vodních toků na základě fluvialně-morfologických parametrů

Davis (1899) rozdělil všechny morfologické útvary na Zemi dle jejich vývojového stádia na mladé (youth), vyvinuté (mature) a staré (old). Pokud si uvědomíme, že vodní toky jsou



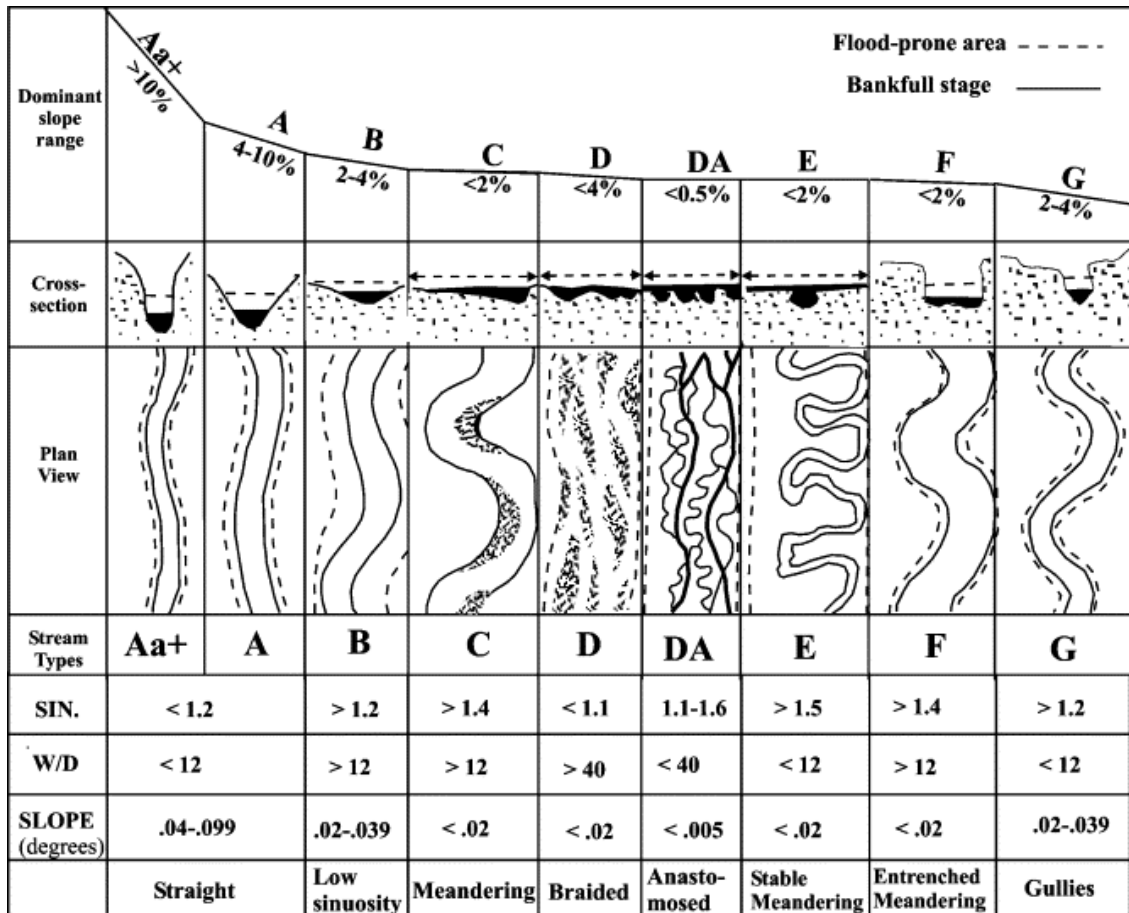
Obr. 1 Meandrující (vlevo) a divočící (vpravo) tok dle Leopolda a Wolmana
Zdroj: www.gly.uga.edu

morfologickými útvary, můžeme toto rozdělení pokládat za jednu z prvních klasifikací vodních toků. Leopold a Wolman (1957) zase klasifikovali vodní toky podle jejich vzhledu, který má úzkou souvislost s velikostí průtoků a sklonitostí, na meandrující (meandering), divočící (braided), které se dělí na více ramen kvůli přítomnosti akumulčních tvarů v korytě, a relativně

napřímené, které se však přirozeně v přírodě vyskytují pouze výjimečně (Obr. 1).

Schumm (1963) bral jako zásadní parametr pro klasifikaci vodních toků jejich schopnost transportu sedimentů, neboť se domníval, že ten má zásadní vliv na stabilitu toku, jeho sinuositu (neboli klikatost) a tvar. Rozdělil je na stabilní, které nevykazují žádné známky změn sklonitosti, velikosti a tvaru koryta, erodující, u kterých se vyskytuje boční eroze, zahlubování nebo kombinace obojího, a depositní, které akumulují unášený materiál v korytě toku nebo na jeho březích. Tyto tři typy pak dále dělí podle dominantního způsobu transportu sedimentů na další tři kategorie: 0–15 % sedimentů transportováno ve formě splavenin (hrubozrnný materiál unášený po dně koryta) a 100–85 % ve formě plavenin (jemnozrnný materiál transportovaný jako suspenze ve vodě), 35–70 % splavenin a 65–30 % plavenin, 15–35 % splavenin a 85–65 % plavenin. Metodiku pro klasifikaci, která už počítá s říčním habitatem, navrhl Frissell et al. (1986) a soudil, že má největší potenciál pro širší využití, neboť bere v úvahu jak faktory dlouhodobě ovlivňující chování toku, tak i faktory krátkodobějšího charakteru, které mají vliv zejména na říční habitat. S další popisnou klasifikací přišel Culbertson et al. (1967), který za parametry pro klasifikaci zvolil akumulční tvary, větvení toku, sinuositu, velikost meandrů, vegetaci, výšku břehů, přítomnost říčních náplavů a typ inundačního území.

Přes značné množství již vytvořených klasifikací však bylo stále potřeba vymyslet detailní kvantitativní klasifikaci pro (v rámci možnosti) univerzální použití, což vedlo k vytvoření Rosgenovy klasifikace, která vznikla na základě naměřených dat ve 450 modelových povodích napříč USA, Kanadou a Novým Zélandem, založené výhradně na morfologických parametrech (Rosgen, 1994). Za tyto parametry zvolil sklon koryta, sinuositu (poměr délky toku k délce údolí), poměr šířky koryta k hloubce údolí, převládající velikost substrátu dna a břehů a opevnění koryta. Kombinací těchto parametrů vzniklo nejprve 8 hlavních typů označovaných jako A–G (Obr. 2), které se dále dělí podle převládajícího typu substrátu dna na 6 kategorií: skalní podloží, balvany, valouny, štěrk, písek a jíl/bahno, čímž vznikne konečných 42 typů vodních toků. Přestože se jedná o komplexní a velmi rozšířenou metodu klasifikace vodních toků, vyvolává už od svého publikování stále živé polemiky, zejména pro její využívání při revitalizačních projektech vodních ekosystémů (Lave, 2009).

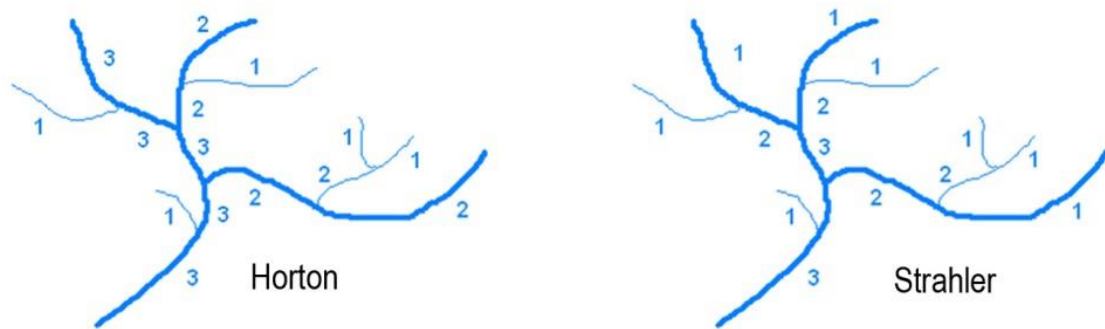


Obr. 2 Klasifikace vodních toků dle Rosgena (1994)

Zdroj: www.sciencedirect.com

Výše zmíněné klasifikace byly vyvinuty převážně v USA, ale několik klasifikací bylo vytvořeno například v Rusku, avšak byly těmi americkými zastíněny (Alabyan & Chalov, 1998). Ve své studii Alabyan a Chalov (1998) dokazují, že všechny známé typy vodních toků se dají popsat jako kombinace 3 typů průběhu trasy koryta (meandrující, divočící a relativně napřímená) a 3 hlavních strukturálních úrovní, neboli zón (koryto toku, příbřežní zóna a inundační území).

Z trochu jiného úhlu pohledu a to z pohledu jejich relativní řádovosti klasifikovali vodní toky Horton (1945) a Strahler (1957). Strahler (1957) rozdělil vodní toky na úseky mezi jednotlivými jejich soutoky. Zdrojnice (pramenné toky) mají označení 1. řádu. Pokud se pak stečou dva úseky stejného řádu, vznikne vodní tok vyššího řádu. Pokud se stečou dva toky různého řádu, zachovává si vodní tok řád vyššího čísla. Klasifikace dle Hortona (1945) je založena na stejném principu jako Strahlerova avšak s tím rozdílem, že po soutoku dvou toků stejného řádu je na vyšší řád zpětně přečíslován ten vodní tok, který přitéká pod menším úhlem. Pokud přitékají oba vodní toky přibližně pod stejným úhlem, přečísluje se ten významnější, delší nebo vodnatější (Obr. 3).



Obr. 3 Řádovostní klasifikace podle Hortona (1945) a Strahlera (1957)

Zdroj: www.hydro.upol.cz

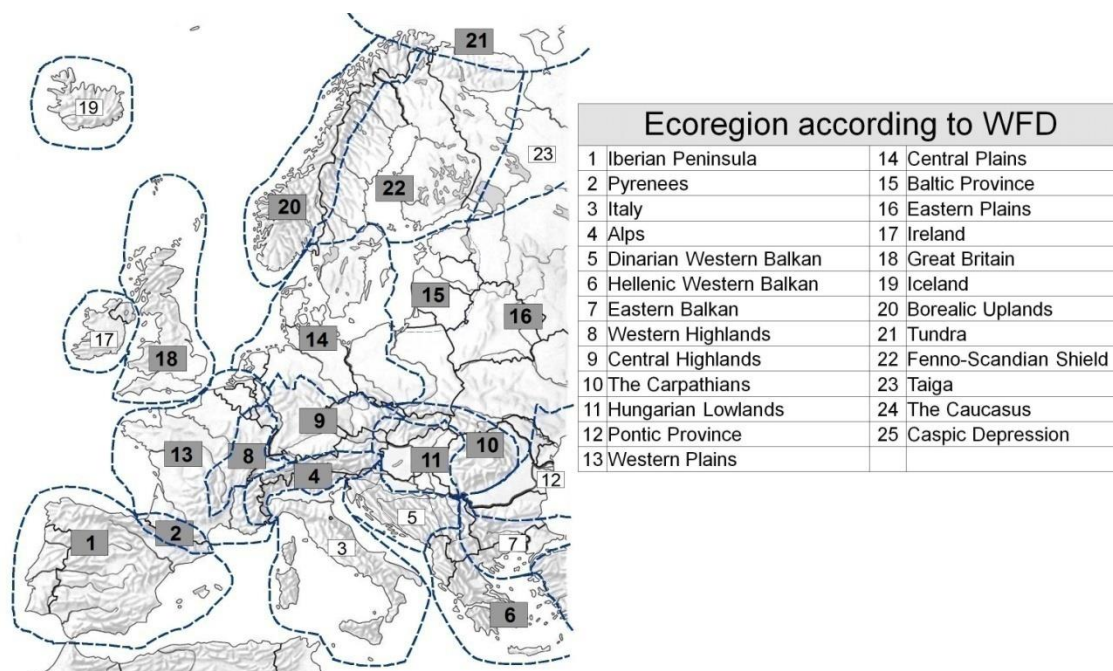
Z výše uvedeného velmi stručného historického přehledu vývoje klasifikací vodních toků je patrné, že vodní toky jsou klasifikovány mnoha způsoby, neboť představují kontinuální systém, který vede vodu od pramene k ústí skrze různé regiony, různé habitaty, tedy všeobecně mezi proměnlivými fyzicko-geografickými podmínkami (Haslam, 1987), jejichž vzájemné interakce nejsou prozatím zcela prozkoumané (Lewin & Brewer, 2001; Frissell et al., 1986; Rosgen, 1994).

V současné době se již nevytvářejí zcela nové klasifikace, ale vychází se z již osvědčených, přičemž je snaha tyto osvědčené klasifikace upravit pro jejich co nejširší využití (například Eaton et al, 2010; Lewin & Brewer, 2001).

Rozdíl mezi klasifikací a typologií je ve velikosti oblasti, kterou jejich parametry postihují. Zatímco typologie je rozdělením do typů pomocí obecných parametrů, klasifikace je už daleko detailnějším rozdělením do tříd pomocí parametrů specifických.

2.1.2 Typologizace dle Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES

V zemích Evropské Unie se zavedením RS (2000/60/ES) vyžaduje vytvoření typologie vodních toků, přičemž je dána možnost výběru ze dvou metod typologizace – systému A a systému B, které se liší v povinných parametrech, podle kterých se toky rozdělí do jednotlivých typů povrchových vodních toků. Systém A je implicitně dán jako výchozí a jeho povinnými parametry jsou příslušnost daného vodního toku do ekoregionu dle Illiese (1978) (Obr. 4), typ horninového podloží, nadmořská výška a velikost povodí. Každý z těchto parametrů je dále rozdělen na několik kategorií. Typ horninového podloží se dělí na silikátový, vápenitý či organický. Nadmořská výška je taktéž rozdělena do tří kategorií a to na intervaly <200 m n. m., 200–800 m n. m., >800 m n. m. Velikost povodí má čtyři kategorie, kterými jsou malá povodí (10–100 km²), střední povodí (100–1 000 km²), velká povodí (1 000–10 000 km²) a velmi velká povodí (>10 000 km²).



Obr. 4 Ekoregiony dle Illiese (1978) a jejich anglické názvy využívané v RS (2000/60/ES)

Zdroj: <http://efi-plus.boku.ac.at>

Systém B je mnohem otevřenější, neboť kromě několika povinných parametrů umožňuje použití parametrů nepovinných. Povinnými parametry systému B jsou nadmořská výška, zeměpisná šířka, zeměpisná délka, geologie podloží a velikost plochy povodí. Volitelnými parametry mohou být vzdálenost od pramene, energie toku, průměrná šířka toku, průměrná hloubka toku, průměrná sklonitost toku, typ a tvar koryta toku, odtokový režim, tvar údolí, transport pevných látek, složení substrátu dna, obsah chloridů, rozsah teploty vody od pramene k ústí, průměrná teplota vzduchu po celé délce toku nebo průměrný úhrn srážek po celé délce toku (CEN, 2004).

Přestože je vytvoření klasifikace typů povrchových vodních toků primárně vyžadováno dle systému A, má tento systém hned několik nevýhod. První z nich je, že rozdělení Evropy do ekoregionů dle Illiese (1978) je pro mnoho států nedostatečné, neboť neodpovídá skutečné prostorové rozmanitosti abiotických podmínek a s nimi související variabilitě skupin vodních organismů, a tudíž není zcela vhodné pro klasifikaci typů povrchových vodních toků. Taktéž striktní diferenciaci dle nadmořské výšky v systému A není vhodná pro všechny státy, neboť například v Dánsku je rozdíl nejnižší a nejvyšší nadmořské výšky necelých 200 výškových metrů, kdežto v Itálii přesahuje tento rozdíl 4 800 metrů. Z těchto důvodů se rozhodla většina členských států EU pro typologizaci povrchových toků pomocí systému B nebo sice dle systému A, ale rozšířenému o další parametry ze systému B.

2.1.3 Typologie vodních toků v ČR

Typologie vodních toků ČR byla provedena na základě stávajících českých, ale i zahraničních metodik a to v souvislosti s platnou legislativou danou RS (2000/60/ES). Typologizace byla vypracována dle systému B a je dána kombinací 4 parametrů: úmoří, nadmořské výšky, geologického podloží a řádovosti toku podle Strahlera (Langhammer et al., 2009).

Parametr úmoří se dělí na úmoří Severního, Baltského nebo Středozemního moře. Nadmořská výška je rozdělena do 4 intervalů: <200 m n. m., 200–500 m n. m., 500–800 m n. m. a >800 m n. m. Geologické podloží může spadat buď do kategorie krystalinikum a vulkanity nebo pískovce, jílovce a kvartér. Poslední parametr, řádovost podle Strahlera, se dělí na 4 kategorie a to potoky (řád 1–3), říčky (řád 4–6) a řeky (řád 7–9) (Langhammer et al., 2009).

Kombinací parametrů úmoří, nadmořská výška a geologie podloží dostaneme 21 základních zonálních typů vodních toků, které jsou definovány 3 číselným kódem. První číslo značí příslušnost k úmoří (1 – Severní moře, 2 – Baltské moře, 3 – Středozemní moře), druhé značí příslušnost k danému intervalu nadmořské výšky (1 – <200 m, 2 – 200–500 m, 3 – 500–800 m, 4 – >800 m) a třetí číslo značí typ geologického podloží (1 – krystalinikum a vulkanity, 2 – pískovce, jílovce, kvartér). Pro jemnější členění se přidá i parametr řádovosti toku podle Strahlera a vznikne tak finálních 47 typů vodních toků na území České republiky (Langhammer et al., 2009).

Třemi nejrozšířenějšími typy vodních toků jsou:

- toky středních nadmořských výšek úmoří Severního moře na krystaliniku
 - podílejí se na celkové délce toků ČR 20,73 %
 - spadá sem značná část toků středních a jižních Čech a několik menších oblastí v Podkrkonoší, v podhůří Orlických a Krušných hor
 - příklady toků jsou: Vltava, Sázava nebo Berounka (Obr. 5)
 - tento typ se převážně nachází v intenzivně využívané a antropogenně ovlivněné krajině a toky mají vysoký podíl upravenosti koryta
- toky středních nadmořských výšek úmoří Severního moře na krystaliniku
 - podílejí se na celkové délce toků ČR 20,21 %
 - spadají sem toky na sedimentech České křídové tabule, Plzeňské a obou jihočeských pánví
 - příklady toků jsou: Labe, Cidlina, Lužnice, Jizera, Ploučnice (Obr. 6)
 - opět jde o silně antropogenně ovlivněné toky s vysokým podílem upravenosti koryta



Obr. 5 Berounka pod hradem Krašov
Zdroj: <http://en.wikipedia.org>



Obr. 6 Ploučnice u obce Stružnice
Zdroj: <http://commons.wikimedia.org>

- vrchovinné toky úmoří Severního moře na sedimentárních horninách

- podílejí se na celkové délce toků ČR 15,66 %
- spadají sem toky podhorských oblastí Pošumaví a Podkrkonoší a rozsáhlé části vrchovin a nižších hornatin (Doupovské hory, Českomoravská vysočina, Krušné hory, Železné hory a Brdy)
- příklady toků jsou: Horní Vltava (pod Lipnem) (Obr. 7), Horní Úhlava, Teplá, Volyňka
- intenzita antropogenního tlaku zde klesá se stoupající nadmořskou výškou



Obr. 7 Horní Vltava u soutoku Teplé a Studené Vltavy

Zdroj: www.vkj.cz

Naopak absolutně nejméně zastoupeným typem toků v ČR jsou (Langhammer et al., 2009):

- horské toky úmoří Středozevního moře na sedimentárních horninách

- podílejí se na celkové délce toků ČR 0,02 %
- spadá sem pouze několik pramenných úseků Rožnovské (Obr. 8) a Vsetínské Bečvy v nejvyšší části Moravskoslezských Beskyd okolo hřebene Radhoště a Lučovce



Obr. 8 Pramen Rožnovské Bečvy

Zdroj: www.valassko-hornovsacko.cz

- jsou antropogenně minimálně ovlivněné, neboť se nachází na území CHKO Beskydy

2.2 Metody hydromorfologického průzkumu

Hydromorfologie je novým směrem hydrologie (Vogel, 2011), který vznikl ve snaze posoudit dopad důsledků stále rostoucích nároků lidské populace na vodní zdroje jako i antropogenních zásahů do vodních ekosystémů, které zapříčinily rozsáhlé změny projevující se zejména degradací biotických společenství, znehodnocením ekologické funkce vodních ekosystémů a kvalitě i kvantitě vodních zdrojů (Thomson et al., 2001). Studium hydromorfologie tedy spočívá v rozšiřování našich znalostí o vlivu antropogenních zásahů do vodních ekosystémů a jejich dopadech na hydrologii a ekologii. Jde však o velmi komplikované studium, neboť hydrologické systémy se vyvíjejí nejen vlivem antropogenních změn, kterými mohou být například využití půd, využívání vodních zdrojů, zemědělství, klimatická změna a mnoho dalších, ale i přirozeným vývojem (Vogel, 2011).

Následujícími příklady lze demonstrovat dopady konkrétních antropogenních změn na říční ekosystémy (EA, 2003):

- umělé úpravy dna koryta a těžba dnového materiálu vedou k odstranění substrátu, na kterém rostou vodní rostliny a ve kterém žijí a rozmnožují se vodní živočichové,
- protipovodňová ochrana může vést k narušení či úplnému přetržení vazeb mezi vodním tokem a jeho příbřežními a zátopovými oblastmi,
- stavby sloužící k akumulaci vodní masy se mohou stát nepřekonatelnými překážkami pro migraci živočichů, zejména pak ryb, a to jak ve směru po proudu, tak i proti proudu (Obr. 9)



Obr. 9 V pozadí jez jako příklad stavby bránící migraci živočichů, který je ale vybaven rybím přechodem

Zdroj: <http://img5.rajce.idnes.cz>

- V pozadí jez jako příklad stavby bránící migraci živočichů, který je ale vybaven rybím přechodem
- intenzivní využívání půdy v bezprostřední blízkosti toku může vést ke změně složení a charakteru přinášených sedimentů do toků a vodních nádrží a měnit tak jejich tvar a okolní habitat.

Pro termín hydromorfologie existuje mnoho pojetí, ale zatím žádné z nich není akademickou společností akceptováno natolik, aby se stalo jeho definicí (Vogel, 2011). Boon et al. (2010) tvrdí, že termín hydromorfologie se poprvé vyskytl v textu RS (2000/60/ES), kde je definován jako „hydrologické charakteristiky toků společně s fyzickou strukturou, kterou vytvářejí“, jedná se tedy o spojení hydrologických a geomorfologických parametrů. Tento pojem se v RS (2000/60/ES) zavedl, neboť se v průběhu posledních 20 let pojetí „kvality vod“ rozšířilo na souhrnné posuzování fyzických, chemických, hydromorfologických a biologických

charakteristik (Boon et al., 2010) a v tomto novém pojetí kvality vod je hydromorfologie považována za element, bez jehož dobrého stavu nelze dosáhnout dobrého ekologického stavu celého ekosystému (2000/60/ES).

Hodnocení hydromorfologického stavu vodních toků se neprovádí pouze za účelem implementace RS (2000/60/ES) v členských státech EU, ale provádí se i v nečlenských státech mimo Evropu, kde je využíván pro účely zachování přirozených přírodních podmínek, kterých se dosahuje na základě podrobného monitoringu hydromorfologických charakteristik a v důsledku toho správného vodohospodářského managementu (Boon et al., 2010).

V rámci implementace RS (2000/60/ES) je třeba hodnotit následující hydromorfologické charakteristiky, neboť jsou považovány za významné podpůrné složky pro složky biologické kvality (RS, 2000/60/ES):

- hydrologický režim
 - velikost a dynamika proudění vody
 - propojení na útvary podzemní vody
- kontinuita toku
- morfologické podmínky
 - proměnlivost šířky a hloubky koryta
 - struktura a substrát dna toku
 - struktura příbřežní zóny

2.2.1 Základní principy a metody hodnocení hydromorfologických charakteristik vodních toků

V rámci hydromorfologických metod v zemích Evropské Unie jsem jako příklady již dlouho zavedených a osvědčených metod vybrala metody River Habitat Survey (RHS) z Velké Británie (EA, 2003), LAWA-Overview Survey (Fleischhacker & Kern, 2002, in Matoušková, 2008a) a LAWA-Field Survey (LAWA, 2000, in Matoušková, 2008a) z Německa a Système d'Evaluation de le Qualité du Milieu Physique (SEQ) (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1999; in Raven et al., 2002) z Francie. Dále je popsána slovenská metoda hodnocení kvůli naší geografické i historické blízkosti a v neposlední řadě i dvě české metody: Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků (EcoRivHab) (Matoušková, 2003, 2008b) a Hydroekologický monitoring (HEM) (Langhammer, 2007, 2008). Pro srovnání s evropskými metodami jsem se snažila vybrat metody z geografického hlediska co nejvzdálenějších států od Evropy, proto jsou zde uvedeny australská metoda Index of Stream Conditions (ISC) (Ladson et al., 1999), velmi důkladně propracovaná novozélandská metoda Stream Habitat Assessment (SHA) (Harding et al., 2009) a nakonec atypická metoda Urban stream morphology (USM) (Xia et al., 2010) z Číny.

Vybrané přístupy v zemích Evropské Unie

V některých zemích EU už má hydromorfologický monitoring dlouholetou tradici, v jiných se s ním začalo až s implementací RS (2000/60/ES). Jako obecný rámec pro rozmanité postupy v jednotlivých zemích, se Evropský výbor pro normalizaci (CEN) rozhodl vydat evropskou normu EN 14614: 2004 Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers (CEN, 2004), která poskytuje základní principy pro stanovení hydromorfologických charakteristik řek, které by měly být použity k charakterizaci říčních typů a pro hodnocení v porovnání s referenčními podmínkami, jejich sledování a záznam včetně přístupu k interpretaci a prezentaci výsledků. V roce 2005 byla následně přijata v České republice jako ČSN EN 14614: Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek (ČSN, 2005).

EN 14614 (CEN, 2004) stanovuje délku sledovaného úseku na 100 m, 500 m, 1 000 m nebo proměnlivou délku danou stupněm morfologické stejnorodosti v závislosti na velikosti zkoumaného vodního toku a účelu hodnocení. Za standardní vzdálenost, do které se musí zahrnovat charakteristiky inundačního území, je doporučena hranice 50 m po obou stranách toku. Pokud je říční údolí užší než 100 m, bere se v úvahu pouze vodní tok a jeho inundační území.

Průzkum by měl probíhat v době, kdy jsou dobře patrné všechny popisované charakteristiky hodnocení. Jedná se tedy o dobu s nízkými průtoky (ne však nulovými) a současně v období, kdy už je možné rozpoznat vegetační typ a jeho strukturu jak v korytě toku, tak v jeho příbřežních zónách a inundačním území. Průzkum by se měl opakovat tak často, jak rychle dochází ke změnám hydromorfologických charakteristik či jak to nařizuje příslušná legislativa (např. RS, 2000/60/ES). Obecným pravidlem však je, že časový interval mezi jednotlivými průzkumy nepřesahuje 10 let (ČSN, 2005).

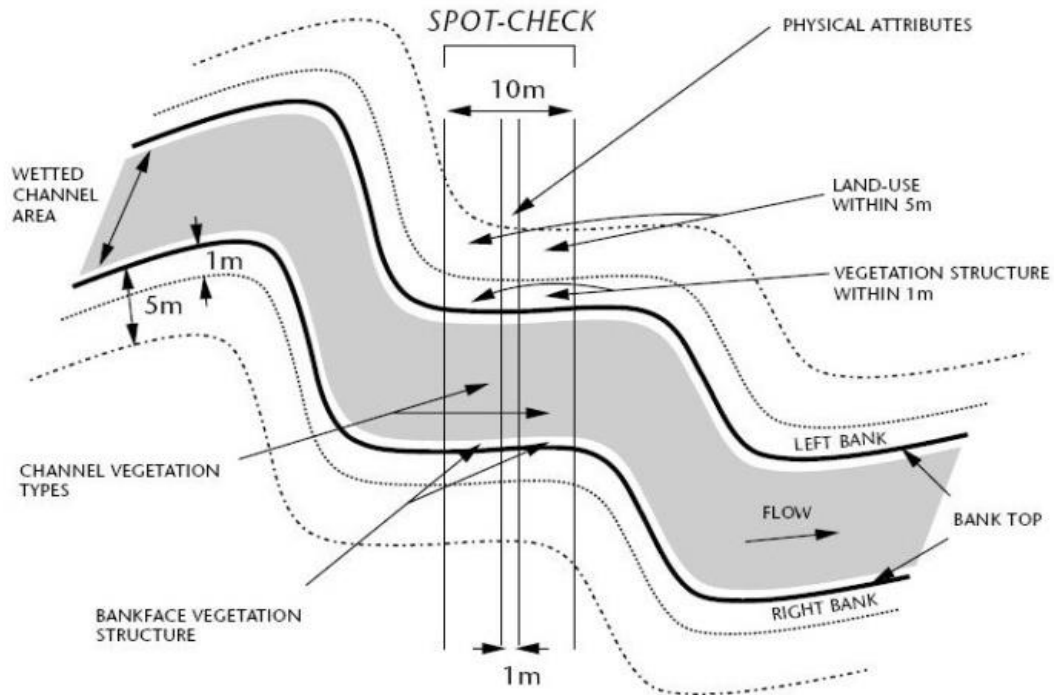
Hodnocené charakteristiky pokrývají 3 zóny říčního prostředí (koryto toku, břehy a příbřežní zóny, inundační území) a jsou dále děleny do 10 kategorií (pro zónu koryta: geometrie koryta, substrát, vegetace koryta a organické zbytky, charakter eroze/nánosů, proudění, podélná průchodnost ovlivněná umělými stavbami; pro břehy a příbřežní zóny: struktura a úpravy břehu, typ a struktura vegetace na březích a přilehlé pevnině; pro inundační území: využití přilehlé půdy a přiřazené charakteristiky, stupeň za a) boční průchodnosti a inundačního území, za b) bočního pohybu říčního koryta) (ČSN, 2005).

Velká Británie – River habitat survey (RHS)

RHS (EA, 2003) je metoda hodnocení fyzického charakteru a kvality říčních habitatů. Byla vypracována Agenturou pro životní prostředí ve Velké Británii za účelem pomoci zachovat či obnovit přirozené habitaty podél vodních toků a jejich zátopových oblastí. Hlavním jejím cílem je poskytnout informace potřebné ke správnému vodohospodářskému managementu vedoucímu k zachování či zvýšení biodiverzity.

RHS je prováděn na úsecích vodních toků o konstantní délce 500 metrů. Pozorování jednotlivých hydromorfologických charakteristik probíhá v deseti rovnoměrně rozložených kontrolních místech v rámci jednoho úseku, tedy asi každých 50 metrů. Na každém kontrolním místě jsou zaznamenány údaje o korytě toku, březích toku a příbřežní zóně, což zahrnuje

charakteristiky jako je převládající substrát v korytě toku, charakter proudění, charakter habitatu, modifikace koryta a břehů, typ vegetace a její struktura a využití půdy. Fyzické atributy jsou posuzovány v 1 m širokých transektech, kdežto ostatní atributy jako například využití půdy nebo vegetace v transektech o šířce 10 m (Obr. 10). Data z průzkumu jsou zanášena do mapovacího formuláře v podobě jednoho ze 4 základních typů záznamů (EA, 2003):



Obr. 10 Náčrtek kontrolního místa pro RHS včetně obou transektů s lokalizací hodnocených parametrů
Zdroj: EA, 2003

- čísla uvádějící počet daných prvků v celém 500 m úseku jako například počet tůní, umělých prvků v korytě nebo daného typu vegetace
- zaškrťovací políčka pro označení, zda se daný prvek v úseku vyskytuje či nikoli
- zkratky charakterizující daný prvek jako například využití půdy nebo charakter proudění
- hodnoty měření charakteristik koryta jako například šířku koryta, jeho hloubku nebo výšku břehů.

Průzkum by měl být prováděn v době, kdy je již patrná říční vegetace, ale ještě není tak vzrostlá, aby zakrývala některé charakteristiky koryta, jako je například substrát dna, a v době, kdy nejsou měřeny nadprůměrné průtoky, tedy ne během povodní či po dlouhotrvajících deštích (EA, 2003).

RHS byla testována i v dalších evropských zemích jako například ve Finsku, Francii, Rakousku, Portugalsku (konkrétně na Madeiře), Itálii a ve Slovinsku, ovšem s ohledem na přizpůsobení průzkumu lokálním přírodním podmínkám (EA, 2003).

Německo – LAWA-Field Survey a LAWA-Overview Survey

Německo má 2 významné metody hodnocení hydromorfologického stavu vodních toků: LAWA-Field Survey (LAWA-FS) a LAWA-Overview Survey (LAWA-OS).

LAWA-OS (Fleischhacker & Kern, 2002, in Matoušková, 2008a) byla vytvořena zejména pro větší toky a pro potřeby celoplošného průzkumu. Vychází z mapových podkladů a již existujících materiálů a terénní průzkum se provádí pouze pro ověření správnosti výsledků. Hodnotí se 17 parametrů, které charakterizují například morfodynamiku, funkce habitatu nebo kolísání průtoků a díky výskytu specifických říčních struktur je možné zlepšit či zhoršit jejich hodnotu (optimistické a pesimistické hodnocení).

LAWA-FS je metodou pro hodnocení spíše na malých a středních tocích. Zakládá se na terénním průzkumu po celé délce toku, přičemž se dělí na jednotlivé průzkumné jednotky homogenní délky (50–500 m) v závislosti na šířce koryta (LAWA, 2000, in Matoušková, 2008a). Hodnotí se 25 parametrů, které patří do jedné ze 3 zón – koryta toku, břehu a okolí vodního toku.

Francie – Systeème d’Evaluation de la Qualité du Milieu Physique (SEQ)

SEQ-Physique byl vyvinut francouzským Ministerstvem životního prostředí jako nástroj pro monitorování kvality fyzického habitatu francouzských řek a je jedním ze tří složek používaných pro hodnocení kvality vod ve Francii. SEQ-Physique současně poskytuje cenné informace o fluvialních procesech a o potenciálním využití některých vodních zdrojů.

Při SEQ-Physique se hodnotí tok po celé své délce. Nejprve se však provede studium mapových podkladů, pomocí kterého se určí hranice jednotlivých průzkumných jednotek. Velikost těchto jednotek se může lišit od stovek metrů po několik kilometrů v závislosti na homogenitě hodnocených parametrů. Hranice jednotek tak může definovat například změna sklonitosti, typu údolí, soutok s významným tokem či změna ve využívání půdy v příbřežní zóně. Při terénním průzkumu se mohou hranice jednotek změnit, pokud aktuální stav neodpovídá stavu v mapových podkladech (Agence de l’Eau Rhin-Meuse, 1999; in Raven et al., 2002).

Průzkum se provádí ve 3 zónách – korytě, příbřežní zóně a údolní nivě. Hodnotí se zde 40 parametrů souvisejících s proměnlivostí a přírodností těchto zón a jsou vážené podle velikosti jejich vlivu na výsledný ekologický stav (Agence de l’Eau Rhin-Meuse, 1999; in Raven et al., 2002). Analýzou parametrů se vypočítá výsledný index, jehož hodnota 0,81–1 odpovídá výbornému stavu, 0,61–8 dobrému stavu, 0,41–6 střednímu stavu, 0,21–4 špatnému stavu a 0–0,2 velmi špatnému stavu (Rebillard, 2001).

Slovenská republika – Hydromorphological River Survey and Assessment

Slovenská metodika hodnocení hydromorfologického stavu vychází z německé metodiky pro velké vodní toky LAWA-OS a upravené tak, aby vyhovovala slovenským přírodním podmínkám (Lehotský, 2006).

Průzkum je prováděn na základě studia topografických map (měřítko 1:10 000), historických map a leteckých snímků, geologických map (měřítko 1:50 000), vodohospodářských map (měřítko 1:50 000), databázových vrstev GIS a v neposlední řadě

i terénním průzkumem. Délka zkoumaných úseků se liší v závislosti na šířce koryta. Pro malé toky o šířce koryta <10 m je délka průzkumné jednotky 200 m, pro střední toky o šířce koryta 10–30 m je to 500 m a pro velké toky o šířce koryta >30 m je to 1 000 m, přičemž se ještě každá jednotka dělí na pět stejně dlouhých subjednotek. Šířka průzkumu zahrnuje celou oblast říční nivy a příbřežní vegetace se hodnotí do vzdálenosti 20 m od koryta toku po obou jeho stranách (Lehotský, 2006).

Průzkum se má opět provádět v době nízkých průtoků, aby byla dobře rozpoznatelná struktura dna a dnového materiálu a současně ve vegetačním období od června do září, přičemž se má přizpůsobit klimatickým a topografickým podmínkám panujícím na Slovensku (Lehotský, 2006).

Hodnocené parametry pokrývají 4 zóny říčního prostředí a to půdorys koryta, tok, břehy a příbřežní zóny a inundační území (Lehotský, 2006).

Česká republika

Česká republika má 2 metody hodnocení hydromorfologického průzkumu, které se dají použít v rámci celé ČR. První z nich, Ekomorfologické hodnocení vodních toků (Matoušková, 2003, 2008b), se soustředí na drobné a středně velké vodní toky a jeho hodnocení je založeno na potenciálním místním referenčním stavu. Druhou metodou je Hydroekologický monitoring (Langhammer, 2007, 2008), který je MŽP doporučen jako metoda celoplošného monitoringu v ČR. Aplikování metod na toky v ČR nebo srovnání českých metodik se zahraničními bylo již řešeno v mnoha bakalářských a diplomových pracích řešených na PřF UK jako například Dvořák (2006), Šípek (2006), Lelut (2007), Kyselka (2010), Rettichová (2010), Stádníková (2010), Šmerousová (2010), Beranová (2011), Koubková (2011) a Douděrová (2012).

Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků - EcoRivHab

Metoda EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2008b), je metoda, jejímiž cíli jsou hodnocení ekomorfologického stavu vodních toků a nalezení úseků vodních toků splňujících dobrý ekologický stav, jak je definován v RS (2000/60/ES).

Průzkum se provádí jak vyhodnocením mapových podkladů (současných i historických, topografických, vodohospodářských, geologických, pedologických, vegetačních a katastrálních), tak i terénním průzkumem ve 3 zónách vodního toku – jeho korytě, doprovodných vegetačních pásmech a údolní nivě. Tyto tři zóny jsou pak dále rozděleny na jednotlivé parametry, kterých je celkově 31 (Matoušková, 2003, 2008b).

Průzkum se provádí po celé délce vodního toku, který je však rozdělen na jednotlivé kvalitativně homogenní úseky o délkách od 200 do 1 000 m. Pro zónu doprovodných vegetačních pásů je doporučena šířka minimálně 10 m, optimálně pak 15 m. Pro zónu údolní nivy je šířka dána geomorfologickými charakteristikami, pokud ji však takto vlivem antropogenních disturbancí nelze vymezit, hodnotí se ve standardní šířce do 100 m od koryta toku. Průzkum by se měl provádět v dobách nízkých průtoků a v době, kdy je již vzrostlá vegetace, ale ještě nezastiňuje ostatní hodnocené charakteristiky, zejména charakteristiky dna (Matoušková, 2003, 2008b).

Hodnocení některých charakteristik je prováděno slovně, ve většině případů pak pomocí bodového ohodnocení. Výsledné hodnocení je rozděleno do pěti tříd ekomorfologického stavu, přičemž 1. třída znamená velmi dobrý ekomorfologický stav, který se rovná referenčnímu stavu, a 5. třída znamená silně antropogenně ovlivněný stav (Matoušková, 2003, 2008b).

Hydroekologický monitoring - HEM

Metodika HEM (Langhammer, 2007, 2008) slouží k monitoringu hydromorfologických charakteristik toků v souladu s požadavky RS (2000/60/ES). Probíhá formou terénního mapování reprezentativního počtu úseků daného vodního toku (Langhammer, 2007, 2008).

Zkoumané úseky mají různou délku v závislosti na jejich homogenitě v rámci hodnocených parametrů. U malých toků s šířkou koryta do 10 m je délka zkoumaného úseku 100 m, u středních toků s šířkou koryta do 30 m je 500 m a u velkých toků s šířkou koryta přesahující 30 m je to 1 000 m. Průzkum se má opět provádět v dobách nízkých průtoků a v období, kdy hodnocení charakteristik koryta nebrání vzrostlá vegetace (Langhammer, 2007, 2008).

Hodnotí se jak charakteristiky proudění a hydrologického režimu, tak 4 zóny toku, kterými jsou koryto toku, břehy toku, příbřežní zóna a inundační území. Tyto 4 zóny se následně dělí na 17 parametrů (Langhammer, 2007, 2008).

Celkové hodnocení je založeno na bodovacím systému pro jednotlivé parametry od 1 do 5, kdy 1 značí nejlepší stav a 5 nejhorší, který se vyhodnotí nejprve pro jednotlivé zóny, pak úseky a nakonec i celý vodní tok (Langhammer, 2007, 2008).

Vybrané přístupy v ostatních zemích světa

Austrálie – Index of Stream Conditions (ISC)

ISC (Ladson et al., 1999) je metoda hodnocení pomocí podrobnějšího zkoumání 5 zvolených složek: hydrologie (změny průtoků a jejich přirozená sezonalita), fyzického vzhledu (stabilita břehů, eroze či agradace dna koryta, vliv antropogenních bariér, množství a původ mrtvého dřeva (Obr. 11)), příbřežní zóny (typ vegetace, územní rozsah příbřežní



zóny, šířka a neporušenost břehových porostů, výskyt druhů vyšších rostlin, stav mokřadů), kvality vody (obsah fosforu, zákal, elektrická vodivost, pH) a výskytu vodního života (počet rodů velkých bezobratlých). Metoda ISC vznikla ve spolupráci expertů na říční ekologii, fluvialní geomorfologii, vodohospodářů, hydrologů a několika ministerstev (Ladson et al., 1999).

Obr. 11 Mrtvé dřevo v korytě toku

Zdroj: <http://blogs.reed.edu>

Průzkum se provádí v souvislých úsecích, které mohou být délkově heterogenní, ale které musí být homogenní z hlediska všech pěti hodnocených složek. Pro hydrologii, kvalitu vody a výskyt vodního života se provádí pouze jedno měření na dolním (myšleno po směru proudu)

konci úseku a zde naměřená hodnota je přiřazena celému úseku. Fyzický vzhled a příbřežní zóna se vyhodnocují po celé délce úseku (Ladson et al., 1999).

Každá se složek pak může obdržet hodnocení od 0 do 10 a celkové hodnocení hydromorfologického stavu vodního toku může být v rozmezí od 0 do 50, přičemž čím vyšší hodnota, tím lepší hydromorfologický stav (Ladson et al., 1999).

Nový Zéland – Stream Habitat Assessment (SHA)

Velká diverzita a rozdílnost metod hodnocení habitatu vodních toků vedla k rozhodnutí o sestavení jednotné, praktické, co možná nejlevnější a přitom nejefektivnější a standardizované metodiky hodnocení fyzického habitatu vodních toků na Novém Zélandu (Harding et al., 2009). Metodika SHA se skládá ze tří stupňů podrobnosti hodnocení, přičemž každý stupeň hodnocení může být proveden samostatně či v jakékoliv kombinaci s ostatními.

První a nejméně podrobná metoda hodnocení se provádí popisem charakteru lokality. Využívá se pro poskytnutí rychlé charakteristiky místa a je tak vhodná pro rychlá rozhodování například při výběru lokalit vhodných pro detailnější zkoumání. Tato metoda je značně subjektivní a nedoporučuje se proto pro jakoukoliv statistickou analýzu a nehodí se ani pro dlouhodobý monitoring. Délka průzkumného úseku je dána dohledností po i proti proudu toku (Harding et al., 2009).

Druhá metodika je semikvantitativního charakteru. Semikvantitativní proto, že se pro hodnocení používá několik přesně měřitelných charakteristik (omocená šířka, rychlost proudění), ale spíše se klade důraz na odhad vizuálního vzhledu. Hodnocení je limitováno subjektivitou a správností kategorického zařazení některých parametrů, ale může již být použito pro odhad širšího spektra charakteristik fyzického habitatu a naměřená data mohou být statisticky zpracována. Délka zkoumaného úseku by měla být 20x delší než je průměrná omocená šířka při běžném průtoku, minimálně však 50 m a maximálně 500 m (Harding et al., 2009).

Třetí a nejpodrobnější metoda hodnocení se provádí pomocí kvantitativního hodnocení jednotlivých parametrů. Jejím cílem je poskytnout co nejpřesnější kvantitativní charakteristiku zkoumaného úseku. Je vhodná pro detailní průzkum, výzkumné projekty i dlouhodobý monitoring. Data naměřená touto metodou mohou sloužit pro výpočet specifických vlastností habitatu i pro jeho obecné modelování (Harding et al., 2009).

Čína – Urban stream morphology (USM)

USM (Xia et al., 2010) je metodika, která vznikla v Číně a specializuje se na hodnocení silně antropogenně ovlivněných vodních toků v městských zástavbách na území Číny, přičemž ale není vyloučeno její použití i v jiných zemích, resp. urbanizovaných oblastech. Při hodnocení se zaměřuje na ekologické a „městské“ aspekty ovlivňující fungování toku.



Obr. 12 Cheonggyecheon v jihokorejském hlavním městě Soulu jako příklad „městského“ toku
Zdroj: www.wherischan.wordpress.com

Dle Xia et al, (2010) se „městské“ toky (Obr. 12) vyznačují následujícími charakteristikami:

- nejeví téměř žádné známky po přírodních podmínkách a to vlivem intenzivních antropogenních narušení
- jejich funkcí je sloužit „městským“ účelům (výstavba přehrad a nádrží pro ochranu obyvatel před povodněmi, úprava příbřežní zóny, aby byla využitelná k rekreaci,...)
- stejně jako u přírodních toků je jejich morfologie primárním faktorem pro výskyt fyzického habitatu.

Hodnocení kvality morfologie městských toků se dělí na 2 kategorie: ekologický benefit a „městské“ funkce. Faktorem ekologického benefitu je habitat vodního toku (např. vegetace, kvalita sedimentů či využití půdy v blízkosti toku), faktory „městské“ funkce jsou bezpečnost (stabilita břehů, rozsah půdní eroze) a vzhled krajiny (možnost přístupu k vodě, estetický vzhled pro obyvatele a další) (Xia et al., 2010).

Celkové hodnocení morfologie toku se vypočítá pomocí matematického modelu, do kterého vstupují 3 proměnné a to objekt, vlastnosti objektu a číselná hodnota těchto vlastností (Xia et al., 2010).

Existuje mnoho hodnotících přístupů, které jsou založeny na různých parametrech, jejich počet může být u každé metody jiný nebo se může lišit jejich váha při výsledném hodnocení. Zatím neexistuje žádný konsenzus, jakou metodiku použít pro dlouhodobý monitoring nebo které hydromorfologické charakteristiky sledovat, neboť spousta základních otázek ohledně vzájemného působení hydromorfologických, geomorfologických a biologických složek zůstává stále nezodpovězeno (Barquín & Martínez-Capel, 2011; Fernández et al., 2011).

Fernández et al. (2011) porovnával ve své studii více než 50 metod na hodnocení kvality fyzického habitatu a zjistil, že nejčastěji hodnocenými parametry jsou: stabilita břehů (v 80 % metod), substrát dna (78 % metod), struktura příbřežní vegetace (76 % metod), umělé prvky v korytě toku (75 % metod), velikost koryta (69 % metod), typ proudění (65 % metod), využití půdy v okolí toku (64 % metod) a příčné překážky (62 % metod), kdežto těmi méně často posuzovanými je břehový materiál (36 % metod) či mrtvé dřevo (51 % metod). Raven et al. (2002) zase po srovnání metod RHS, LAWA a SEQ-Physique došli k závěru, že hlavními rozdíly v jednotlivých metodách vedoucími k rozdílným výsledkům v hodnocení hydromorfologie je měřítko resp. velikost úseků, na kterých je průzkum prováděn, definice jednotlivých hydromorfologických prvků, kritéria hodnocení a strategie a forma průzkumu. Ke stejnému závěru došli i Weiss et al. (2008), kde v modelových povodích řek Weisseritz a Rolava byla testována vzájemná srovnatelnost výstupů metod LAWA-OS, LAWA-FS a EcoRivHab. Mimo jiné došli i k závěru, že terénní metody LAWA-FS a EcoRivHab jsou sice „přísnější“ v hodnocení, ale daleko lépe odrážejí skutečný hydromorfologický stav a i přes jejich časovou náročnost je hodnotí jako přínosnější než metody založené pouze na distančních podkladech. Šípek et al. (2010) provedl se stejnými výsledky obdobnou studii na řekách Liběchovka a Bílina.

3 Typově specifické referenční stavy vodních toků

RS (2000/60/ES) si dává za cíl dosáhnout dobrého ekologického stavu vodních toků. Ekologický stav vodních toků se skládá ze tří složek – biologického, fyzikálně-chemického a hydromorfologického stavu, a je rozdělen do pěti tříd kvality – vysoké, dobré, střední, špatné a zničené. Nejprve je potřeba vyhodnotit stav jednotlivých složek (taktéž se dělí na pět tříd) a nejhorší z hodnocení jednotlivých složek se pak bude rovnat celkovému ekologickému stavu.

V závěru předchozí kapitoly jsem uvedla, že různé metody hodnocení hydromorfologického stavu vedou k různým výsledkům a jsou tudíž neporovnatelné. RS se tento problém rozhodla vyřešit pomocí indexu Ecological Quality Ratio, zkráceně EQR, který je definován takto (EC, 2007):

$$EQR = \frac{\text{aktuální stav}}{\text{referenční stav}} ,$$

kde aktuálním stavem je myšlena výsledná hodnota provedeného hydromorfologického průzkumu a referenční stav je stav, ve kterém by se vodní tok nacházel bez jakýchkoliv (nebo jen velmi malých) antropogenních narušení. Jedná se tedy o přírodní (přírodě blízký) stav, který se využívá ke srovnání s aktuálním stavem daného toku.

Pokud je hodnota EQR blízká 1, je hydromorfologický stav toku vysoký, blíží-li se hodnota EQR 0, jde o stav zničený. Ostatní třídy jsou rovnoměrně rozděleny v daném intervalu 0–1.

Pro definování referenčního stavu je nezbytné nejprve stanovit referenční podmínky, které podle CIS Guidance Document No. 10 (2003) musí splňovat následující:

- musí odpovídat stavu v minulosti nebo v současnosti
- jeho biologické, fyzikálně-chemické a hydromorfologické kvalitativní složky nevykazují žádné nebo jen velmi malé narušení, přičemž pojem velmi malé narušení znamená, že jsou povoleny antropogenní vlivy, pokud nemají žádné nebo jen velmi malé ekologické účinky na stav vodních toků
- koncentrace specifických syntetických znečišťujících látek jsou blízké nule či pod mezemi detekce všeobecně nejvyspělejších analytických postupů
- koncentrace specifických nesyntetických znečišťujících látek jsou v rozmezí obvykle se vyskytujících za nenarušených podmínek.

Metoda hodnocení pomocí referenčních stavů či referenčních lokalit je využívána nejen v kontextu hydromorfologického hodnocení, ale i v dalších složkách celkového ekologického

hodnocení (Hering et al., 2003; Bowman & Somers, 2005; Aguiar et al., 2007; Ferréol et al., 2008; Schmidt et al., 2009).

Rámcová směrnice rovněž vyžaduje, aby byly referenční podmínky typově specifické, neboť existuje řada hydromorfologických charakteristik, které jsou pro kvalitu některých toků nezbytné, kdežto u jiných se vlivem odlišných přírodních podmínek vůbec nevyskytují. Příkladem takovýchto charakteristik je mrtvé dřevo, složení „přirozeného“ substrátu nebo charakter eroze/nánosů (ČSN, 2010). Typově specifické hydromorfologické podmínky představují hodnoty hydromorfologických kvalitativních složek potřebných pro dosažení vysokého ekologického stavu a jsou nezbytným podkladem pro umožnění klasifikace dalších úrovní stavu. Referenční podmínky by měly být určeny pro každý říční typ tak, aby odrážely nenarušené podmínky toku, tzn. přirozený materiál dna i břehů včetně přirozeného příčného profilu a půdorysného tvaru řeky, pohyb koryta inundačním územím bez omezení, přirozený pohyb sedimentu, organismů i proudění vody, přirozený břehový porost odpovídající říčnímu typu a zeměpisné poloze řeky (CEN, 2004).

3.1 Hydromorfologická kritéria pro stanovení referenčních podmínek

Dle ČSN EN 14614 jsou hydromorfologická kritéria pro referenční podmínky následující:

- charakter břehu a dna
 - chybí jakékoliv umělé stavby ve vodním toku a na břehu, které zřejmě narušují přirozené hydromorfologické procesy, a/nebo tyto procesy nejsou ovlivňované žádnými podobnými stavbami vně břehů
 - dna a břehy jsou tvořeny původními (přírodními) materiály
- půdorysný tvar toku a říční profil
 - nejsou zjevně změněny lidskou činností
- boční průchodnost a volnost bočního pohybu
 - chybí jakékoliv stavební úpravy, které zjevně zabraňují proudění vody mezi korytem a inundačním územím, nebo zřejmě zamezují pohybu říčního koryta napříč inundačním územím
- volný průtok vody a sedimentu korytem
 - chybí jakékoliv stavební úpravy ve vodním toku, které ovlivňují přirozený pohyb sedimentu, vody a organismů (Obr. 13)

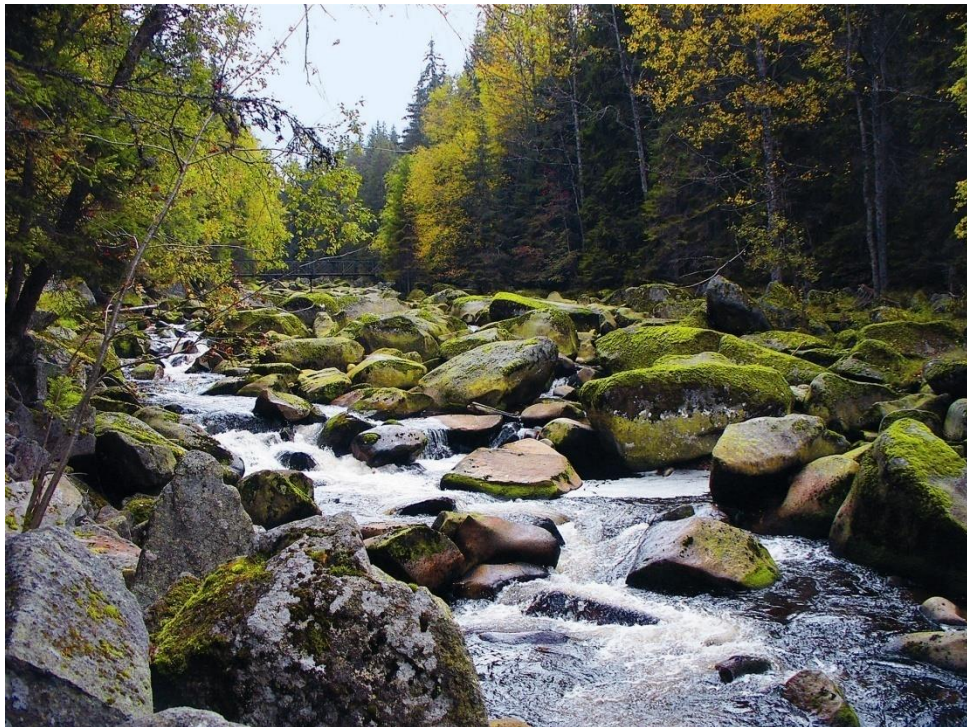


Obr. 13 Letecký pohled na přehradu Orlik, která je příkladem nežádoucí stavební úpravy ve vodním toku z hlediska definování referenčních podmínek
Zdroj: www.kaskada-solenice.cz

- vegetace v příbřežní zóně
 - existuje přirozený břehový porost odpovídající říčnímu typu a zeměpisné poloze řeky.

Pro srovnání uvádím i hydromorfologická kritéria pro výběr referenčních podmínek dle Heringa et al. (2003), která jsou následující:

- základní charakteristiky
 - musí být odpovídající a politicky přijatelné
 - pro obecný vodní útvar by měly reprezentovat velký počet jeho subtypů
 - musí reprezentovat důležité aspekty „přírodních“ podmínek (Obr. 14)



Obr. 14 Řeka Vydra - příklad přírodního toku

Zdroj: <http://i.lidovky.cz>

- musí reflektovat minimální antropogenní disturbance
- využití půdy v území povodí
 - stupeň urbanizace, zemědělství a lesnictví by měl být co nejnižší (pozn. nejsou stanoveny žádné prahové hodnoty antropogenních vlivů (např. % orné půdy, % přírodní vegetace a další), takže se musí vybrat nejméně ovlivněné lokality s co nejvíce přirozenějším vegetačním pokryvem)
- koryto toku a fyzický habitat
 - inundační území nesmí být kultivováno, nejlépe pokud bude pokryto klimaxovou vegetací
 - musí se v nich vyskytovat mrtvé dřevo

- nesmí se v nich vyskytovat žádné zpevnění dna či břehů koryta toku



Obr. 15 Ukázka zpevnění břehu kameny

Zdroj: <http://bagry.cz>

- nesmí se v nich vyskytovat žádné migrační bariéry jak pro transport sedimentů, tak i pro migraci organismů
- mohou se zde vyskytovat některé prvky protipovodňových opatření, které však mají pouze minimální vliv na chování vodního ekosystému
- příbřežní vegetace a inundační území
 - musí se v nich vyskytovat přirozená příbřežní vegetace a inundační území, které je spojeno s korytem toku vzájemnými vazbami
- hydrologické podmínky a regulace
 - nesmí se zde vyskytovat žádné změny v hydrologickém či odtokovém režimu toku
 - nesmí se zde vyskytovat žádné nebo jen velmi malé (nesmí mít vliv na biotu) technické úpravy pro vzdouvání vod jako jsou například jezy nebo přehradní nádrže
 - nesmí se zde vyskytovat žádné hydrologické změny způsobené odebíráním vody z koryta toku nebo vypouštěním jakýchkoliv vod do koryta toku.

3.2 ČSN EN 15843

Dle RS (2000/60/ES) se ekologický stav vodních toků posuzuje na základě odchýlení jeho aktuálního stavu od referenčních podmínek. Evropský výbor pro normalizaci CEN publikoval

evropskou normu EN 15843:2010 Water quality – Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology, která byla v roce 2010 přijata jako česká technická norma ČSN EN 15843 Jakost vod – Návod pro určení stupně modifikace hydromorfologie řek. Tato norma poskytuje návod pro hodnocení modifikace hydromorfologických charakteristik vodních toků ve smyslu odchylky od referenčních podmínek, které jsou definovány v ČSN EN 14614. Přestože postup popsáný v této normě umožňuje hydromorfologickou charakterizaci řek, nepokouší se ani popsat metody pro definování vysokého stavu pro hydromorfologii podle RS, ani spojovat rozsáhlou hydromorfologickou klasifikaci s hodnocením ekologického stavu.

Tuto normu lze využít i mimo implementaci RS například pro ochranu přírody, hodnocení vlivu na životní prostředí, správu povodí, hodnocení protipovodňových rizik a stanovení cílů pro revitalizaci řeky (ČSN, 2010).

Hydromorfologické charakteristiky koryt vodních toků, břehů a příbřežních zón a inundačních území jsou rozděleny na tzv. hlavní charakteristiky, což jsou charakteristiky vyskytující se ve všech řekách bez ohledu na jejich typ, a na vedlejší charakteristiky, které jsou specifickými pro konkrétní typ (typy) vodního toku. Hlavní charakteristiky mohou být určeny s použitím údajů z terénního mapování, dálkového snímání, map nebo místních znalostí, zatímco vedlejší charakteristiky vyžadují znalosti charakteristik, které lze očekávat v různých typech řek (ČSN, 2010).

Hodnocení probíhá pomocí bodovacího systému podle pětibodové či třibodové stupnice, kdy body jsou dané charakteristice přiděleny na základě předchozího kvalitativního posouzení, přičemž 1 bod odpovídá nejnižšímu stupni antropogenní modifikace a 5 bodů nejvyššímu (ČSN, 2010).

Tab. 1 Intervaly hodnocení a klasifikační termíny pro 5 tříd hodnocení včetně jejich barvy na mapě.

skóre	třída	popis	barva na mapě
1 až < 1,5	1	přírodě blízký	modrá
1,5 až < 2,5	2	slabě modifikovaný	zelená
2,5 až < 3,5	3	středně modifikovaný	žlutá
3,5 až < 4,5	4	značně modifikovaný	oranžová
4,5 až < 5	5	silně modifikovaný	červená

Zdroj: ČSN EN 15843

Tab. 2 Intervaly hodnocení a klasifikační termíny pro 3 třídy hodnocení včetně jejich barvy na mapě.

skóre	třída	popis	barva na mapě
1 až < 2,5	1	přírodě blízký až slabě modifikovaný	modrá
2,5 až < 3,5	3	slabě až středně modifikovaný	žlutá
3,5 až < 5	5	značně až silně modifikovaný	červená

Zdroj: ČSN EN 15843

Názvy použité k popisu jednotlivých tříd (např. „přírodě blízká“) byly záměrně vybrány tak, aby se lišily od termínů použitých v RS pro zdůraznění, že klasifikace s použitím této normy nemají žádný vztah ke klasifikacím ekologického stavu pro RS. Barvy pro mapové výstupy ve zprávách o hydromorfologické modifikaci toků jsou stejné jako barvy v RS, neboť se používají

rutinně pro předávání zpráv o dalších aspektech environmentální kvality mimo rámec RS (ČSN, 2010).

3.3 Postup stanovení typově specifických podmínek

Většina zemí EU zvolila pro stanovení referenčních podmínek postup „a priori“. To znamená, že nejprve se pro každý z typů povrchových vodních toků stanoví jednotlivé hydromorfologické parametry, které jsou pro daný typ vodního toku relevantní při posuzování hydromorfologického stavu a až poté dojde na hodnocení biologické složky pouze těch míst, která splňují hydromorfologické referenční podmínky (Pardo et al., 2012).

Pro každý parametr je nutné určit referenční hodnotu a míru spolehlivosti. Pokud není možné míru spolehlivosti parametru dosáhnout, jinými slovy pokud je přirozená proměnlivost ukazatele příliš velká, ukazatel by neměl být použit. RS (2000/60/ES) uvádí, že v případech, kdy nelze stanovit spolehlivé typově specifické referenční podmínky pro některou složku kvality některého typu útvaru povrchové vody v důsledku vysokého stupně přirozené proměnlivosti této složky, avšak nikoliv pouze v důsledku sezónní proměnlivosti, může být tato složka z hodnocení ekologického stavu příslušného typu útvaru povrchových vod vyloučena.

Na základě definovaných typově specifických hydromorfologických parametrů lze najít typově specifické referenční lokality. Základními kroky při jejich hledání nebo při stanovování hranic tříd mezi velmi dobrým a dobrým ekologickým stavem jsou: (1) identifikace potenciálních referenčních míst (pomocí modelu nebo použitím metody expertního posouzení), (2) sběr dat pro validaci referenčních míst (modelování, expertní odhad), (3) využití validovaných výsledků ke stanovení hodnot referenčních podmínek, (4) využití získaných informací k stanovení hodnot hranic jednotlivých tříd stavu. Referenční podmínky by měly být stanoveny pro stejné ukazatele kvalitativních složek, které budou použity pro klasifikaci ekologického stavu.

Stanovení referenčních podmínek v sousedních státech ČR

Je možno logicky předpokládat, že pro stanovení typově specifických referenčních stavů bude nejlepší se inspirovat v postupech sousedních států, neboť jsou nám nejen geograficky nejbližší, ale s hydromorfologickým průzkumem mají dlouholeté zkušenosti. Rakousko a Německo definovaly typově specifické referenční podmínky na základě celoplošného hydromorfologického průzkumu s využitím rozsáhlé databanky.

V Rakousku jsou určujícími parametry pro stanovení hydromorfologického referenčního stavu tyto parametry: typ odtokového režimu, charakter proudění, řád toku, typ říčního údolí, sklon, průběh trasy koryta, variabilita šířek a variabilita hloubek, formující se hydromorfologické struktury a charakteristiky dna. Základem vymezení referenčních úseků bylo mapování ekomorfologických struktur celého Rakouska, přičemž byly pro definici referenčních stavů použity jen úseky v I. a II. jakostní třídě. Celkem bylo Univerzitou Graz statisticky vyhodnoceno 6 500 úseků (Wimmer a kol., 2012, in Matoušková a kol., 2013).

V Německu jsou hydromorfologické referenční stavy zpracovány a definovány rozdílně v jednotlivých spolkových zemích. Jeden z nejdetailnějších postupů pro definici referenčních stavů má spolková země Brandenburg. Data jsou zde shromažďována na 2 úrovních:

- makroměřítko – mapování úseků delších než stovky metrů, které jsou hodnoceny pomocí metodiky LAWA
- mikroměřítko – mapování úseků o délce 25–100 m, přičemž je kladen důraz na morfologii úseku, konkrétně variabilitu hloubek v podélném profilu, střední sklon dna a vodní hladiny, střední šířku a střední hloubku koryta, poměr šířka/ hloubka, hydraulický rádius, pozn. optimálně měřeno v 10–25 příčných profilech.

Dále je pozornost věnována mikrohabitatů, mrtvému dřevu a vegetaci. Na základě podrobného terénního průzkumu je vytvořen katalog referenčních úseků, který zahrnuje pro Brandebursko 16 referenčních typů (Matoušková a kol., 2013).

Na Slovensku se při odvozování definice referenčních podmínek z pohledu hydromorfologie vycházelo z hydromorfologického průzkumu realizovaného Slovenským hydrometeorologickým ústavem (SHMÚ) v letech 2004–2005. Jako referenční lokality byly zvoleny úseky, které dosáhly prvního stupně hydromorfologické kvality. Parametry definující referenční podmínky byly odvozeny pro jednotlivé typy vodních toků podle platné slovenské typologie, tj. pro 22 toků, a dále seskupeny do třech kategorií. První kategorie charakterizuje hydrologický režim, druhá zohledňuje průchodnost vodního toku v podélném profilu a třetí se zaměřuje na vybrané morfologické parametry. V případě hydrologického režimu je hodnocena dynamika toku pomocí výpočtu Froudova čísla, dále slovní určení typu proudění, vazby na podzemní vody a rychlost proudění a průtok při Q_{355} . Pomocí slovního hodnocení je zohledněna migrační prostupnost pro vodní organismy, přičemž maximální výška migrační bariéry je stanovena na 0,5 m. Parametry týkající se hydromorfologických podmínek zahrnují: půdorysný průběh trasy koryta, průměrnou šířku a variabilitu šířky koryta, variabilitu hloubek, substrát dna, strukturu a charakter příbřežní zóny, stav břehů a zastínění úseků. V případě hydromorfologických parametrů se využívalo výstupů předchozího hydromorfologického průzkumu (Lehotský & Grešková, 2004, Lehotský, 2006).

Posledním sousedním státem je Polsko, kde dle dostupných informací prozatím nebyla tak jako v České republice zpracována finální podoba metodiky pro stanovení referenčních stavů. Tato problematika je aktuálně řešena (Matoušková a kol., 2013).

4 Návrh postupu a výběr vhodných parametrů pro definování typově specifických referenčních podmínek v ČR

4.1 Postup definování typově specifických referenčních podmínek

Pro stanovení typově specifických referenčních podmínek v České republice by bylo vhodné nejprve zmonitorovat celou říční síť pomocí MŽP doporučené celoplošné metody HEM (Langhammer, 2007, 2008). Na základě množství dat získaných tímto průzkumem pak vyhodnotit stav všech vodních toků v ČR, přičemž lokality, jejichž hodnocení se bude blížit 1, tedy nejlepšímu ekohydrologickému stavu, pak budou pro jednotlivé typy vodních toků definovány jako referenční. Takto při definování referenčních podmínek postupovaly i sousední státy Německo, Rakousko a Slovensko. Tento postup je však velice časově i finančně náročný, proto mnohem pravděpodobněji dojde k definování referenčních podmínek na základě alternativních možností, které uvádí RS (2000/60/ES) a to z analýzy mapových podkladů, distančních a historických dat nebo expertním posouzením.

Na základě definovaných referenčních podmínek by mělo dojít k nalezení referenčních lokalit. Jejich počet by měl být pro každý ekoregion a typ vodního toku takový, aby z něj bylo možné statisticky odvodit nejdůležitější vztahy říčních ekosystémů na dostatečné hladině přesnosti (Pardo et al., 2012). Je zřejmé, že počet referenčních lokalit bude záviset i na počtu toků v jednotlivých typech, který by měl být tím vyšší, čím více toků je v daném typu. Rovněž bude závislý na rozsahu antropogenních disturbancí, kterých prokazatelně přibývá s klesající nadmořskou výškou.

4.2 Významné hydromorfologické parametry z pohledu definice referenčních stavů vodních toků v ČR

Na základě prostudované literatury a různých metodik hydromorfologického průzkumu navrhuji pro koncept metodiky stanovení referenčních stavů z hlediska hydromorfologie pro jednotlivé zóny vodních toků následující hydromorfologické parametry, neboť se vždy vyskytovaly ve vícero metodikách (pozn. v závorce za parametry je uvedeno, zda by bylo hodnocení kvalitativní (S od slovně) či kvantitativní (Č od číselně):

- koryto toku
 - typ koryta (S)
 - variabilita hloubky a šířky (Č)
 - substrát dna (S)
 - akumulární a erozní tvary (jak horizontální, tak vertikální) (Č)
 - podélná průchodnost (S)
 - sklonitost (Č)
 - morfologické prvky v korytě: tůně, brody, balvany, kaskády, stupně,... (Č)
- příbřežní zóna
 - antropogenní modifikace (S)
 - struktura a rozsah příbřežní vegetace (S)
- inundační území
 - typ údolí (S)
 - využití území a rozsah přirozené vegetace (Č)
 - příčná průchodnost a napojení na koryto toku (S)

Pro hydromorfologický režim a charakteristiku proudění byly zvoleny následující parametry:

- charakter proudění
- variabilita odtokového režimu

5 Diskuze

Správné stanovení referenčních podmínek je velice komplikovanou záležitostí, neboť mu předchází nejprve správně vytvořená typologie vodních toků a následně co nejpřesnější hodnocení hydromorfologického stavu.

RS (2000/60/ES) dává na výběr ze 2 systémů typologií vodních toků. Systém A je uveden jako implicitní a je velice jednoduchý, neboť se skládá pouze ze 4 parametrů. Domnívám se však, že tohoto systému lze využít pouze pro státy s velkou rozlohou a velkým vertikálním členěním. Systém B má proti systému A pouze pár povinných obecných parametrů a zbylé si každý stát může zvolit z poměrně široké nabídky, proto je naopak vhodnější pro menší státy nebo státy s malým vertikálním členěním.

Jaký typ klasifikace zvolit? Pokud je požadavkem vytvořit typologii vodních toků za účelem hodnocení jejich ekologického stavu, mělo by se vycházet z parametrů, které mají k ekologickému stavu nějaký vztah. Řádovost toku jako taková nemá na ekologický stav žádnou vazbu, ale dá se použít v kombinaci s jinými parametry. Morfologické klasifikace zase postrádají návaznost na fluviální procesy vodních toků. Fluviálně-morfologické charakterizují vlastnosti toků nejlépe, pokud jsou vytvořeny na základě vhodně zvolených parametrů.

Sestavit typologii pro povrchové vodní toky není jednoduchou záležitostí. Již od konce 19. století dochází k vývoji různých metod klasifikace například na základě jejich morfologických (Davis, 1899), řádovostních (Horton, 1945; Strahler, 1957) nebo fluviálně-morfologických (Leopold & Wolman, 1957; Schumm, 1963) vlastností, ale zatím žádná z nich nemá statut univerzální klasifikace a možná ani v budoucnu mít nebude vzhledem k obrovské rozmanitosti přírodních podmínek na Zemi.

RS (2000/60/ES) rovněž nově zakládá správu na jednotce povodí, která může přesahovat i několikero administrativních či státních hranic. V důsledku různých metod hydromorfologického průzkumu dochází k neshodám v hodnocení stavu, i když po přepočtu pomocí indexu EQR se tyto neshody zčásti stírají a výsledky hodnocení jsou vzájemně srovnatelnější. Srovnatelnost jednotlivých metodik se v rámci mezinárodních povodí zpravidla vyhodnocuje na základě různých interkalibračních studií (Raven et al., 2002; Nijboer et al., 2004; Furse et al., 2006; Weiss et al., 2008; Pardo et al., 2012).

Dalším důvodem pro obtížnou srovnatelnost výsledků hodnocení může být také to, že definice referenčních podmínek se dá vyložit různými způsoby (Pardo et al., 2012), přestože byly vydány i 2 evropské normy (CEN, 2004, 2010) související s hodnocením hydromorfologických parametrů. V tomto případě jsou totiž spíše obecným rámcem pro rozmanité postupy a dá se jich využít i pro jiné účely než implementaci RS (2000/60/ES).

V současné době nejspíše nebude možné stanovit v EU jednotnou metodiku hodnocení, neboť spousta zemí má na svých již dobře zavedených metodikách a na výsledcích jejich hodnocení založen například vodohospodářský management či ochranu životního prostředí.

Hydromorfologický průzkum malých a středně velkých vodních toků je velice detailně popsán v Harding et al. (2009), který vznikl syntézou více než 10 lokálních i zahraničních hydromorfologických průzkumů (USA, Evropa, Austrálie, Nový Zéland). Nevýhodou je, že nelze použít celoplošně, protože není aplikovatelný i na velké toky. Jeho opakem je např. metoda LAWA-OS (Fleischhacker & Kern, 2002, in Matoušková, 2008a), která je vhodná zejména pro velké toky, neboť k hodnocení využívá mapové a další distanční podklady. Domnívám se, že je optimální odlišit průzkum drobných toků od těch významných vzhledem k rozdílnosti vstupních podkladů.

Některé státy EU již mají typově specifické referenční podmínky definovány a vymezeny i referenční lokality, další státy jsou v různých fázích zpracování. Nejlepší výchozí podmínky pro definování mělo podle mého názoru Německo, neboť disponuje dvěma osvědčenými metodami LAWA-OS (Fleischhacker & Kern, 2002, in Matoušková, 2008a) a LAWA-FS (LAWA, 2000, in Matoušková, 2008a), kterými již bylo Německo podrobně zmapováno.

Nejlepším zdrojem dat pro definování referenčních podmínek se jednoznačně jeví hydromorfologický průzkum pomocí terénního mapování. Jeho výhodami jsou aktuálnost a vysoká kvalita dat (Weiss et al., 2008), nevýhodami pak časová a finanční náročnost a do jisté míry subjektivní hodnocení, které však lze potlačit správným proškolením mapovatelů, fotodokumentací a revizí pomocí jiných datových zdrojů (Matoušková, 2008b). V případě, že jsou všechny vodní toky daného typu natolik pozměněny antropogenní činností, že nelze kvůli jejich nedostačující přírodnosti získat potřebná data pro nalezení původních, tedy referenčních, podmínek, je potřeba použít historických map a záznamů nebo převzít referenční podmínky z jiného státu, který má na své území stejný typ vodních toků (např. Nijboer, 2004).

6 Závěr

Negativní důsledky antropogenních disturbancí dospěly do fáze, kdy je nutné se s nimi začít vypořádávat. Důležitým krokem k ochraně říčních ekosystémů v Evropě bylo zavedení RS (2000/60/ES), která zavazuje členské státy EU a některé další státy Evropy k dosažení dobrého ekologického stavu vodních útvarů. Pro splnění tohoto cíle u vodních útvarů povrchových vodních toků musí státy splnit několik předpokladů: sestavit typologii povrchových vodních toků, provést hydromorfologický průzkum, na základě kterého vyberou referenční lokality pro každý z typů toků a porovnáním současného stavu toku oproti referenčnímu vyhodnotí hydromorfologický stav, který je jednou ze tří složek celkového ekologického stavu vodních toků.

V České republice se nyní např. používá typologie vodních toků vytvořená Langhammerem a kol. (2009), jejíž členění odpovídá systému B navrhovaného RS (2000/60/ES) a na základě kombinace parametrů úmoří, nadmořská výška, geologie podloží a řádovost podle Strahlera definuje 47 typů povrchových vodních toků.

Hydromorfologický průzkum je stejně jako klasifikace toků komplikovanou záležitostí. Prozatím existuje mnoho různých metodik vyvinutých v různých státech světa a vytvořených s ohledem na specifické přírodní podmínky těchto států, z nichž nejstarší a nejčastěji aspoň částečně přejímanými jsou britská metoda RHS (EA, 2003) nebo německé metody LAWA (-OS i -FS) (Fleischhacker & Kern, 2002, in Matoušková, 2008a; LAWA, 2000, in Matoušková, 2008a). Mezi metodikami lze nalézt i takové, které nehodnotí přírodní stav toků, jak by se dalo očekávat, ale zaměřují se na jejich „městský“ stav (Xia et al., 2010). V České republice jsou nejčastěji používány dvě metodiky hodnocení stavu vodních toků a to ekomorfoloogické hodnocení EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2008b) a hydroekologické hodnocení HEM (Langhammer, 2007, 2008).

Myšlenka hodnocení ekologického stavu pomocí referenčních stavů je již zažitou záležitostí, ale problém spočívá ve stanovení referenčních podmínek pro dané složky ekologické kvality. Rámec postupu pro jejich definování je ukotven ve 2 evropských normách, které ČR přijala jako ČSN EN 14614 Jakost vod (ČSN, 2005) a ČSN EN 15843 Jakost vod (ČSN, 2010).

Pro státy, které s hydromorfologickým průzkumem a stanovováním hydromorfologických referenčních podmínek teprve začínají, by měl celý postup hledání typově specifických referenčních lokalit probíhat zhruba takto:

Nejprve se vytvoří typologie vodních toků dle systému A nebo systému B uvedených v RS (2000/60/ES). Poté se pro každý z typů povrchových vodních toků stanoví jednotlivé hydromorfologické parametry, které jsou pro daný typ vodního toku relevantní při posuzování

hydromorfologického stavu. Pro každý typ vodního toku se sestrojí vzorec nebo slovní popis hodnocení, kde proměnnými, resp. popisovanými charakteristikami, budou zvolené hydromorfologické parametry a podle kterého bude možno číselně, resp. slovně, vyjádřit horní hranici pro splnění požadavků na referenční stav. Zběžným terénním průzkumem či z mapových podkladů se pak vyberou lokality, u kterých je potenciální možnost zjištění referenčních podmínek. U těchto vybraných lokalit pak dojde k podrobnému hydromorfologickému průzkumu a následnému vyhodnocení podle sestrojeného vzorce, zda jsou tyto lokality způsobilé k reprezentování referenčních stavů. Pouze u způsobilých lokalit pak bude ještě na stejném principu jako u hydromorfologického posuzování provedeno posouzení biologického a fyzikálně-chemického stavu. Ty lokality, které budou splňovat limitní kritéria pro všechny tři prvky kvality, budou pak prezentovány jako referenční lokality.

Česká republika zatím nemá stanoveny referenční podmínky nezbytné pro hodnocení hydromorfologické kvality povrchových vodních toků. Na základě rešerše odborné literatury jsem dospěla k závěru, že pro co nejpřesnější stanovení referenčních podmínek je nezbytné použít všech dostupných zdrojů informací (mapové podklady, terénní průzkum, lokální archivy, ...) a hodnotit jak charakteristiku hydromorfologického režimu a proudění, tak i 3 zóny vodního toku, kterými jsou koryto toku, příbřežní zóna a inundační území., přičemž jejich parametry nejvíce odrážejícími referenční resp. přírodní stav, jsou:

- *pro hydromorfologický režim a charakteristiku proudění*: charakter proudění a variabilita odtokového režimu
- *pro koryto toku*: typ koryta, variabilita hloubky a šířky, substrát dna, akumulační a erozní tvary, podélná průchodnost, sklonitost a morfologické prvky v korytě
- *pro příbřežní zónu*: antropogenní modifikace, struktura a rozsah příbřežní vegetace
- *pro inundační území*: typ údolí, využití území a rozsah přirozené vegetace a příčná průchodnost a napojení na koryto toku.

7 Literatura a informační zdroje

- AGUIAR, F. C., FERREIRA, M. T., ALBUQUERQUE, A., MOREIRA, I. (2007): Alien and endemic flora at reference and non-reference sites in Mediterranean-type streams in Portugal. *Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 17, s. 335–347.
- ALABYAN, A. M., CHALOV, R. S. (1998): Type of channel patterns and their natural controls. *Earth surface processes and landforms*, Vol. 23, s. 467–474.
- BARQUÍN, J., MARTÍNEZ-CAPEL, F. (2011): Preface: Assessment of physical habitat characteristic in rivers, implications for river ecology and management. *Limnetica*, 30 (2), s. 159–168.
- BERANOVÁ, Z. (2011): Průzkum a hodnocení ekologického stavu vodních toků při zohlednění evropských standardů. Aplikace v modelovém povodí Rolavy. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 145 s.
- BOON, P. J., HOLMES, N. T. H., RAVEN, P. J. (2010): Developing standard approaches for recording and assessing river hydromorphology: the role of the European Committee for Standardization (CEN). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 20, s. 55–61.
- BOWMAN, M. F., SOMERS, K. M. (2005): Considerations when Using Reference Conditions Approach for Bioassessment of Freshwater Ecosystems. *Water Qual. Res. J. Canada*, Vol. 40, No. 3, s. 347–360. [online, cit. 2013-5-13]. Dostupné z: <http://www.cawq.ca/journal/temp/article/244.pdf>
- CULBERTSON, D. M., YOUNG, L. E., BRICE, J. C. (1967): Scour and fill in alluvial channels: With particular reference to bridge sites. U. S. Geological survey, Open-file report, 58 s.
- ČSN EN 14 614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek. Červenec 2005
- ČSN EN 15843 Jakost vod – Návod pro určení stupně modifikace morfologie řek. Červenec 2010
- DAVIS, W. M. (1899): The geographical cycle. *The geographical journal*, Vol. 14, No. 5, s. 481–504. [online cit. 2013-5-10]. Dostupné z: http://ugb.org.br/home/artigos/classicos/Davis_1899.pdf
- DVOŘÁK, M. (2006): Antropogenní transformace hydrografické sítě v povodí Bíliny. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, Duchcov, 81 s.
- DOUDĚROVÁ, Š. (2012): Vliv úprav toků a nivy na následky povodní na příkladu povodí Stropnice. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Kutná Hora, 162 s.
- EATON, B. C., MILLAR, R. G., DAVIDSON, S. (2010): Channel patterns: Braided, anabranching, and single-thread. *Geomorphology*, 120, s. 353–364.

- EN 14614:2004 Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers.
- EN 15843:2010 Water quality – Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology
- Environment Agency (2003): River Habitat Survey in Britain and Ireland: Field Survey Guidance Manual. River Habitat Survey Manual: 2003 version, Environment Agency, 136 s. [online, cit. 2013-5-10]. Dostupné z: <http://www.irpi.to.cnr.it/documenti/RHS%20manual%202003.PDF>
- European Commission (2007): Ecological Quality Ratios for Ecological Quality Assessment in Inland and Marine Waters. European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environmental and Sustainability, Italy, 24 s.
- FERRÉOL, M., DOHET, A., CAUCHIE, H. – M., HOFFMANN, L. (2008): An environmental typology of freshwater sites in Luxembourg as a tool for predicting macroinvertebrate fauna under non-polluted conditions. *Ecological modelling*, 212, s. 99–108.
- FERNÁNDEZ, D., BARQUÍN, J., RAVEN, P. J. (2011): A review of river habitat characterisation methods: indices vs. characterisation protocols. *Limnetica*, 30 (2), s. 217–234.
- FRISSELL, Ch. A., LISS, W. J., WARREN, Ch. E., HURLEY, M. D. (1986): A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context. *Environmental management*, Vol. 10, No. 2, s. 199–214.
- FURSE, M., HERING, D., MOOG, O., VERDONSHOT, P., JOHNSON, R. K., BRABES, K., GRITZALIS, K., BUFFAGNI, A., PINTO, P., FRIBERG, N., MURRAY-BLIGH, J., KOKES, J., ALBER, R., USSEGLIO.POLATERA, P., HAASE, P., SWEETING, R., BIS, B., SZOSZKIEWICZ, K., SOSZKA, H., SPRINGE, G., SPORKA, F., KRNO, I. (2006): The STAR project: kontext, objectives and approaches. *Hydrobiologia*, 566, s. 3 – 29.
- HARDING, J., CLAPCOTT, J., QUINN, J., HAYES, J., JOY, M., STORYE, R., GREIG, H., HAY, J., JAMES, T., BEECH, M., OZANE, R., MEREDITH, A., BOOTHROYD, I. (2009): Stream Habitat Assessment Protocols for wadeable rivers and streams of New Zealand. University of Canterbury, School of Biological Sciences, 133 s.
- HASLAM, S. M. (1987): River plants of Western Europe: The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community. New York: Cambridge University Press, 512 s.
- HERING, D., BUFFAGNI, A., MOOG, O., SANDIN, L., SOMMERHÄUSER, M., STUBAUER, I., FELD, C., JOHNSON, R., PINTO, P., SKOULIKIDIS, N., VERDONSHOT, P., ZAHŘÁDKOVÁ, S. (2003): The development of a system to assess the ecological quality of streams based on macroinvertebrates – Design of the sampling programme within the AQEM project. *International review of hydrobiology*, 88 (3–4), s. 345–361.
- HORTON, R. E. (1945): Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, Vol. 56, No. 3, s. 275–370. [online, cit. 2013-5-13]. Dostupné z: http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton_1945.pdf
- CHAVE, P. (2001): Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie, IWA Publishing, MZ ČR
- CHARLTON, R. (2008): Fundamentals of fluvial geomorphology. Oxford: Routledge, 234 s.
- ILLIES, J. (1978): Limnofauna Europaea. Gustav Fisher, Stuttgart, 532 s.

- KOUBKOVÁ, L. (2011): Ekohydrologický průzkum vodních toků v urbanizované a příměstské krajině. Aplikace na modelovém povodí Vinorského potoka. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 143 s.
- KYSELKA, J. (2010): Hydromorfologický průzkum řeky Bíliny. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, Teplice, 55 s.
- LADSON, A. R., WHITE, L. J., DOOLAN, J. A., FINLAYSON, B. L., HART, B. T., LAKE, S., TILLEARD, J. W. (1999): Development and testing in an Index of Stream Condition for waterway management in Australia. *Freshwater biology*, 41, s. 453–468.
- LANGHAMMER, J. (2007): HEM. Hydroekologický monitoring. Metodika a manuál pro mapovatele. PřF UK, Praha 2008, 47 s.
- LANGHAMMER, J. (2008): HEM. Hydroekologický monitoring. Hodnocení ukazatelů. PřF UK, Praha 2008, 23 s.
- LANGHAMMER, J., HARTVICH, F., MATTAS, D., ZBOŘIL, A. (2009): Vymezení typů vodních toků. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká Fakulta. Praha, 29 s.
- LAVE, R. (2009): The controversy over natural channel design: Substantive explanations and potential avenue for resolution. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 45, No. 6, s. 1519–1532.
- LEHOTSKÝ, M. (2006): Metodika pre odvodnenie referenčných podmienok pre hydromorfologické parametry vodných tokov. SHMÚ, Bratislava.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. (2004): Příprava databázy hydromorfologických a biologických ukazatelů pro proces výberu a charakterizácie referenčních miest podľa Smernice 2000/60/EC. Report SHMÚ, Bratislava.
- LELUT, J. (2007): Vodohospodářské revitalizace na podkladěkomorfologického monitoringu vodních toků; aplikace v modelovém povodí Rolavy. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 140 s.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. (1957): River channel patterns: Braided, meandering and straight. *Geological survey professional paper 282-B*, U. S. Geological survey, s. 39–85.
- LEWIN, J., BREWER, P. A. (2001): Predicting channel patterns. *Geomorphology*, 40, s. 329–339.
- MADDOCK, I. (1999): The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater biology*, 41, s. 373–391.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring jako podklad pro revitalizaci vodních toků, modelová studie povodí Rakovnického potoka. Disertační práce, PřF UK v Praze, Praha, 218 s.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2008a): Metody ekohydrologického hodnocení kvality habitatu vodních toků. In: MATOUŠKOVÁ, M. (ed.): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha, 209 s.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2008b): Metoda ekomorfológického hodnocení kvality habitatu vodních toků EcoRivHab. In: MATOUŠKOVÁ, M. (ed.): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha, p. 209.
- MATOUŠKOVÁ, M., ŠMEROUSOVÁ, K., TOMŠOVÁ, Z. (2013): Stanovení typově specifických referenčních podmínek pro hydromorfologii. Rešeršní část projektu SFŽP, katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK v Praze, Praha, 19 s.

- NIJBOER, R. C., JOHNSON, R. K., VERDONSCHOT, P. F. M., SOMMERHÄUSER, M., BUFFAGNI, A. (2004): Establishing reference conditions for European stress. *Hydrobiologia*, 516, s. 91–105.
- PARDO, I., GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C., WASSON, J.-G., OWEN, R., VAN DE BUND, W., KELLY, M., BENNETT, C., BIRK, S., BUFFAGNI, A., ERBA, S., MENGIN, N., MURRAY-BLIGH, J., OFENBÖECK, G. (2012): The European reference condition concept: A scientific and technical approach to identify minimax-impacted river ecosystems. *Science and Total Environment*, 420, s. 33 – 42.
- RAVEN, P. J., HOLMES, N. T. H., CHARRIER, P., DAWSON, F. H., NAURA, M., BOON, P. J. (2002): Towards a harmonised approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: a qualitative comparison of free surfy methods. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 12, s. 405 – 424.
- REBILLARD, J.-P. (2001): Le SEQ-Physique. *Revue de l'Agence de l'eau Adour Garonne*, No. 81, s. 12 – 15. [online, cit. 2013-5-17]. Dostupné z: <http://www.sandre.eaufrance.fr/IMG/pdf/SEQ-Physiq.pdf>
- RETTICHOVÁ, Z. (2010): Vliv úprav toků a nivy na následky povodní na příkladu povodí Volyňky. Diplomová práce, PřF UK v Praze, 135 s.
- ROSGEN, D. L. (1994): A classification of natural rivers. *Catena*, 22, s. 169–199.
- SÁNCHEZ-MONTOYA, M., ARCE, M. I., VIDAL-ABARCA, M. R., SUÁREZ, M. L., PRAT, N., GÓMEZ, R. (2012): Establishing physico-chemical reference conditions in Mediterranean streams according to the European Water Framework Directive. *Water research*, 46, s. 2257–2269.
- SCHMIDT, S. I., KÖNIG-RINKE, M., KORNEK, K., WINKELMANN, C., WETZEL, M. A., KOOP, J. H. E., BENNDORF, J. (2009): Finding appropriate reference sites in large-scale aquatic field experiments. *Aquatic Ecology*, 43, s. 169–179.
- SCHUMM, S. A. (1963): A tentative classification of alluvial river channels. *U. S. Geological survey circular 477*, Washington, D. C., 10 s.
- Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- STÁDNÍKOVÁ, M. (2010): Vliv urbanizace na kvalitu habitatu vodních toků. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, 66 s.
- STRAHLER, A. N. (1957): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, Vol. 38, No. 6, s. 913–920. [online, cit. 2013-5-13]. Dostupné z: [http://193.146.160.29/gtb/sod/usu/\\$UBUG/repositorio/10302132_StrahlerA..pdf](http://193.146.160.29/gtb/sod/usu/$UBUG/repositorio/10302132_StrahlerA..pdf)
- ŠÍPEK, V. (2006): Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků v povodí Liběchovky. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 113 s.
- ŠÍPEK, V., MATOUŠKOVÁ, M., DVOŘÁK, M. (2010): Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. *Environ Monit Assess*, 169, s. 309 – 319.
- ŠMEROUSOVÁ, K. (2010): Návrh revitalizačních opatření v povodí Slubice na podkladě ekohydromorfologického průzkumu. Diplomová práce, PřF UK v Praze, 141 s.
- THOMSON, J. R., TAYLOR, M. P., FRYIRS, K. A., BRIERLEY, G. J. (2001): A geomorphological framework for river characterization and habitat assessment. *Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 11, s. 373–389.

- TURAK, E., KOOP, K. (2008): Multi-attribute ecological river typology for assessing ecological condition and conservation planning. *Hydrobiologia*, 603, s. 83–104.
- VERDONSCHOT, P. F. M. (2006): Evaluation of the use of Water Framework Directive typology descriptors, reference sites and spatial scale in macroinvertebrate stream typology. *Hydrobiologia*, 566, s. 39–58.
- VOGEL, R. M. (2011): Hydromorphology. *Journal of water resources planning and management*, 137 (2), s. 147–149.
- WEISS, A., MATOUŠKOVÁ, M., MATSCHULLAT, J. (2008): Hydromorphological assessment within the EU-Water Framework Directive – trans-boundary cooperation and application to different water basins. *Hydrobiologia*, 603, s. 53 – 72.
- WFD CIS Guidance Document No. 10 (2003). Rivers and Lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels.
- XIA, T., ZHU, W., XIN, P., LI, L. (2010): Assessment of urban stream morphology: an integrated index and modelling system. *Environ Monit Assess*, 167, s. 447–460.

Internetové zdroje:

- [http://bagry.cz/forum/stavebni_stroje/kracejici_bagr/\(offset\)/1240](http://bagry.cz/forum/stavebni_stroje/kracejici_bagr/(offset)/1240)
- http://blogs.reed.edu/reed_canyon/files/2011/08/IMG_0497%20picturesque.jpg
- http://cestovani.lidovky.cz/foto.aspx?foto1=GLU3bc676_28b.jpg
- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stru%C5%BEnice,_Plou%C4%8Dnice_River.jpg
- <http://efi-plus.boku.ac.at/software/images/ecoregions.jpg>
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Berounka_pod_Kra%C5%A1ovem.jpg
- http://img5.rajsce.idnes.cz/d0501/3/3628/3628826_c97053c9cf99500715957397df3f50d5/images/DSCN7528.JPG
- <http://whereischan.wordpress.com/2012/04/06/cheonggyecheon/>
- <http://www.gly.uga.edu/railsback/1121RiversB&M.jpeg>
- <http://www.kaskada-solenice.cz/index.php?page=penzion>
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025322704003093>
- <http://www.valassko-hornovsacko.cz/cs/turistika/vodni-plochy-a-prameny/?produkt=72>
- http://www.vkj.cz/horni_vltava/horni_vltava.html