

VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA

Nábr. arm. gen. L. Svobodu č. 5, 812 49 Bratislava



Katarína Holubová a kol.

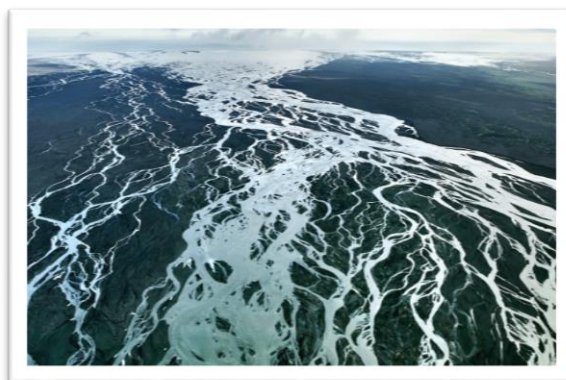
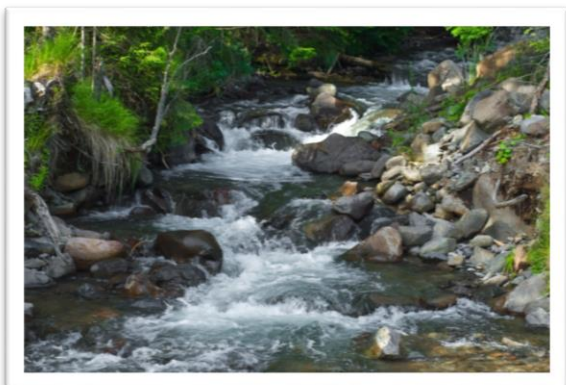
Aktualizácia metodiky hodnotenia hydromorfologickej kvality vodných útvarov pre stanovenie ich ekologického stavu

Metodika - časť I. Hodnotenie hydromorfologickej kvality riek (HYMOK)

Interné číslo: 8054

Kód úlohy: 1.2.5.3

Gestor: Ing. Ivana Rešutíková



Bratislava, január/2019

Generálny riaditeľ ústavu:

Ing. Ľubica Kopčová, PhD.

Riaditeľ odboru:

Ing. Dušan Abaffy, PhD.

Vedúca oddelenia Hydrológie
a riečnej morfológie:

Ing. Katarína Holubová, PhD.

Zodpovedný riešiteľ:

Ing. Katarína Holubová, PhD.

Spoluriešitelia:

Mgr. Katarína Mravcová

Ing. Peter Matok

Ing. Radoslava Čuban

Ing. Ján Bušovský

Technická spolupráca:

Ing. Peter Baránek

Juraj Petrisko

Stanislav Bernhauer

O B S A H

1	ÚVOD	1
2	ÚČEL A CIELE	2
3	POSTUP A VÝCHODISKÁ	3
4	Analýza metód hydromorfologického hodnotenia	5
4.1	Prehľad metód používaných na hodnotenie hydromorfológie v krajinách EÚ	5
4.2	Súčasný stav v SR, možnosti zlepšenia a zjednotenie metodiky	11
4.3	Revízia európskej normy pre hodnotenie hydromorfológie tokov CEN EN 14614:2004 (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159, 2015-2019)	14
4.4	Ďalší postup - východiská	20
5	MORFOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY A RIEČNE PROCESY	22
5.1	Korytotvorný, dominantný prietok	23
5.2	Kontinuita vytvárania riečnej siete	25
5.3	Pôdorysný tvar koryta - morfológická klasifikácia a charakteristika	29
5.4	Riečne sedimenty, transportované, dnový materiál, dnové /korytové útvary	35
5.4.1	<i>Dnové sedimenty – veľkosť</i>	36
5.4.2	<i>Dno toku – dnové a korytové útvary</i>	37
5.5	Vegetácia –akvatická (makrofyty) a príbrežná vegetácia	40
5.6	Náplavové drevo – zvyšky dreva, veľké kmene stromov (LWD)	41
5.7	Narušenie pozdĺžnej kontinuity a laterálnej konektivity toku	42
6	METODICKÝ POSTUP	43
6.1	Základné princípy a východiská	44
6.2	Priestorové vymedzenie geografických oblastí v povodí	48
6.2.1	Vymedzenie priestorových jednotiek	49
6.2.2	Ohraničenosť koryta - obmedzenie laterálneho pohybu	51
6.2.3	Morfologické riečne typy	52
6.2.4	Ďalšie prvky pre vymedzenie úseku	53
6.3	Charakterizácia priestorových jednotiek – identifikovanie indikátorov	53
6.4	Monitorovanie hydromorfológie riek – postup prác	61
	Prílohy: protokol pre neohraničené a čiastočne ohraničené koryto	66
	protokol pre ohraničené koryto	67
	LITERATÚRA	68

1. ÚVOD

V priebehu stáročí sa prirodzené fungovanie riečnych systémov postupne menilo vplyvom rôznych zásahov človeka do krajiny. Fluviálna dynamika riek bola narušená najmä v súvislosti s ich využívaním pre účely plavby, protipovodňovej ochrany, energetiky, poľnohospodárstva i priemyslu. Regulácia riek, výstavba veľkých vodných diel i ďalšie inžinierske zásahy do riečneho systému obmedzili alebo úplne vylúčili pozdĺžnu kontinuitu (najmä transport sedimentov), laterálnu konektivitu (interakcia koryta rieky so záplavovým územím) ale aj prietokové pomery (regulácia prietokov, prevody a odbery vody, atď.). Všetky tieto zásahy viedli k zásadným zmenám (modifikácii) morfológických a hydrologických charakteristík riek. Napriek tomu sa po dlhé obdobie fluvialnej geomorfológie ako vedeckej disciplíny nevenovala dostatočná pozornosť. Okrem niekoľkých krajín, kde má geomorfológia dlhoročnú tradíciu (najmä Anglicko, Taliansko, čiastočne aj Francúzsko a mimo Európy predovšetkým USA) takýto stav dlhodobo pretrvával v mnohých členských štátoch EÚ. Význam morfológie sa dostáva do popredia až v súvislosti s implementáciou Rámcovej smernice o vode (2000/60/ES) a to v súvislosti so snahou zlepšiť ekologický stav modifikovaných riek - vodných útvarov. Dôkladné poznanie príčin a dôsledkov morfológických a hydrologických zmien na vodných tokoch umožňuje nielen lepšie pochopenie ich súčasného ekologického stavu, ale aj návrh účinných revitalizačných opatrení. V Rámcovej smernici o vode (RSV) sa v tejto súvislosti stretávame s pomerne novým termínom "hydromorfológia" (skratka hymo), ktorý zahŕňa morfológiu aj hydrológiu, preto aj v ďalších textoch používame tento termín v súvislosti s "hydromorfologickým" hodnotením vodných tokov pre RSV.

Skúsenosti krajín EÚ z implementácie Rámcovej smernice o vode (RSV) ukázali, že hydromorfológiu je potrebné zohľadňovať podstatne viac ako tomu bolo doposiaľ a to najmä pri stanovení hydromorfologického stavu, monitoringu a charakterizovaní riečneho systému a rovnako aj v návrhoch a implementácii revitalizačných alebo nápravných opatrení (ToR ATG on Hydromorphology)¹. Preto hlavné aktivity súvisiace so zlepšovaním existujúcich metodických postupov aj v oblasti hydromorfológie zastrešuje, riadi a koordinuje ECOSTAT (*WFD CIS Working Group on Ecological Status*). V rámci aktivít ECOSTAU bola iniciovaná revízia CEN noriem pre hydromorfológiu (EN 14614:2004, EN 15843:2010), ktoré zahŕňajú postupy pre hodnotenie a klasifikovanie hydromorfologického stavu vodných útvarov odporúčané Rámcovou smernicou o vode. Okrem toho bola založená aj ad hoc expertná skupina pre hydromorfológiu "*Ad hoc Target group on Hydromorphology*", ktorá pracuje pod ECOSTATOM.

¹ ToR ATG Hymo, 11 May 2016, <https://circabc.europa.eu/w/browse/97972f74-16e6-4ae0-b4ee-d0f84514ddcf>.

Hodnotenie hydromorfologického stavu riek, ktoré je súčasťou celkového posúdenia ekologického stavu vôd pre RSV, sa v mnohých členských štátoch EÚ (14) doposiaľ vykonáva prevažne metódami hodnotenia „*hydromorfologických prvkov kvality*“ vodných tokov. Tieto metódy sú založené prevažne na hodnotení výskytu/ absencie hydromorfologických prvkov kvality (napr. ostrovy, lavice, vegetácia, naplavené drevo, atď.) v toku bez zohľadnenia premenlivosti riečneho systému v čase a priestore. Podstatne komplexnejšie pochopenie fungovania riečneho systému je potrebné najmä v kontexte globálnych otázok týkajúcich sa zmeny klímy, hľadania riešení ekologických otázok súvisiacich s implementáciou Rámcovej smernice o vode 2000/60/ES (RSV), smernicami o ochrane prírody (2009/147/ES - Ochrana voľne žijúcich vtákov, 92/43/EHS - Ochrana biotopov, Natura 2000, Ramsarská konvencia) ako aj smernicou o Hodnotení a manažmente povodňových rizík (2007/60/ES). Takýto postup je potrebný aj pri navrhovaní inžinierskych zásahov do riečneho systému, pre posúdenie účinnosti revitalizačných schém i pre ďalší rozvoj povodia. V tomto kontexte sa aktivity ECOSTATU (*WFD, CIS Working Group on Ecological Status*) sústreďujú na dosiahnutie zlepšenia kvality metodických postupov hodnotenia hydromorfológie tokov a zvýšenie ich porovnateľnosti medzi členskými štátmi EÚ.

2. ÚČEL A CIELE

V súčasnej dobe sa pre potreby monitorovania a hodnotenia hydromorfologického stavu vodných tokov (pre potreby posúdenia ekologického stavu vôd RSV) používajú v SR dve metodiky. *Metodika pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd – Hydromorfologické prvky kvality* (SHMÚ, 2006), ktorá sa využíva na monitorovanie a hodnotenie prirodzených tokov a *Metodika monitorovania a hodnotenia hydromorfologickej kvality vodných útvarov pre posúdenie ekologického stavu vôd SR* (VÚVH, 2008), ktorá sa využíva na monitorovanie a hodnotenie výrazne zmenených tokov a tokov v riziku (nedosiahnu dobrý ekologický stav, GES). Preto hlavným cieľom úlohy je:

- zjednotenie metodík, ktoré sa doposiaľ používajú v SR (VÚVH, SHMÚ) na monitorovanie a hodnotenie hydromorfologického stavu tokov
- aktualizácia metodiky hydromorfologického monitorovania v súlade s prebiehajúcou revíziou európskych CEN noriem pre hydromorfológiu (CEN EN 14614:2004, CEN EN 15843:2010; slovenský ekvivalent: STN EN 14614 (75 7201) *Kvalita vody: Návod na hodnotenie hydromorfologických vlastností tokov*; STN EN 15843 (75 7202) *Kvalita vody. Návod na určovanie stupňa modifikácie hydromorfologických tokov*), s cieľom zabezpečiť porovnateľnosť používaných metód hydromorfologického hodnotenia v rámci implementácie RSV nielen na Slovensku, ale aj v rámci členských štátov EÚ.

3. POSTUP A VÝCHODISKÁ

Fyzikálne procesy a habitáty, ktoré sa v rieke pôvodne vytvárali, boli historicky vystavené širokému rozsahu ľudských zásahov. V súčasnej dobe existuje v mnohých európskych krajinách širšia zhoda medzi odborníkmi, ktorá sa týka potreby návratu modifikovaných riek k prirodzenejšiemu stavu (ES CEN EN 14614: 2004). K tomu členské štáty EÚ zaväzuje aj implementácia všetkých vyššie uvedených smerníc ES o ochrane vôd a prírody.

Posúdenie hydromorfológie je kľúčové pre určenie zmien hydromorfologických podmienok, identifikovanie výrazne zmenených vodných útvarov (HMWB), pre vývoj metód na kvantifikovanie ekologického potenciálu ako aj pre návrh a monitoring revitalizačných a zmierňujúcich opatrení. V hodnotení je potrebné zohľadniť dynamiku riečneho systému, teda *pôsobenie hydromorfologických procesov v rôznych časových a priestorových mierkach*. Metódy hydromorfologického hodnotenia musia preto zohľadniť časovú a priestorovú variabilitu (viacúrovňové metódy). Donedávna existovalo iba niekoľko viacúrovňových metód hydromorfologického hodnotenia riek, čo predstavovalo aj problém pre správnu analýzu prepojenia hydromorfológie s biologickými prvkami kvality –BPK (BQEs), (*CIS Workshop “Hydromorphology and WFD classification”, 2015*).

Hlavným princípom aktualizovanej metodiky: **“Hodnotenie hydromorfologickej kvality tokov”** (akronym: HYMOK/HYMOQ) zameranej na monitorovanie a hodnotenie hydromorfológie tokov je zohľadnenie hydromorfológie ako dynamického procesu (nie statického) a preto sa zakladá na zdokumentovaní a hodnotení fyzikálnych procesov (nie iba ich dôsledkov), ktoré sú kľúčové pre hydromorfologický stav toku, prierečnej zóny a inundácie. Z hľadiska aplikácie aktualizovaná metodika zohľadňuje procesy v hierarchickom časovo-priestorovom členení povodia. Vypracovanie aktualizovanej metodiky sa zakladá na:

- pozitívnych skúsenostiach a poznatkoch, získaných z praktickej aplikácie oboch existujúcich metodík (VÚVH, SHMÚ)
- výsledkoch revízie CEN normy (EN 14614:2004) pre hodnotenie hydromorfológie tokov
- poznatkoch, výsledkoch a záveroch projektu REFORM (2015) z oblasti posúdenia metód na hodnotenie hydromorfologickej kvality tokov, ktoré používajú členské štáty EÚ (*Hydromorphology and ecological objectives of WFD. In Restoring rivers FOR effective catchment Management*) a tiež z oblasti možností zlepšenia metodických postupov hodnotenia hydromorfológie a návrhu nového metodického postupu (*Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index – MQI. In Restoring rivers FOR effective catchment Management*).

- relevantných poznatkoch získaných z účasti na odborných pracovných stretnutiach ECOSTATU (problematika hydromorfológie), v expertnej skupine *“Ad hoc Target group on Hydromorphology”*, a aktívnej účasti na revízii CEN noriem

Vzhľadom k tomu, že revízia CEN noriem pre hodnotenie hydromorfológie (CEN EN 14614:2004, CEN EN 15843:2010) ešte nie je ukončená, bolo potrebné rozdeliť metodiku do dvoch častí. Prvá časť metodiky, ktorá je pripravená v súlade s prvou revidovanou CEN normou (EN 14614:2004, definitívne schválenie sa očakáva júni 2019) a ktorá je obsahom tejto správy, identifikuje základné **hydromorfologické indikátory** zohľadňujúce fyzikálne procesy, pôsobiace v rôznych časových a priestorových mierkach a popisuje metódy ich stanovenia (terénne prieskumy a kancelárske práce).

Podstatné zlepšenie sa očakáva aj v oblasti identifikovania a posúdenia vplyvu tlakov na hydromorfológiu a to v nadväznosti na hodnotenie fyzikálnych procesov. Sú to práve tlaky, ktoré umožňujú definovanie príčin modifikácie rieky a určenie miery tohto ovplyvnenia, ako aj formulovanie opatrení pre možnosti nápravy.

Predpokladáme, že druhá časť metodiky, ktorá bude obsahovať spôsoby klasifikácie (klasifikačné schémy), bude ukončená v nadväznosti na prebiehajúcu revíziu druhej CEN normy (CEN EN 15843:2010 – revízia začína v roku 2019 – predpoklad ukončenia je do dvoch rokov), ktorá je zameraná na túto problematiku. Zostavenie systému hodnotenia a klasifikácie si bude vyžadovať rozsiahlejšie testovanie na rôznych morfológicky odlišných typoch tokov a tiež odbornú diskusiu so zástupcami SHMÚ (v súčasnej dobe zodpovední za monitorovanie a hodnotenie prirodzených tokov SR). V tejto súvislosti môže dôjsť ešte k určitým korekciám aj v prvej časti metodiky. Po ukončení systému klasifikácie budú obe časti metodiky spojené do jedného komplexného materiálu.

Metodika *“Hodnotenie hydromorfologickej kvality riek pre stanovenie ekologického stavu”* (akronym: HYMOK/HYMOQ) je zostavená tak, aby vyhovela nielen aktuálnym požiadavkám RSV v oblasti hodnotenia hydromorfológie vodných útvarov (ECOSTAT, revízie CEN normy), ale aby bola zároveň aj dobrým a spoľahlivým návodom pre monitorovanie hydromorfologických zmien riek SR aj pre iné účely (vodohospodárske, revitalizačné, ekologické, atď.). Z tohto pohľadu bude mať metodika širší rozsah aplikovateľnosti.

4. ANALÝZA METÓD HYDROMORFOLOGICKÉHO HODNOTENIA

4.1 Prehľad metód používaných na hodnotenie hydromorfológie v krajinách EÚ

Stručný súhrn poznatkov a záverov získaných z posúdenia rôznych metodík hodnotenia hydromorfológie vodných tokov používaných v EÚ v súvislosti s implementáciou RSV, ktoré sa vykonalo v rámci projektu REFORM (2015, D1.1 *Review on eco-hydromorphological methods*“, úloha: 1.1 *Existing ecological and hydromorphological methods*) uvádzame preto, že získané poznatky viedli k návrhu nového postupu, ktorý znamená zásadnú zmenu v doteraz najčastejšie používaných metódach **“hodnotenia kvality fyzikálnych habitátov“** (v SR metodika SHMÚ: *Metóda hydromorfológických prvkov kvality*, SHMÚ, 2006). Okrem toho výsledky projektu REFORM (2015) viedli aj k zahájeniu revízie normy CEN EN 14614:2004 Kvalita vody: Návod na hodnotenie hydromorfológických vlastností tokov (CEN/TC 230/ WG 25/ N159), a tiež druhej časti CEN EN 15843:2010 Kvalita vody. Návod na určovanie stupňa modifikácie hydromorfológických tokov, ktorá sa sústreďuje na samotné hodnotenie hydromorfológického stavu (aktualizácia začne v 2019). Obe tieto normy boli pôvodne zostavené pre potreby implementácie Rámcovej smernice o vode a to v oblasti:

- Metodických postupov pre vymedzenie výrazne zmenených vodných útvarov (HMWB)
- Metodických postupov pre monitorovanie a hodnotenie hydromorfológie vodných útvarov ako súčasti hodnotenia ekologického stavu.

Ekologické a hydromorfológické metódy hodnotenia stavu vôd v mnohých krajinách EÚ boli často zostavené s veľmi odlišnými cieľmi a indikátormi, s využitím rôznych dát, rôznych postupov a mierok (priestorových a časových). Charakteristiky týchto metód a hlavné rozdiely medzi nimi, ich silné a slabé stránky, nie sú vždy dostatočne jasné, čo sa považuje za nedostatok pre budúci monitoring riečnych podmienok v európskych krajinách hlavne v kontexte implementácie RSV. To platí najmä pre oblasť hydromorfológie, ktorá je v RSV relatívne novou disciplínou, ktorá však musí byť zahrnutá do celkového hodnotenia riečnych podmienok. Táto nejednotnosť metodických postupov obmedzuje a často úplne vylučuje porovnateľnosť dosiahnutých výsledkov medzi jednotlivými členskými štátmi EÚ.

Od začiatku 80-tych rokov boli zostavené viaceré metódy a protokoly pre charakterizovanie a vyhodnotenie fyzikálnych podmienok tokov, ktoré možno pomenovať ako **“prieskum riečnych habitátov“** alebo **“hodnotenie fyzikálnych habitátov“** (napr. Platts a kol, 1983; Raven a kol.1997; Ladson a kol. 1999; LAWA, 2000, 2002a, b). Urobili sa aj určité pokusy smerom k šandardizácii týchto metód (napr. CEN,2002, Parson a kol., 2004). Dôsledkom širokej rozmanitosti dostupných metód hodnotenia hydromorfológie tokov bol v mnohých prípadoch práve tento postup (**“hodnotenie fyzikálnych habitátov“**) identifikovaný ako postup, ktorý vyžaduje Rámcová smernica o vode.

I keď prieskum *“fyzikálnych habitátov”* môže byť užitočný pre charakterizovanie ekosystémov, použitie takýchto metód pre pochopenie fyzikálnych procesov a príčin modifikácie vodných tokov je ovplyvnené množstvom obmedzení (Fryiers a kol, 2008). Fryiers a kol. (2008) konštatoval, že je potrebné striktne rozoznávať medzi tzv. riečnym auditom, ktorý reprezentuje napr. metóda *“hodnotenia fyzikálnych habitátov”* a hodnotením riečnych podmienok (napr. Healey a kol., 2012). Metódy *“hodnotenia fyzikálnych habitátov”* sa predovšetkým sústreďujú na zber údajov, ktoré generujú informácie o výskyte a frekvencii fyzikálnych habitátov (nazývané aj prvky hymo kvality), zatiaľ čo metódy *„hodnotenie riečnych podmienok“* sa orientujú na obe premenné *„tlaky“* i *„dôsledky“* (hydromorfologické i biologické indikátory) a vytvárajú tak predpoklady pre jasné pochopenie vzťahu tlakov a dôsledkov (príčina-účinnok), ktorý triedi pozorované zmeny systémovým spôsobom.

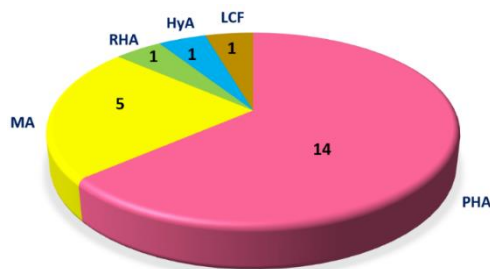
Poznanie dôležitosti geomorfologických podmienok v riečnych systémoch sa premietlo do snahy vyvinúť nové metódy hydromorfologického hodnotenia, ktoré by viac zohľadňovali geomorfologický prístup s výraznejším zohľadnením fyzikálnych procesov. Ako príklady takýchto metodických postupov uvádzame tri z nich: The River Styles Framework (Brierly and Fryiers, 2005), SYRAH CE (Syéme & Relationnel d’Audit de l’Hydromorphologie des Cours d’Eau, Chandesris et al., 2008), MQI (Morphological Quality Index; Rinaldi a kol., 2013). Z uvedeného vyplýva, že existuje pomerne veľká variabilita metód, ktoré môžu byť považované za *“metódy hydromorfologického hodnotenia”*. Preto sa v rámci projektu REFORM (*D1.1 “Review on eco-hydromorphological methods”*, úloha: **1.1 Existing ecological and hydromorphological methods**) vykonala rozsiahla preverka metodík pre hodnotenie eko-hydromorfológie, ktoré sa používajú v krajinách EÚ pri implementácii RSV (tab.4.1, obr.4.1). Preverka sa sústredila najmä na zhodnotenie silných i slabých stránok metodík, ich nedostatkov a posúdenie možností integrovania rôznych postupov ale aj formulovanie východísk pre ďalšie napredovanie.

V nasledujúcej časti uvádzame súhrn hlavných výsledkov tohto posúdenia s detailnejším zameraním na metódu *“hodnotenia fyzikálnych habitátov”*, ktorá sa najčastejšie používala v krajinách EÚ a tiež metódu *“morfologického hodnotenia”*, ktorá sa zakladá na geomorfologickom hodnotení vrátane posúdenia vzťahu morfologických charakteristík a tlakov na hydromorfológiu nakoľko tento postup je aj východiskom pre aktualizáciu metodiky v SR.

V tabuľke 4.1 sú uvedené základné kategórie metód, ktoré sa v krajinách EÚ používajú na hydromorfologické hodnotenie vodných útvarov v rámci implementácie RSV. Prehľad týchto metodík ukázal, že väčšina členských štátov EÚ (až 14 krajín) používa metódu tzv. *“Hodnotenia fyzikálnych habitátov”*, (*Physical habitat assessment, PHA*), ktorá je v SR pomenovaná ako metóda: *Hodnotenia hydromorfologických prvkov kvality* (SHMU, 2006).

Tab.4.1 Základné kategórie metodík hodnotenia hydromorfológie, ktoré sa používajú v krajinách EÚ

Č.	Počet metód v EÚ	Názov metódy – základné princípy hodnotenia
1	14	Hodnotenie fyzikálnych habitatov (<i>Physical habitat assessment</i> , PHA), táto kategória zahŕňa predovšetkým metódy identifikovania, prieskumu a hodnotenia fyzikálnych habitatov
2	1	Hodnotenie pririekovej zóny (<i>Riparian habitat assessment</i> , RHA) — táto kategória zahŕňa metódy špecificky vyvinuté pre charakterizovanie a hodnotenie habitatov a vegetácie pririekovej zóny
3	5	Morfologické hodnotenie (<i>Morphological assessment</i> , MA) – táto kategória zahŕňa metódy, ktoré sú viac zamerané na geomorfologický vývoj ako na hodnotenie fyzikálnych habitatov; hodnotené sú aj morfologické charakteristiky a/alebo antropogénne tlaky na hydromorfológiu
4	1	Zmeny hydrologického režimu (<i>Hydrological regime assessment</i> , HyA) – táto kategória zahŕňa metódy, ktoré sa špecificky zameriavajú na posúdenie modifikácie hydromorfologického režimu riek
5	1	Pozdĺžna kontinuita pre ryby (<i>Fish longitudinal continuity assessment</i> , LCF) táto kategória zahŕňa metódy, ktoré sú špecificky navrhnuté pre hodnotenie pozdĺžnej kontinuity z hľadiska priechodnosti pre rybie spoločenstvá



Obr.4.1 Podiel jednotlivých kategórií metód, používaných v členských štátoch EÚ na hodnotenie hydromorfológie riek pre potreby implementácie RSV (REFORM, 2015)

Ďalšie tri typy metodík: **Hodnotenie pririekovej zóny** (2) a **Zmeny hydrologického režimu** (4) sú špecificky zamerané na veľmi úzku oblasť morfológie alebo iba hydrológie (pririeková zóna, hydrologický režim) a v prípade metódy hodnotenie **Pozdĺžnej kontinuity pre ryby** (5) prevažujú hydrobiologické kritéria. V týchto metódach však chýba hodnotenie ďalších veľmi dôležitých hydromorfologických charakteristík rieky, tlakov a fyzikálnych procesov. Tieto tri metodické postupy sa však pre hodnotenie hydromorfológie používajú len veľmi zriedka (každá metóda iba v jednej krajine).

Metódy “Hodnotenia fyzikálnych habitátov”

Cieľom metód *Hodnotenie fyzikálnych habitátov* je charakterizovanie fyzikálnych habitátov rieky, heterogenity a štruktúry ekosystému. Tieto metódy môžu mať určitý ekologický význam. Ich hlavnou nevýhodou však je, že neumožňujú hodnotenie fyzikálnych procesov a tým aj správne identifikovanie príčin modifikácie riek a to najmä preto, že v rámci prieskumov sa zaznamenáva celá séria príčin na pomerne krátkych úsekoch riek (príliš malé mierky), s vysokým stupňom podrobnosti (často príliš detailný popis), avšak bez uváženia časovej postupnosti a variability riečneho systému (nie je v metóde zahrnuté).

Silné stránky metód:

- ✓ Poskytujú rámec, v rámci ktorého sú “habitátové jednotky” alebo “hydromorfologické prvky” efektívne inventarizované a následne použité pre charakterizovanie rozsahu fyzikálnych habitátov, heterogenity a štruktúry ekosystému
- ✓ Niektoré z týchto metód zahŕňajú aj špecifické prvky ekologického významu (napr. výskyt refúgií, zatienenie, atď.), čo môže byť užitočné pre identifikovanie prepojenia na biologické spoločenstvá a ekologické hodnotenie
- ✓ Pokiaľ niektoré z týchto metód sú vhodné pre detailné charakterizovanie fyzikálnych habitátov (napr. RHS, LAWA, atď.), ďalšie obsahujú rýchlejší prieskumný protokol a sú osožnejšie pre celkové hodnotenie habitátových podmienok (napr. MHR, DHQI)

Istú dobu sa metóda “Hodnotenie fyzikálnych habitátov” považovala za ekvivalent k hydromorfologickému hodnoteniu. Na základe poznatkov z geomorfológie je však už zrejmé, že táto metóda reprezentuje iba jeden komponent hydromorfologického hodnotenia (REFORM, 2015). Použitie metódy “Hodnotenia fyzikálnych habitátov” pre pochopenie fyzikálnych procesov a príčin modifikácií riek sa stretáva s celým radom obmedzení (Fryiers a kol., 2008, Entwistle a kol., 2011), z ktorých uvádzame tie najvýznamnejšie:

Slabé stránky metód:

- Mierka alebo rozsah prieskumu: v mnohých prípadoch je dĺžka úseku pre terénny prieskum zhodná s dĺžkou úseku pre celkový prieskum, naviac táto dĺžka je často fixná a pohybuje sa rádovo v niekoľkých sto metroch. Takéto dĺžky sú pre spoľahlivú diagnózu a interpretáciu akejkoľvek modifikácie väčšinou nedostatočné, nakoľko fyzikálne podmienky skúmanej lokality sú výsledkom procesov a príčin, ktoré pôsobia vo väčších mierkach – územných celkoch (údolný segment, krajinný celok).
- Riečny systém je popísaný “**statickým spôsobom**”, chýba v ňom časový faktor, v rámci ktorého pôsobia procesy vytvárajúce riečne koryto. Toto je považované za najväčší nedostatok týchto metód, pretože to neumožňuje správne pochopenie odozvy hydromorfológie rieky na existujúce tlaky (príčina - účinok), čo je nevyhnutným

predpokladom pre návrh a implementáciu vhodných a účinných revitalizačných opatrení (Kondolf et al., 2003a; Fryiers et al., 2008).

- Použitie referenčných podmienok, ktoré vychádza zo štatistickej analýzy empirických údajov referenčnej oblasti môže byť tiež limitujúcim faktorom týchto metód. Problematický môže byť už samotný výber referenčných úsekov, najmä v prípade, ak sú zastúpené viaceré odlišné morfológické typy. Použitie „*prirodzených úsekov*“ je tiež otáznave, nakoľko úseky tokov bez umelých prvkov resp. bez ľudských zásahov môžu byť morfológicky ovplyvnené zásahmi, ktoré sa vyskytujú a pôsobia (v súčasnosti alebo aj v minulosti) v rámci širšieho povodia (nad/pod danou lokalitou).
- V kontexte s predošlým bodom, metódy „*Hodnotenia fyzikálnych habitatov*“ majú tendenciu definovať veľmi dobrý stav (referenčný stav) na základe prítomnosti veľkého počtu „hydromorfológických prvkov“ (morfológické útvary - napr. ostrovy, lavice). Preto mnohé z týchto metód implicitne definujú podmienky veľmi dobrého stavu - ako stavu, keď má rieka maximálnu morfológickú diverzitu a to pre všetky morfológické typy riek, bez ohľadu na skutočnosť, že v mnohých prípadoch „prirodzené“ geomorfológické štruktúry konkrétneho typu toku môžu byť veľmi jednoduché (menej morfológických prvkov), zatiaľ čo v iných prípadoch sú podstatne komplexnejšie (Fryiers, 2003).

Metódy „Morfológického hodnotenia“

Metódy „*Morfológického hodnotenia*“ zohľadňujú fyzikálne procesy v príslušných časových a priestorových mierkach. Hlavné obmedzenie tejto metódy je spojené s komplexnosťou chápania fyzikálnych procesov, čo si vyžaduje, aby tieto metódy boli používané odborníkmi. Hodnotenie je často obmedzené existenciou a dostupnosťou údajov (najmä historické: mapy, fotografie, GIS dáta).

Silné stránky metódy:

- ✓ V porovnaní s predchádzajúcou kategóriou, tieto metódy používajú robustnejší geomorfológický prístup, ktorý integruje diaľkový prieskum zeme a terénny prieskum, s uvažovaním pôsobenia fyzikálnych procesov vo vhodných časových a priestorových mierkach. Takýto postup umožňuje lepšie pochopenie vzťahu príčina – účinok.
- ✓ V mnohých prípadoch základná priestorová jednotka, na ktorú sa aplikuje hodnotiaci postup sa zhoduje s „úsekom“ (‘*reach*’ - je to úsek rieky, pozdĺž ktorého sú okrajové podmienky rovnaké - bežne je to niekoľko kilometrov), čo možno z geomorfológického hľadiska považovať za dostatočné.
- ✓ V niektorých prípadoch (napr. metóda MQI) je časový komponent explicitne zahrnutý v historickej analýze zmien koryta, čo poskytuje hlbší pohľad na príčiny modifikácie riek v danom období ako aj možnosti prognózovania budúcich morfológických zmien.

Niektoré z vyššie uvedených silných stránok môžu však byť do určitej miery aj limitujúcimi faktormi:

- Vo všeobecnosti je hodnotenie fyzikálnych procesov obtiažne. Správne posúdenie fungovania procesov je určite náročnejšie ako jednoduchá inventarizácia existujúcich útvarov (hymo prvkov). Dôkladné hodnotenie procesov vyžaduje zber výsledkov meraní realizovaných v rôznych časových obdobiach a pre rôzne typy procesov (napr. erózia brehov, alebo sedimentácia v koryte resp. v inundácii) a/alebo kvantitatívne numerické modelovanie riečnych procesov, prípadne analýzy dlhodobých zmien režimu týchto procesov (napr. zmeny transportu sedimentov alebo zmeny koryto-tvorného prietoku). Toto sú náročné činnosti vyžadujúce vysokú odbornosť skúsených fluvialných geomorfológov, čo môže najmä v kontexte praktickej realizácie hydromorfológického hodnotenia agentúrami prípadne správcami tokov predstavovať určitý problém. Kvôli týmto praktickým dôvodom sa často uprednostňuje zaznamenávanie indikátorov procesov na základe statického vizuálneho hodnotenia výskytu alebo absencie aktívnych procesov (v teréne alebo na základe diaľkového prieskumu zeme). V iných prípadoch je vyhodnotenie založené na prítomnosti umelých prvkov v koryte u ktorých sa predpokladá významný vplyv na niektoré procesy. Napríklad pri výskyte priečných objektov (bariér) na tokoch sa často predpokladá, že tieto objekty majú vplyv na transport sedimentov a ich kontinuitu bez ďalšieho kvantitatívneho zhodnotenia významnosti ich vplyvu.
- Jednou z výhod tejto skupiny metód je časový faktor, ktorý je niekedy explicitne zahrnutý v posúdení zmien koryta (zmeny koryta v čase). Avšak takéto analýzy sú často náročné, vyžadujú si odborníkov a špecifické znalosti z oblasti GIS analýz (analýzy polohových zmien koryta/brehov). Ďalej aj definovanie časového intervalu je otáznne. V niektorých prípadoch sa pri identifikovaní historických podmienok riečneho koryta automaticky predpokladá, že stav z minulosti sa zhoduje s nenarušeným prirodzeným stavom, čo nemusí byť vždy pravda.
- Pri týchto metódach je dôraz kladený na fluvialne útvary a procesy, ktoré pôsobia v rámci širších časových a priestorových mierok. V týchto metódach sa menej pozornosti venuje systematickej inventarizácii morfológických prvkov a charakterizovaniu morfológie rieky, čo je potrebné pre následné charakterizovanie ekosystému (toto je prednosťou metódy fyzikálneho hodnotenia).
- Tieto metódy hodnotia morfológické podmienky výlučne prostredníctvom fyzikálnych útvarov a procesov, často bez prepojenia dôsledkov na ekologický stav i keď je známe, že fungovanie fyzikálnych procesov a "dynamická rovnováha" podporujú diverzitu a fungovanie ekosystému.

Zhrnutie: Výsledky projektu REFORM (2015) i praktické skúsenosti z monitorovania a hodnotenia hydromorfologických zmien riek ukázali, že hlavným nedostatkom metód **“hodnotenia fyzikálnych habitatov”** (physical habitat assessment), ktoré sa najviac používajú v krajinách EÚ, je chýbajúce hodnotenie fyzikálnych procesov (príčina-účinnok modifikácie). V rámci piatich kategórií hmo metód používaných v EÚ (tab.4.1, obr.4.1) hodnotených v projekte REFORM (2015) sa ako najvhodnejšia ukázala metóda **“morfologického hodnotenia”** avšak aj táto má svoje limity. Preto návrh novej metódy na posúdenie hydromorfológie riek by mal vychádzať najmä zo silných stránok oboch vyššie uvedených metód. Pre ďalší progres uvádza projekt REFORM nasledovné odporúčania:

- Zlepšenie chápania vzťahu medzi organizmami a hydromorfologickými tlakmi
- Metódy musia vychádzať z hodnotenia fyzikálnych procesov
- Identifikovanie vhodnej časovej a priestorovej mierky pre aplikovanie metódy a prepojenie procesov v rámci aplikovania hierarchickej priestorovej mierky
- Metóda by mala zahŕňať všetky komponenty hydromorfologického hodnotenia, teda: morfológiu, hydrológiu, fyzikálne a pririečne habitaty, kontinuitu pre sedimenty /ryby)
- Potreba zlepšenia metódy fyzikálnych habitatov a to zahrnutím geomorfologického prieskumu a hodnotenia, ako aj zlepšením terminológie

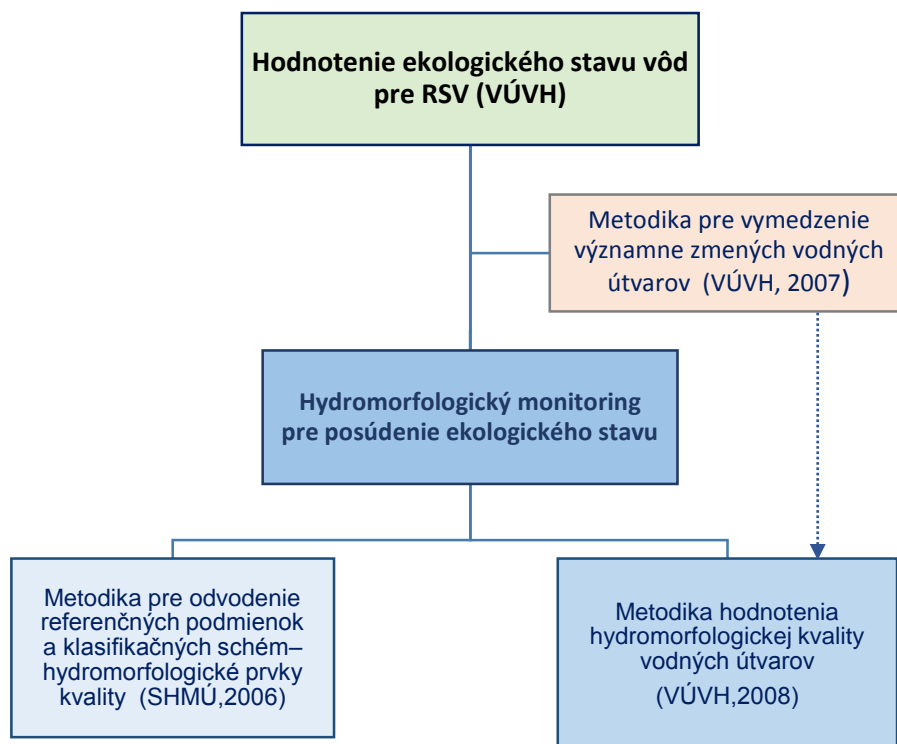
4.2 Súčasný stav v SR, možnosti zlepšenia a zjednotenie metodiky

Pre potreby implementácie RSV na Slovensku boli vypracované dve metodiky pre monitorovanie a hodnotenie hydromorfologického stavu vodných tokov SR (ako súčasti posúdenia ekologického stavu vôd) a jedna metodika pre vymedzovanie výrazne zmenených vodných útvarov (HWMB), ktorá bola použitá pri testovaní vodných útvarov pre RSV:

- Metodika pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd – Hydromorfologické prvky kvality (SHMÚ, 2006)
- Metodika pre testovanie predbežne určených výrazne zmenených vodných útvarov (VÚVH, 2007)
- Metodika monitorovania a hodnotenia hydromorfologickej kvality vodných útvarov pre posúdenie ekologického stavu vôd SR (VÚVH, 2008)

Metodika *“Testovanie predbežne určených výrazne zmenených vodných útvarov”* sa zakladá na posúdení zmien hydromorfologických charakteristík vo vzťahu k rôznym antropogénnym tlakom (hydroenergetika, plavba, úpravy toku, protipovodňová ochrana, odbery vody, atď.) a preto boli niektoré dáta a postupy z tejto metodiky (najmä analýza tlakov a ich účinkov) využité aj pri vypracovaní *“Metodiky monitorovania a hodnotenia hydromorfologickej kvality vodných útvarov pre posúdenie ekologického stavu vôd SR”* (VÚVH, 2008). Schéma na obrázku 4.2 znázorňuje súčasný stav v oblasti metodických

postupov uplatňovaných pre hodnotenie hydromorfológie vodných útvarov v SR, ich vzájomné prepojenie i prepojenie na hodnotenie ekologického stavu vôd.



Obr.4.2 Schéma existujúcich metodík hodnotenia hydromorfológie vodných útvarov v SR, ich vzájomné prepojenie i prepojenie na hodnotenie ekologického stavu vôd

Metodika SHMÚ "Odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd – Hydromorfologické prvky kvality" (2006) je zameraná na hodnotenie hydromorfologických podmienok v prirodzených tokoch, resp. prirodzených úsekoch tokov. Metodika bola zostavená pre potreby odvodu typovo-špecifických referenčných podmienok a klasifikačných schém, so zameraním na hodnotenie hydromorfológie. Metodika popisuje základné informácie o princípoch a spôsobe hodnotenia a mapovania vodných útvarov na základe zberu informácií a údajov o hydromorfologických parametroch (mapové podklady, terénny prieskum), ktoré vstupujú do hodnotenia (sprievodný a hodnotiaci protokol). Táto metodika bola oficiálne schválená pre hodnotenie hydromorfológie vodných útvarov pre potreby ekologického hodnotenia stavu vôd SR v rámci implementácie RSV. Patrí do kategórie metodík "hodnotenia fyzikálnych habitatov", ktorá sa tiež označuje ako metóda "hydromorfologických prvkov kvality". Do tejto kategórie bola začlenená aj v rámci posúdenia hydromorfologických metodík v projekte REFORM (2015). Má teda pozitíva a negatíva, ktoré sú pre túto kategóriu všeobecne popísané v predošlej časti. Táto metodika má však aj ďalšie pomerne významné obmedzenie, ktoré sa vzťahuje na rozsah jej aplikovateľnosti, keďže je navrhnutá pre hodnotenie hydromorfológie prirodzených tokov, resp. prirodzených úsekov

tokov. Metodiky hymo hodnotenia by mali byť aplikovateľné univerzálne na všetky typy vodných tokov bez ohľadu na mieru ich modifikácie – teda upravené i prirodzené toky. V rámci implementácie RSV v SR sa metodika SHMÚ používala na výhradne na hodnotenie hymo stavu prirodzených vodných útvarov. Od roku 2006 sa vykonali v metodike určité modifikácie avšak hlavné princípy metodiky zostali rovnaké.

Metodiku VÚVH *“Monitorovanie a hodnotenie hydromorfologickej kvality vodných útvarov pre posúdenie ekologického stavu vôd SR”*, z hľadiska jej základných princípov možno zaradiť skôr do kategórie metód *“Morfologického hodnotenia”* i keď kombinuje aj niektoré postupy metód *“hodnotenie fyzikálnych habitatov”*. Metóda sa sústreďuje na hodnotenie hydromorfologickej kvality vodných útvarov na základe posúdenia vplyvu tlakov na dynamiku fluviálnych procesov a morfológické charakteristiky vodných tokov. Podklady, informácie a ďalšie dáta potrebné pre hodnotenie sa získavajú analýzou súčasných i historických máp v prostredí GIS, detailným terénnym prieskumom na vymedzenom úseku (variabilná dĺžka, závisí od šírky 20 až 25 B), kde sa vykonávajú aj priame merania a prehliadky toku v stanovenej dĺžke nad a pod “úsekom”. Časový faktor je zahrnutý v analýze odchýlok od referenčného stavu (historické mapy) a v postupnosti pôsobenia tlakov (obdobie: vykonania úpravy rieky, výstavby objektov, ťažba dnových sedimentov, atď.). Okrem toho sa využívajú aj všetky dostupné informácie o technických zásahoch do vodných tokov (súpis tlakov, SVP, š.p.), ktoré sa zozbierali v rámci implementácie *“Metodiky pre testovanie predbežne určených výrazne zmenených vodných útvarov”* (VÚVH). Výsledky analýz, pozorovaní a meraní sa zaznamenávajú do protokolu.

Metodika popisuje spôsoby stanovenia a hodnotenia hydrologických, morfológických a sedimentačných parametrov a charakteristík, ktoré sa využívajú pri stanovení riadiacich hydromorfologických indikátorov (zahŕňajú: pôdorysný tvar – odchýlka od referenčného stavu, pozdĺžny profil dna, hydromorfologická variabilita habitatov, laterálne konektivita, charakter prúdenia, pozdĺžna kontinuita- najmä sedimenty, hydrologický režim prietokov, príbrežná vegetácia, inundácia). Výsledné hodnoty indikátorov vstupujú do klasifikačnej schémy, ktorej výsledkom je určenie príslušnej triedy celkovej hydromorfologickej kvality vodného útvaru. Klasifikačná schéma zahŕňa 5 tried kvality: 1 – veľmi dobrý stav, 2 – dobrý stav, 3 – priemerný stav, 4- zlý stav, 5 – veľmi zlý stav. Triedou 1 a 2 sú hodnotené prirodzené (1) alebo len veľmi mierne ovplyvnené (2) vodné útvary; triedou 3 sú hodnotené toky, ktoré sú v “riziku”, že nedosiahnu *“dobrý ekologický stav”* (GES), na takýchto tokoch je potrebné realizovať revitalizačné opatrenia, ktoré umožnia dosiahnuť GES; triedou 4 a 5 sú hodnotené výrazne zmenené vodné útvary (HMWB), kde je potrebné navrhnuť a realizovať nápravné opatrenia, ktoré umožnia dosiahnuť *“dobrý ekologický potenciál”*. V súlade s požiadavkami RSV,

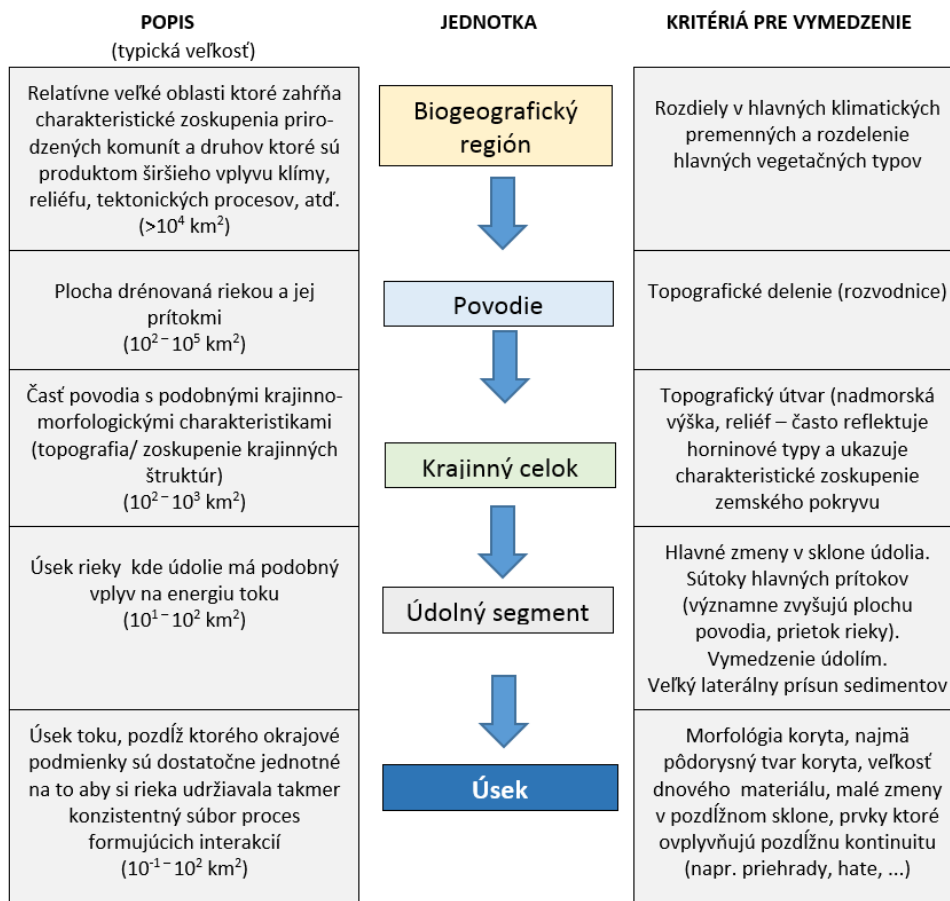
metodika umožňuje v rámci rovnakej klasifikačnej schémy aj osobitné hodnotenie hydromorfologických prvkov kvality: **hydrológia, morfológia a kontinuita**.

4.3 Revízia európskej normy pre hodnotenie hydromorfológie tokov CEN EN 14614:2004 (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159, 2015-2019)

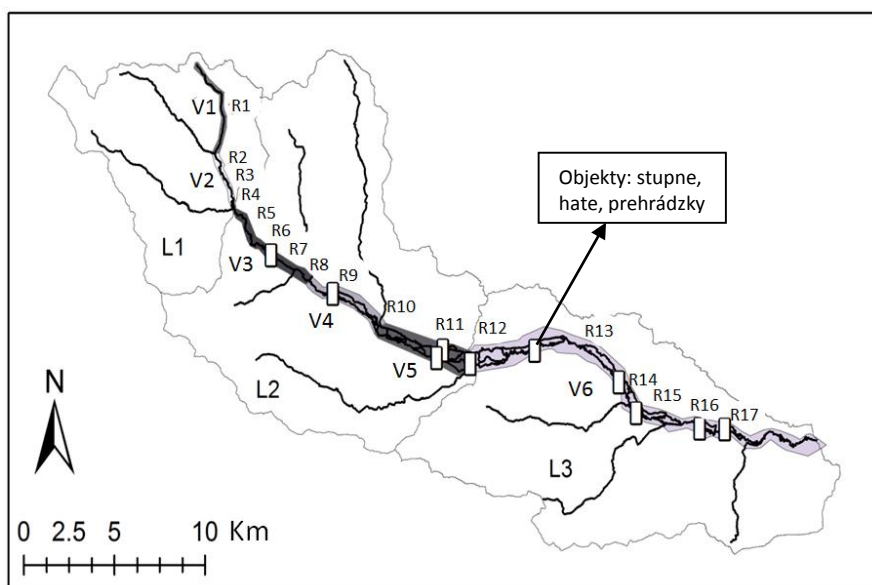
Revízia CEN noriem pre hydromorfológiu bola iniciovaná odbornou skupinou „*WFD C/S Working Group on Ecological Status*“ (ECOSTAT) a realizuje sa pod záštitou Európskej Komisie pre Štandardizáciu (European Committee for Standardization – CEN). Na revízii noriem, ktorú pripravuje úzky expertný tím –väčšinou fluvialných geomorfológov, sa podieľa aj zástupca zo Slovenska (VÚVH, Holubová). CEN norma EN 14614:2004 (2015-2019), ktorá sa revidovala ako prvá, je spolu s výsledkami projektu REFORM (2015) východiskom pre zlepšenie metodík hodnotenia hydromorfológie tokov používaných členskými štátmi EÚ. Preto v nasledujúcej časti uvádzame v stručnej forme aspoň hlavné ciele a princípy tejto normy, ktoré sú dôležité pre zostavenie zjednotenej metodiky.

Účel a rozsah revízie CEN normy: norma sa sústreďuje na nasledovné aspekty hydromorfológie: štruktúrne prvky tokov (hymo prvky), geomorfologické procesy a kontinuitu tokov. Vytvára základný metodický nástroj, ktorý by dostatočne popisoval štruktúrne prvky a procesy, ktoré musia byť zohľadnené pri charakterizovaní a hodnotení hydromorfológie tokov. Pre zostavenie aktualizovanej normy sa využili poznatky a skúsenosti, ktoré boli získané z testovania metodík vyvinutých, testovaných a porovnávaných v Európe. Jej hlavným cieľom je **zlepšenie porovnateľnosti metód hydromorfologického hodnotenia, spracovania údajov a interpretácie výsledkov v rámci krajín EÚ**. I keď táto norma má osobitný význam pre implementáciu RSV a to poskytnutím usmernenia pre hodnotenie hydromorfologickej kvality, norma má oveľa širší rozsah aj pre iné aplikácie. Hoci hydromorfológia závisí na hydrológii a geologickom podloží, norma sa sústreďuje na štruktúrne prvky riek, geomorfologické procesy a riečnu kontinuitu. Je zrejmé, že vplyv hydromorfológie na ekológiu fauny a flóry je značný, avšak norma sa touto problematikou detailnejšie nezaobrá. Vplyv bioty na hydromorfológiu je zohľadnený tam, kde je tento vplyv významný.

V norme je popísaný štandardný protokol, ktorý je možné použiť na zaznamenávanie fyzikálnych prvkov a hodnotenie procesov riečnych korýt, brehov, pobrežných zón a záplavových území. Rozsah prvkov a procesov, ktoré sa majú brať do úvahy, a metódy použité na hodnotenie sa môžu líšiť v závislosti od charakteru rieky a cieľov štúdie. Norma poskytuje spoločný rámec pre rôzne metódy, ktorých detaily možno nájsť v odkazoch citovaných v Bibliografii. Usmernenie sa sústreďuje na charakteristiky, ktoré by sa mali používať na definovanie hydromorfologických **“typov riek”** a na ďalšie posúdenie hydromorfologickej integrity prostredníctvom porovnania s referenčnými podmienkami.



Obr.4.3 Priestorové jednotky, ktoré riadia procesy ovplyvňujúce hydromorfológiu riečnych “úsekov”, ich typická veľkosť a kritériá, ktoré môžu byť použité pre ich vymedzenie (CEN EN 14614:2004)



Obr.4.4 Príklad vymedzenia priestorových jednotiek v rámci malého povodia rieky, ktoré je rozdelené na 3 krajinné jednotky (L1-L3), 6 údolných segmentov (V1-V6), a 19 úsekov (R1-R19)

V norme sa uznáva, že rieky sú dynamické a preto pozorovanie spôsobu, akým sa menili v minulosti, pomáha pochopiť ich súčasný stav, ako by mohli vyzerat' v menej modifikovanom (referenčnom) stave a tiež ako sa môžu meniť v budúcnosti. Výber fyzikálnych prvkov a procesov pre prieskum a hodnotenie závisí od geografickej polohy a účelu zadania, pričom niektoré z nich budú vhodné pre charakterizovanie hydromorfologických typov, niektoré pre hodnotenie a niektoré pre oboje.

Prieskum hydromorfológie v čase a priestore: Hydromorfologické prvky určitej konkrétnej dĺžky toku nazvané "úseky" reflektujú biogeografický región, v ktorom sú umiestnené. Tieto prvky sa menia pozdĺž toku v čase a v závislosti na lokálnom sklone, prietoku, pohybe sedimentov a vegetácie, rovnako ako v závislosti od zásahov človeka (tlaky), ktoré spôsobujú narušenie procesov v koryte toku ako aj v širšom povodí. Rieky môžu reagovať na množstvo faktorov, ktoré pôsobia v odlišných časových obdobiach. Mnohé z týchto prvkov sú silne ovplyvnené charakteristikami a procesmi pôsobiacimi mimo riečneho "úseku", najmä na povrchu plochy povodia v rôznych krajinných jednotkách a tiež v rámci údolného segmentu, ktorý obsahuje "úsek". Preto je dôležité nielen identifikovať prvky a procesy pôsobiace v riečnom "úseku", ale tiež pochopiť, ako súvisia s procesmi prebiehajúcimi v povodí rieky, krajine a údolí, v ktorom je "úsek" umiestnený (obr.4.3). Pochopením rozmiestenia "úsekov" a ich zmien v čase je možné zodpovedať nasledovné otázky:

- Prečo sa určité hydromorfologické prvky vyskytujú v rámci "úsekov"
- Ako sa menili v minulosti a tiež ako sa môžu zmeniť v budúcnosti
- Či prvky pozorované v konkrétnych "úsekoch" reagujú na prirodzené riečne procesy, tlaky a iné intervencie do riečneho systému, alebo na kombináciu oboch
- Či sa konkrétny "úsek" môže použiť ako referenčný stav pre hodnotenie a rehabilitáciu ďalších "úsekov" v konkrétnom krajinnom celku, povodí a biogeografickom regióne.

Detailnejší popis vymedzenia jednotlivých priestorových jednotiek možno nájsť v CEN norme, vo výstupoch z projektu REFORM (2015), ako aj v ďalšej odbornej literatúre.

Kancelárske práce: prvým veľmi dôležitým krokom v prieskume hydromorfológie tokov je prieskum, ktorý sa tiež označuje ako "kancelárske práce" – to zahŕňa získavanie informácií zo širokého rozsahu súčasných a historických zdrojov, vrátane máp, snímok diaľkového prieskumu zeme, časové rady (napr. prietokov) a ďalších zdrojov ako sú technické záznamy (objekty na tokoch, opevnenie brehov/dna, ťažba sedimentov, atď.), ktoré sa vzťahujú k danej lokalite, vrátane výsledkov z predchádzajúcich terénnych prieskumov.

V rámci takéhoto prieskumu sa vykonáva dôležitý krok, ktorým je vymedzenie priestorových jednotiek v rámci povodia (obr.4.3) a ich charakteristika. Zbierajú sa informácie o povodí v jeho odlišných krajinných oblastiach, údoliach a riečnych úsekoch, vrátane informácií o zmenách,

ktoré sa mohli vyskytnúť v minulosti. Všade, kde je to možné, by takéto zmeny mali byť preskúmané v období posledných 100 rokov alebo v období, ktoré je ohraničené hlavnými inžinierskymi zásahmi do riečnej siete.

Terénny prieskum: poskytuje ďalší zdroj dôležitých informácií pre dôsledné charakterizovanie riečnych úsekov. Vzhľadom k tomu, že terénny prieskum je finančne a časovo náročný, je možné v prípade príliš dlhých úsekov ešte ich rozdeliť na "sub-úseky". V oblastiach, ktoré sú ťažko prístupné – najmä na veľkých tokoch alebo tokoch v horskom prostredí - môže byť terénny prieskum nahradený detailným prieskumom pomocou kamier alebo dronov.

Vhodná kombinácia informácií a údajov získaných z prieskumu vykonanom v kancelárii s údajmi z terénneho prieskumu môže vytvoriť finančne efektívny program hydromorfologického prieskumu.

Ďalšie časti normy obsahujú detailný popis časovo - priestorového vymedzenia (kapitola 5) a charakteristiku hydromorfologických procesov pôsobiacich v jednotlivých priestorových jednotkách (kapitola 6). Samostatná časť je venovaná referenčným podmienkam, kde sú definované referenčné podmienky vo vzťahu k prirodzeným podmienkam a takmer prirodzené referenčné procesy a podmienky. Posledná časť sa zameriava na zabezpečenie kvality pri získavaní a analýze údajov. S tým súvisí aj požiadavka na zabezpečenie dostatočnej kvalifikácie a potrebných skúseností personálu, ktorý vykonáva hydromorfologický prieskum a hodnotenie tokov postupom, ktorý je v súlade so základnými princípmi revidovanej CEN normy. V tomto kontexte sa zdôrazňuje aj potreba zaškolenia.

V súčasnej dobe je k dispozícii iba anglický koncept revidovanej CEN normy EN 14614:2004 (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159), nakoľko ešte prebieha záverečné zapracovanie posledných pripomienok. Konečné schválenie sa predpokladá v júni 2019. Potom sa začne pracovať na revízii druhej CEN normy EN 15843:2010 (STN EN 15843 (75 7202) *Kvalita vody. Návod na určovanie stupňa modifikácie hydromorfologických tokov*).

V tabuľke č.4.2 sú uvedené komponenty (pozdlžna kontinuita, laterálna konektivita, pôdorysný tvar, pozdlžny profil a dnový materiál), prislúchajúce kľúčové procesy a morfologické charakteristiky. V tabuľke sú uvedené aj hlavné antropogénne vplyvy, ktoré vyvolávajú zmenu kľúčových procesov a následne aj zmeny morfologických charakteristík. V nasledujúcej tabuľke 4.3 sú k jednotlivým indikátorom špecifikované riečne procesy a morfologické charakteristiky, pomocou ktorých ich možno monitorovať a hodnotiť. Na schéme obr.4.5 sú tieto procesy a indikátory usporiadané v hierarchickom priestorovom členení.

Tab.4.2 Indikátory morfológických zmien (revidovaná CEN norma)

Komponenty	Kľúčové procesy	Morfológia	Antropogénne vplyvy
Pozdĺžna kontinuita	Prietok	Korytotvorný prietok	Zmeny prietokov a prúdenia (priehrad, vzdutia, odbery vody, HPP)
	Prietok sedimentov	Prietok plavenín Splaveniny	Zmena prietoku sedimentov (priehrad, stupne, hate, mosty...)
	Náplavové drevo		Zmena v množstve náplavového dreva transportovaného z horných úsekov (pričné bariéry)
Laterálna konektivita Pôdorysný tvar	Záplavy	Šírka a pozdĺžna kontinuita aktívnej inundácie	
	Prítok sedimentov zo svahov do koryta		Deliace prvky (cesty, ochrana proti zosuvom – stabilizácia) na svahoch priľahlých ku korytu rieky
	Brehové procesy	Veľkosť brehových sedimentov	Podiel opevnených brehov (%)
		Erodujúce brehy	
		Laterálne nanášanie brehov	
	Vlastné formovanie koryta	Šírka a pozdĺžna kontinuita erodovaného koridoru	Umelé zmeny trasy toku (odrezanie meandrov, kanalizácia, napriamanie toku, atď.), ochrana brehov, priehrad, hate, stupne
		Index sínusoidy, index divočenia, index vetvenia koryta, riečny typ	
		Výskyt, variabilita a rozsah korytových geomorfologických útvarov	
		Výskyt, variabilita a rozsah geomorfologických prvkov v nive rieky	
Pozdĺžny profil / priečny profil Dnový materiál (vrátane vertikálnej konektivity)	Vlastné formovanie koryta	Špecifická energia prúdu (pri korytovom prietoku a zodpovedajúcej šírke)	Objekty vplývajúce na zmeny pozdĺžneho profilu a/alebo priečného profilu (priečne bariéry – stupne, hate, priehrad, atď.)
		Úroveň dna (nadm.výška)	
		Sklon dna	
		Šírka pri plnom koryte	Zásahy pôsobiace na zmeny pozdĺžneho profilu a / alebo priečného profilu (ťažba sedimentov)
		Hĺbka pri plnom koryte	
		Vzťah šírka/hĺbka	
	Vlastné formovanie koryta	Variabilita priečn. profilu	Objekty alebo zásahy vplývajúce na zmenu zloženia dnových sedimentov (spevnenie dna, sklzy, rampy, odstraňovanie sedimentov)
		Veľkosť dnových sedimentov	
		Výskyt krycej vrstvy (armouring)	
		Kolmatácia	
			Odstraňovanie náplavového dreva

Tab.4.3 Sumár morfologických indikátorov (revidovaná CEN norma)

indikátor	Metódy stanovenia	Rozsah aplikácie
Pozdĺžna kontinuita		
1. Korytotvorný prietok	Terénne meranie max. ročného stavu – hydrometrická stanica	
2. Prietok plavenín	Terénne merania	
3. Prietok splavenín	Terénne merania	
Laterálna konektivita		
4. Šírka a pozdĺžna kontinuita aktívnej inundácie	RS – diaľkový prieskum zeme, terénny prieskum	
5. Veľkosť brehových sedimentov	Terénne merania	
6. Erované brehy	RS – diaľkový prieskum zeme, terénny prieskum	
7. Laterálne nanášanie brehov	RS – diaľkový prieskum zeme, terénny prieskum	
8. Šírka a pozdĺžna kontinuita erodovaného koridoru	RS – diaľkový prieskum zeme	
Pôdorysý tvar		
9. Index sínusoidy	diaľkový prieskum zeme terénne merania	
10. Index divočenia	diaľkový prieskum zeme terénne merania	
11. Index vetvenia (anastomóza)	diaľkový prieskum zeme terénne merania	
12. Riečny typ	diaľkový prieskum zeme terénne merania	
13. Výskyt, variabilita a rozsah korytových geomorfologických útvarov	RS – diaľkový prieskum zeme, terénny prieskum	
14. Výskyt, variabilita a rozsah geomorfologických prvkov v nive	RS – diaľkový prieskum zeme, terénny prieskum	
Pozdĺžny profil/priečny profil		
15. Úroveň dna (výška m n.m.)	Totálna geodetická stanica/GPS prieskum	
16. Sklon koryta alebo dna	batymetrický prieskum, terénne merania	
17. Šírka pri plnom koryte	RS – diaľkový prieskum zeme, terénny prieskum	
18. Hĺbka pri plnom koryte	Totálna geodetická stanica/GPS prieskum	
19. Vzťah šírka/hĺbka	batymetrický prieskum, terénne merania	
20. Špecifická energia prúdu	Vid'. 1,16 a 18	
21. Variabilita priečného profilu	Terénne určenie/ diaľkový prieskum zeme,	
Dnový materiál		
22. Veľkosť dnových sedimentov	terénne merania	
23. Krycia vrstva	terénne merania	
24. Kolmatácia	terénne merania	

4.4 Ďalší postup - východiská

Metóda “*hodnotenia hydromorfologickej kvality tokov*” (VÚVH) iba čiastočne spĺňa požiadavku zahrnutia fyzikálnych procesov aj ich priestorovú a časovú variabilitu, keďže jej zostavenie bolo ovplyvnené nutnosťou rešpektovať pôvodné verzie CEN noriem (CEN EN 14614:2004, CEN EN 15843:2010, obe orientované na metódy “*hodnotenia fyzikálnych habitatov*”), ktoré RSV odporúčala využiť ako základ pre zostavenie metodiky hodnotenia hydromorfológie tokov. V tejto súvislosti práve prebiehajúca revízia CEN noriem pre hydromorfológiu otvára nové možnosti pre zlepšenie existujúcich metód hydromorfologického hodnotenia a to na základe súčasných poznatkov geomorfológie. Návrh novej jednotnej metodiky pre hodnotenie hydromorfologickej kvality tokov (*Hodnotenie hydromorfologickej kvality tokov* -HYMOK) sa zakladá na:

- Využití skúseností, ktoré sa získali pri aplikácii metód monitorovania a hodnotenia hydromorfologickej kvality vodných tokov v SR (VÚVH, SHMÚ)
- Integrácií hlavných výsledkov projektu REFORM (2015) a revidovanej normy CEN EN 14614:2004 (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159) Kvalita vody: Návod na hodnotenie hydromorfologických vlastností tokov
- Využití poznatkov a postupov metodiky – *Morphological Quality Index (MQI)*, ktorá bola navrhnutá a testovaná v rámci projektu REFORM (2015) špecificky pre potreby RSV a jej prispôsobenie podmienkam v SR (súčasný stav vymedzenia vodných útvarov, dostupnosť geofyzikálnych, geologických, geografických a iných dát)

Základné princípy: hydromorfológia pôsobí **v dynamickom riečnom systéme**, preto sa metodika hodnotenia hydromorfológie zakladá na zdokumentovaní a hodnotení fyzikálnych procesov, ktoré sú kľúčové pre hydromorfologický stav toku, pririečnej zóny a inundácie. Z hľadiska aplikácie aktualizovaná metodika zohľadňuje procesy v hierarchickom časovo-priestorovom členení povodia. V tomto zmysle je potrebné:

- **Integrovať geomorfologickú klasifikáciu tokov (typológia)** do existujúceho systému vymedzených vodných útvarov SR (RSV), kde sa pri stanovení typológie uplatnili aj iné ako geomorfologické kritéria (výsledkom sú vodné útvary jedného typu s dĺžkou viac ako 150 km), keďže definovanie vodných útvarov nie je možné meniť, morfologická klasifikácia sa integruje do existujúceho systému;
- **Identifikovať vhodné časové a priestorové mierky (hierarchické členenie)** pre posúdenie vývoja fyzikálnych procesov a premeny morfológie tokov v čase a priestore; zohľadnenie časovej a priestorovej variability umožní správnu interpretáciu hodnotenia súčasného stavu na základe porovnania s predchádzajúcimi stavmi; umožní aj prognózovanie zmien

- **Zaškolenie personálu** - vzhľadom k tomu, že implementácia metodiky si vyžaduje skúsených fluvialných geomorfológov, je zaškolenie personálu nutným predpokladom k správne aplikovaniu metodiky hodnotenia hydromorfologickej kvality tokov

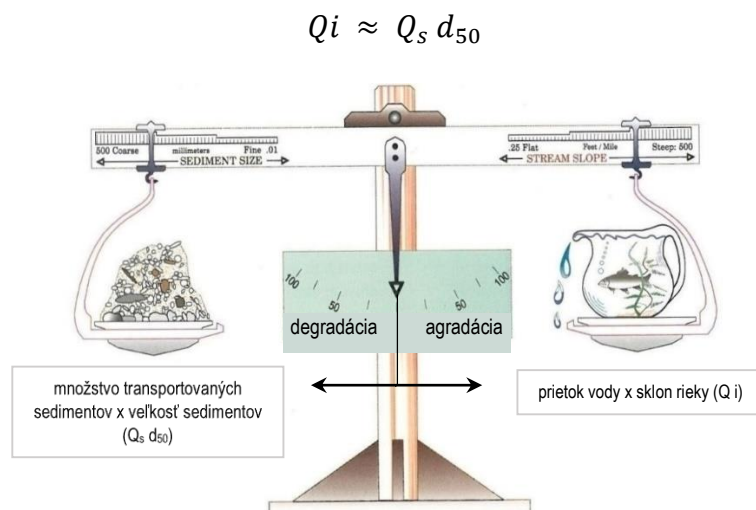
Rozsah aplikovateľnosti metodiky je širší ako len použitie pre monitorovanie a hodnotenie vodných útvarov SR v rámci RSV. Môže sa využiť na monitorovanie všetkých tokov bez ohľadu na mieru modifikácie, teda rovnako pre prirodzené, mierne alebo výrazne modifikované toky.

5. Morfológické charakteristiky a riečne procesy – základné pojmy

Rieky sú veľmi účinným eróznym a sedimentačným činiteľom, ktorý sa v priebehu určitého časového úseku v konkrétnom geologickom období významne podieľa na utváraní krajiny. V prvých fázach vývoja riečneho koryta predstavuje pôsobenie morfológických a sedimentačných procesov komplexnú interakciu medzi tzv. „*plnením a prázdnením systému*“. Obdobia stability sú na tokoch relatívne vzácne. Ak zásoby transportovateľného materiálu klesajú, riečny systém má tendenciu vytvoriť si stabilnejšie režimové podmienky. Počas pôsobenia procesov erózie a sedimentácie sa charakteristiky režimu prúdenia a transportu sedimentov systematickým spôsobom menia ako odozva k časovým a priestorovým zmenám v geometrii koryta a veľkosti dnového materiálu.

Rieky si prirodzene vytvárajú svoj tvar a dimenzie v závislosti od prietoku a zásob disponibilných sedimentov. Vytvorené habitáty sú neskôr kolonizované bezstavovcami, flórou a rybami, ktoré sú typické pre daný morfológický typ rieky.

Morfológické typy tokov sú teda determinované veľkosťou a typom dnového materiálu (d – priemer zrna) a sklonom rieky (i - sklon). Obe tieto charakteristiky sa obyčajne zmenšujú v smere po prúde (Leopold et. al., 1964). V procese interakcie vody s dnovými sedimentami a sklonom toku sa vytvára určitý typ koryta s charakteristickými dnovými útvarmi, rýchlostným profilom, drsnosťou koryta a transportom sedimentov.



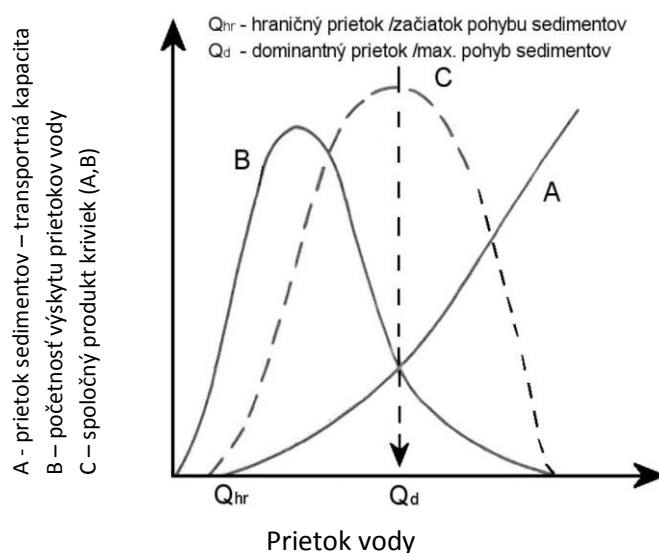
Obr.5.1 Schéma vzťahu základných premenných ktoré určujú fyzikálne procesy v riekach (Lane, 1955)

Lane (1955) interpretuje vzťah „stabilného koryta“ schematickým obrázkom (obr.5.1), na ktorom vzťah $Q_s d_{50} \sim Q_i$ reprezentuje proporionalitu medzi prietokom sedimentov (Q_s), prietokom vody (Q), veľkosťou sedimentov (d_{50}) a sklonom (i). Zmena ktorejkoľvek premennej spôsobí celý rad vzájomných modifikácií ďalších premenných, čo sa výsledne prejaví na

zmeny morfológických charakteristík rieky. Napríklad zmena v množstve sedimentov ovplyvňuje zmenu šírky, hĺbky a sklonu koryta rieky. Zmenené morfológické a hydraulické charakteristiky ovplyvňujú prietokovú kapacitu koryta, ktoré opäť vplývajú na zmenu množstva sedimentov.

5.1 Korytotvorný, dominantný prietok

Výraz *plné koryto* (*bankfull*) sa pôvodne používal k popisu začiatku zaplavovania inundácie. Zodpovedal stavu, keď je koryto naplnené vodou po úroveň brehov. Až v neskoršom období sa spojilo *plné koryto* s prietokom, ktorý je významný pre formovanie koryta. Podľa definície, ktorú uviedol Dunne a Leopold (1978), stav pri *plnom koryte* korešponduje s prietokom, pri ktorom je formovanie koryta najefektívnejšie, tento prietok transportuje sedimenty, formuje alebo odstraňuje riečne lavice, formuje alebo mení oblúky a meandre a teda všeobecnejšie je to prietok, ktorý vykonáva najviac práce pre formovanie koryta s priemernými morfológickými charakteristikami.



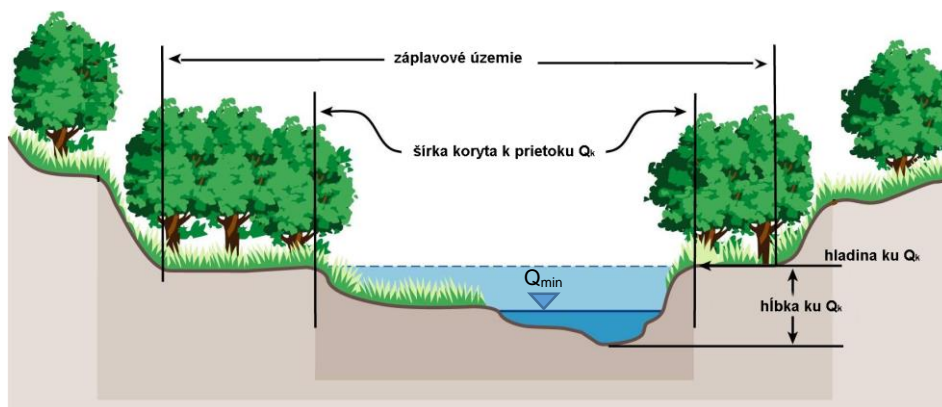
Obr.5.2 Vzťah medzi prietokom vody, transportnou kapacitou, frekvenciou výskytu a výsledným produktom frekvencie a transportnej kapacity (Wolman and Miller, 1960)

Empirický vzťah medzi prietokom v koryte a jeho geometriou bol zahrnutý napríklad už aj v teórii hydraulickej geometrie Leopold and Maddock's (1953). Kľúčovou otázkou však bolo identifikovanie hodnoty korytotvorného alebo dominantného prietoku. Najčastejšie sa používa definícia Wolmana a Millera (1960), ktorá označuje dominantný prietok ako prietok, ktorý prináša maximum transportovaných sedimentov. Neskôr sa korytotvorný prietok spája s prietokom, ktorý kumulatívne transportuje najviac sedimentov a označuje sa ako efektívny prietok (Andrews, 1980). Tak sa odvodil vzťah medzi dominantným prietokom, efektívnym prietokom a korytovým prietokom (Knight, 1984). Avšak stanovenie hodnoty korytotvorného

prietoku bolo spojené s problémami, nakoľko doba opakovania sa môže pohybovať v rozsahu medzi 1 až 32 rokov (Williams, 1978). Hey (1975) na základe pozorovaní uvádza, že doba opakovania korytotvorného prietoku pre štrkonosné toky je približne jeden rok, zatiaľ čo na tokoch s pieskovým dnom je to oveľa menej.

V súvislosti so stanovením korytotvorného prietoku sa riešila aj otázka vplyvu extrémnych povodní na formovanie koryta. V tejto súvislosti je to najmä geomorfologický význam menších a stredných povodní, ktoré sa vyskytujú niekoľkokrát do roka a extrémnych povodní, ktorých intenzita je veľká, ale s krátkym trvaním. Pre objasnenie tejto otázky Wolman and Miller (1960) spojil veľkosť povodne s jej dobou opakovania (početnosťou výskytu) a vyvrátil prevládajúci laický pohľad, ktorý pripisuje povodniam najväčší vplyv na formovanie koryta. Menšie prietoky s vysokou početnosťou výskytu sú v kontexte kumulatívneho transportu sedimentov významnejšie ako veľké povodne, ktoré sa vyskytujú zriedkavo. Tento vzťah je znázornený na grafe obrázku 5.2, kde krivky A a B sú zostavené osobitne a potom spoločne - krivka C. Wolman and Miller (1960) uvádza, že táto závislosť je platná v tokoch, kde pohyb sedimentov začína už pri relatívne nízkych prietokoch (toky s pieskovým dnom) a zároveň špecifikoval podmienky, pre ktoré táto závislosť neplatí:

- s rastúcou variabilitou prietokov sa zväčšuje percento transportovaných sedimentov pri vyšších prietokoch (povodne majú väčší vplyv v semi-aridných oblastiach)
- so zmenšovaním povodia toku sa zvyšuje množstvo transportovaných sedimentov vysokými prietokmi



Obr.5.3 Pôsobenie riečnych procesov pri vytváraní a formovaní riečneho koryta: hladina, šírka a hĺbka pri korytotvornom prietoku (Q_k), koryto nízkych prietokov (Q_{min}), inundačné územie

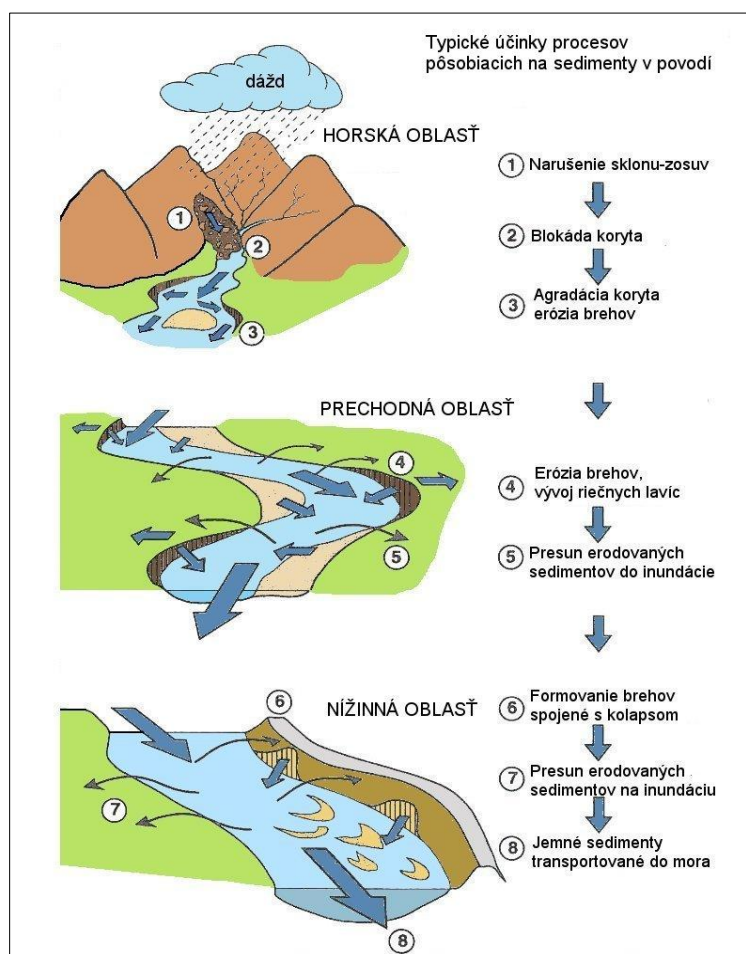
Korytotvorný prietok (Q_k) sa najčastejšie stanovuje ako prietok s pravdepodobnosťou výskytu 1,5 až 2 roky (Dunne a Leopold, 1978), avšak už bolo uvedené, že táto hodnota sa môže meniť v závislosti od konkrétnych fyzicko-geografických a hydrologických podmienok. Stanoveniu korytotvorného prietoku je potrebné venovať patričnú pozornosť najmä s ohľadom na jeho význam pre fyzikálne procesy pôsobiace v koryte. Konkrétna hodnota korytotvorného

prietoku by teda mala byť určená s ohľadom na konkrétne geomorfologické a hydrologické špecifiká každého toku, nakoľko aj viaceré hydromorfologické charakteristiky (vstupujúce do hodnotenia hydromorfologickej kvality) sa stanovujú práve k tomuto prietoku, napríklad: šírka koryta, pomer šírky a hĺbky – variabilita koryta (obr.5.3). Zmeny korytotvorného prietoku (Q_k) v danom časovom intervale naznačujú zmeny morfológie koryta, čo sa často využíva pri hodnotení hydromorfologickej modifikácie tokov. V tomto kontexte zvýšenú pozornosť treba venovať najmä stredným a veľkým tokom s aktívnym transportom splavenín.

Možnosti stanovenia: analýza hydrologických údajov a údajov o transporte splavenín, modelovanie transportnej kapacity, terénny prieskum.

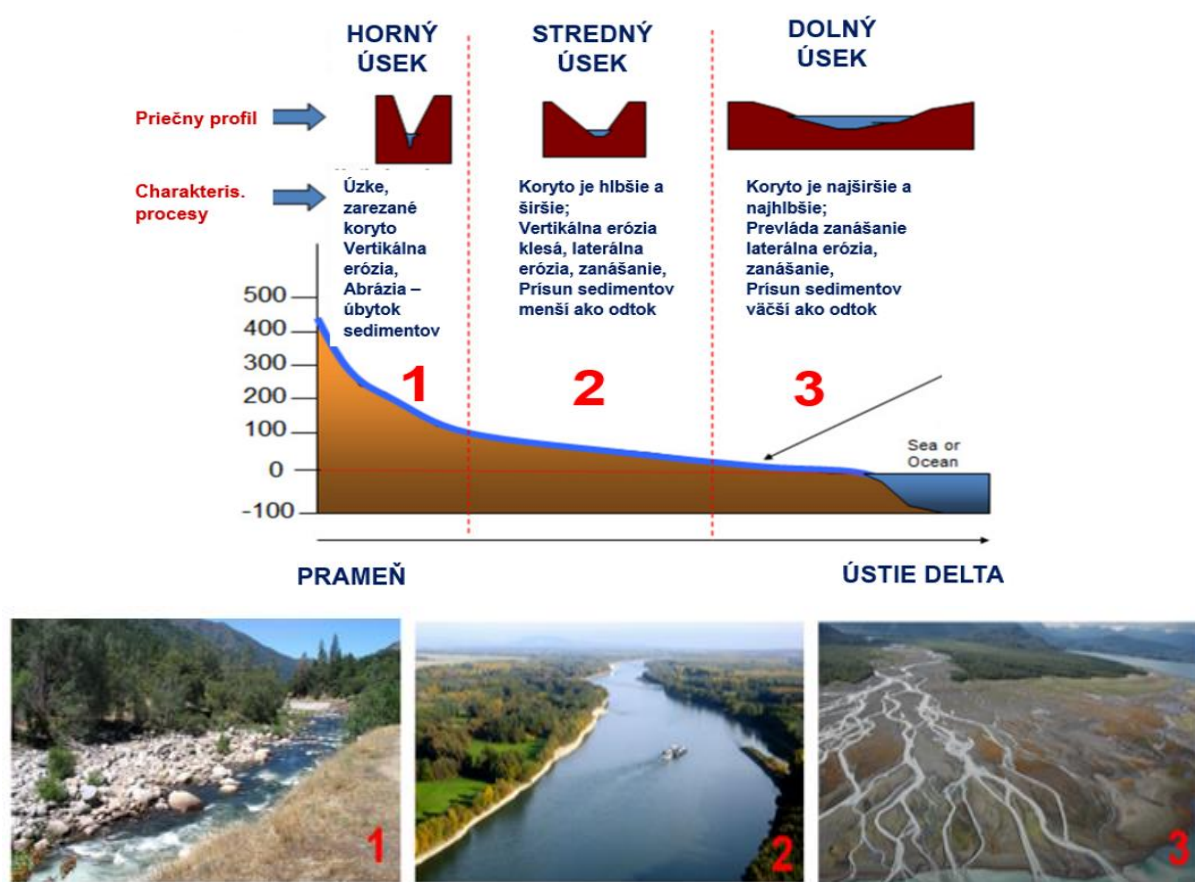
5.2 Kontinuita vytvárania riečnej siete

Morfológia koryta (veľkosť koryta, priečny profil, pozdĺžny profil, pôdorysný tvar) je výsledkom procesov erózie, transportu a sedimentácie, ktoré pôsobia v rámci určitých limitujúcich podmienok ovplyvnených geológiou a povrchom povodia. Preto aj systém sedimentov v riekach treba chápať ako kontinuum zásob, presunu a ukladania, ktorý pôsobí tak na úrovni *povodia*, ako aj na úrovni *úsekov riek*.



Obr.5.4 Typické účinky procesov pôsobiacich na sedimenty v povodí riek (Shear a Newson, 1993)

Shear a Newson (1996) na obrázku 5.4 dokumentuje nárazový efekt prísunu veľkého objemu sedimentov do rieky v hornej časti povodia a dôsledky zvýšeného prísunu sedimentov v smere po toku. V hornej časti povodia sa vplyvom zosuvu uvoľní veľké množstvo sedimentov (1), ktoré sa dostane do toku a vytvorí blokádu koryta (2), sedimenty sú postupne transportované do nižších úsekov, kde dochádza k erózii brehov a následnej aggradácii koryta (3). V strednom úseku toku dochádza vplyvom erózie brehov k vytváraniu riečnych lavíc a presunu erodovaných sedimentov do inundácie (4,5). Vplyvom rozsiahlejších kolapsov brehov v nížinnom úseku rieky dochádza k presunu erodovaných sedimentov do koryta, kde sa vplyvom sedimentácie vytvárajú ostrovy. Časť sedimentov sa tiež presúva do inundácie a jemnozrnné sedimenty (plaveniny) sú transportované do mora (6,7,8).

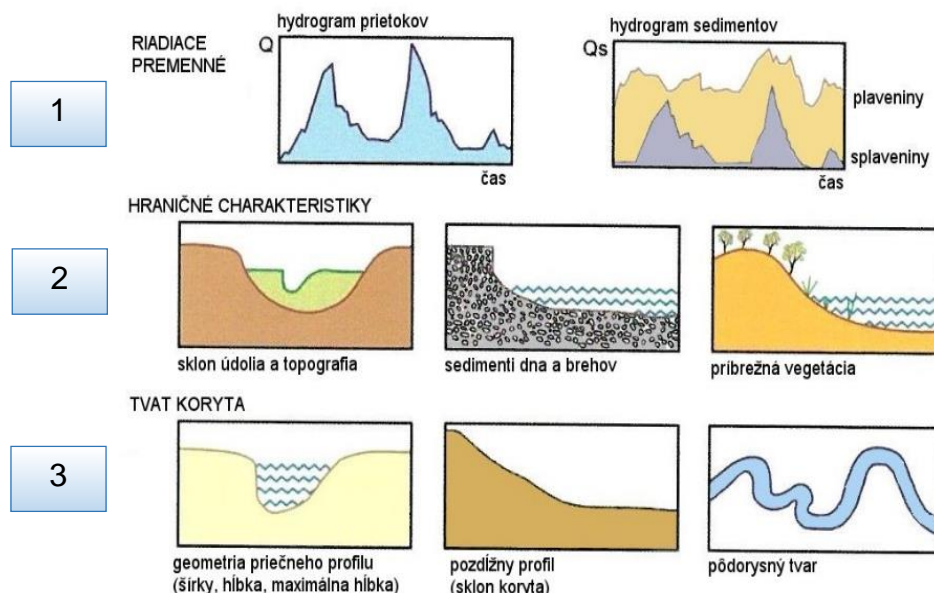


Obr.5.5 Schematický vývoj pozdĺžneho profilu a korešpondujúce procesy od prameňa do delty

Kontinuita formovania tvaru riečneho koryta sa prejavuje aj na vo vývoji pozdĺžneho a priečneho profilu (obr.5.5). Pozdĺžny profil prirodzených tokov sa z hľadiska pôsobenia prevládajúcich riečnych procesov rozdeľuje na tri základné oblasti. V hornom úseku rieky prevláda erózia dna, koryto je väčšinu úzke, zarezané do podložia. Vplyvom erózie dna a abrázie brehov koryto transportuje veľké množstvo sedimentov v smere po toku (zvýšený transport, obmedzený prísun sedimentov). V strednej časti je koryto hlbšie a širšie, na jeho formovanie pôsobí laterálna erózia brehov a mierna erózia/ zanášanie dna. V tomto úseku

rieky vykazujú stabilnejšie morfológické podmienky (dynamická stabilita). V dolom, nížinnom úseku je koryto široké a hlboké s prevahou laterálnej erózie a zanášanim koryta, kde dominuje prísun sedimentov a klesá transportná kapacita.

Toky sa formujú v danom fyzicko-geografickom prostredí ako odozva na konkrétne podmienky prúdenia v nadväznosti na špecifické klimatické a hydrologické pomery povodia (obdobia záplav a sucha). Definovanie priestorovej geometrie koryta ilustruje Thorne (1997) schémou vzťahu (obr.5.6) medzi faktormi priamo vplyvujúcimi na fluválny systém pri vytváraní koryta (riadiace, nezávislé premenné – prietok vody a sedimentov), charakteristikami fyzickogeografického prostredia, v ktorom sa koryto nachádza (hraničné podmienky – sklon údolia, topografia, dnový a brehový materiál, pririečna vegetácia) a tými, ktoré reagujú na riadiace premenné a hraničné podmienky (tvar koryta – priečny a pozdĺžny profil, trasa toku – pôdorysný tvar).



Obr.5.6 Schematické znázornenie spolupôsobenia hlavných faktorov určujúcich morfológiu koryta vo fluválnom systéme (vertikálny, laterálny), (Thorn, Hey, Newson, 1997)

1. **Riadiace premenné:** voda a sedimenty (splaveniny a plaveniny), určujú procesy formovania koryta v riečnom systéme
2. **Okrajové podmienky – charakteristiky prostredia:** sklon údolia a topografia, materiál dna a brehov, príbrežná vegetácia - opisujú fyzikálne podmienky prostredia, v ktorom prúdi rieka
3. **Tvar koryta** (priečny aj pôdorysný tvar): je výsledkom spolupôsobenia riadiacich premenných a okrajových podmienok, ktoré vytvárajú priestorovú geometriu koryta

Vstupné hodnoty, voda a sedimenty sú v čase značne premenlivé. Rovnováha medzi odtokom z povodia a množstvom sedimentov určuje tendenciu k agradácii alebo degradácii koryta. Pre účely klasifikácie koryt tokov sú vstupy - voda a sedimenty považované za riadiace premenné, ktoré sú nezávislé od morfológie koryta.

Voda a sedimenty v interakcii s krajinou vytvárajú koryto toku. Krajina, ktorou koryto rieky preteká, je definovaná charakteristikami terénu a materiálu, v ktorom sa koryto formuje. Najdôležitejšou charakteristikou tohto prostredia je topografia údolia, ktorú možno definovať na základe: **sklonu údolia, dnových a brehových sedimentov a príbrežnej vegetácie**. Výsledkom pôsobenia riadiacich premenných – vody a sedimentov (obr.5.6) na hraničné podmienky, ktoré sú dané topografiou inundačného územia, dnovými sedimentami, materiálom brehov a príbrežnou vegetáciou, je charakteristická morfológia koryta aluviálnych tokov v **neohraničenom prostredí (alúvium)** (Thorne et al.1997).

Sklon údolia - určuje energiu toku pri danom prietoku. Energia toku je úmerná erodovateľnosti dna a brehov koryta a transportnej kapacity toku pri danej veľkosti dnového materiálu a množstve sedimentov vstupujúcich do koryta z povodia.

Dnový materiál a materiál brehov - vplývajú na odolnosť koryta (dno a brehy) proti pôsobeniu erózie. Treba rozlišovať, či sa koryto vytvára v skalnatom prostredí (skalné dno, kolúvium) alebo v aluviálnych sedimentoch. Toky, ktoré sa vytvárajú v sedimentoch, ktoré môžu byť erodované, transportované a ukladané pôsobením prúdenia vody sa označujú ako aluviálne. Charakter, tvar a dimenzie koryt takýchto tokov sú dané prúdením a jeho charakteristikami na rozdiel od tokov, ktoré sa utvárajú v skalnatom prostredí a ktorých tvar a rozmery koryta priamo závisia od geologických podmienok. Ďalej treba rozlišovať medzi tokmi, ktoré pretekajú v ohraničenom alebo neohraničenom prostredí.

Rieky v ohraničenom prostredí - pretekajú cez úzke údolia a často spolupôsobia so svahmi údolia. Ich laterálny vývoj je obmedzený interakciou so svahmi údolia. Svahové procesy môžu byť priamo ovplyvnené fluvialným systémom, napríklad podmyvanie svahov údolia môže zapríčiniť svahové zosuvy i pomerne veľkého rozsahu. Veľké objemy sedimentov, ktoré sa dostanú do toku vplyvom svahových zosuvov už rieka nie je schopná ďalej transportovať. V takom prípade je trasa toku ovplyvnená najmä priestorovým rozdelením hlavných zdrojov sedimentov pozdĺž údolia.

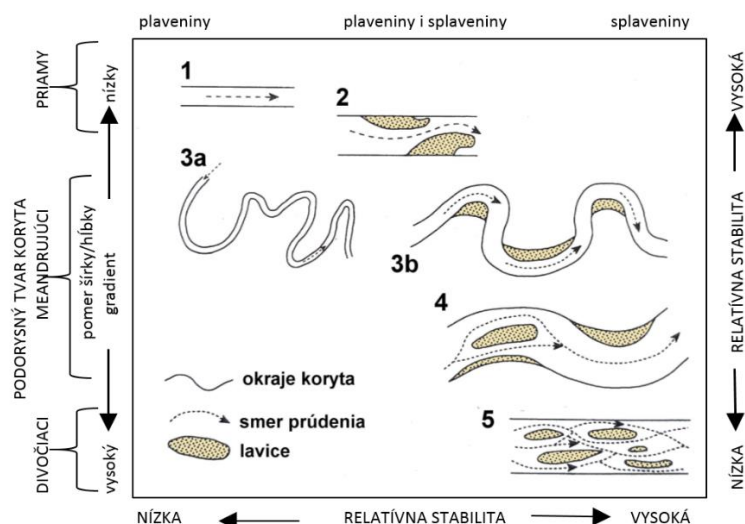
Rieky v neohraničenom prostredí - pretekajú širokými údoliami bez výraznejších obmedzení laterálneho vývoja, koryto je formované v nesúdržných sedimentoch (aluviálne sedimenty). Tieto toky len veľmi zriedka (pri výskyte extrémnych povodní) spolupôsobia priamo so svahmi údolia. Sedimenty, ktoré sú produktmi svahových procesov sa ukladajú zväčša pri päte svahu, a dostávajú sa do rieky iba pri povodniach, alebo kde sa koryto rieky laterálnym vývojom dostáva do blízkosti svahu.

Vegetácia v inundácii a príbrežná vegetácia - má dôležitú úlohu pri obmedzení intenzity brehovej erózie po obvode koryta. Zmeny tvaru koryta a jeho stability sú dané rovnováhou medzi eróznou schopnosťou prúdu a náchylnosťou materiálov brehov a dna k erózii.

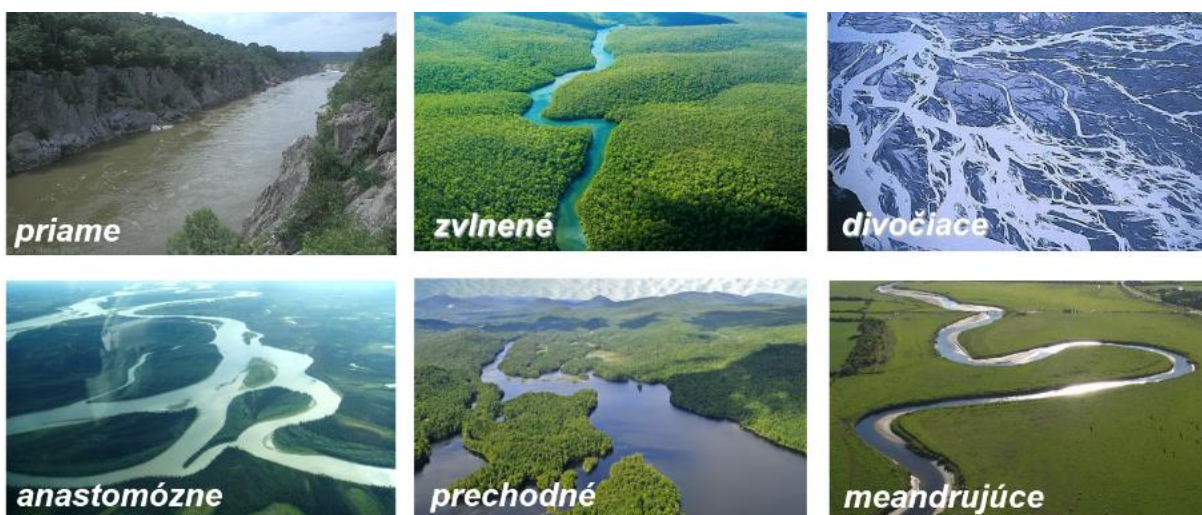
5.3 Pôdorysný tvar koryta - morfológická klasifikácia a charakteristika

Geomorfologická klasifikácia typov tokov dáva do kvalitatívnych súvislostí korytové procesy, tvar koryta a jeho stabilitu. V literatúre sa stretávame s mnohými systémami morfológickej klasifikácie tokov, ktoré sú založené na rôznych kritériách. Leopold a Wolman (1957) uviedol prvé členenie rôznych typov prirodzených tokov, v ktorom popísali tri základné typy korýt: *priame*, *meandrujúce* a *divočiace*. I keď pomerne jasne definoval hranice medzi nimi, v klasifikácii nie je zohľadnená kontinuita zmien.

Vhodnejším prístupom bolo akceptovanie postupného vývoja, kontinuity zmien pôdorysného tvaru vo vzťahu k výskytu geomorfologických útvarov v koryte (lavíc, meandrov, ramien atď.). Takýto postup umožnil spoľahlivejšiu klasifikáciu riečnych typov. Klasifikáciu typov korýt na základe vzťahu medzi sedimentmi (plaveniny a splaveniny), stabilitou koryta a pôdorysným tvarom koryta (obr.5.7) po prvý krát publikoval Schumm (1977).

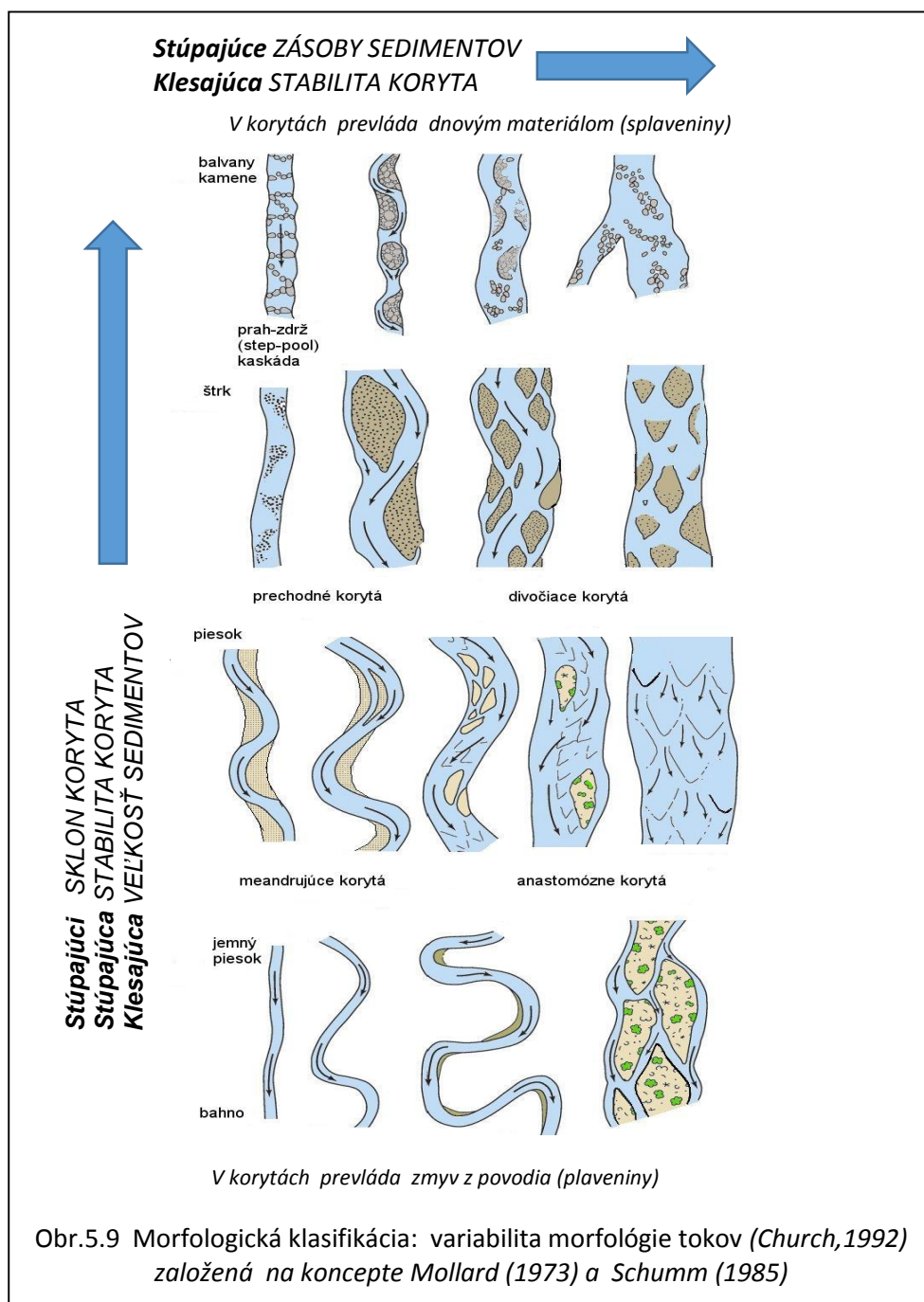


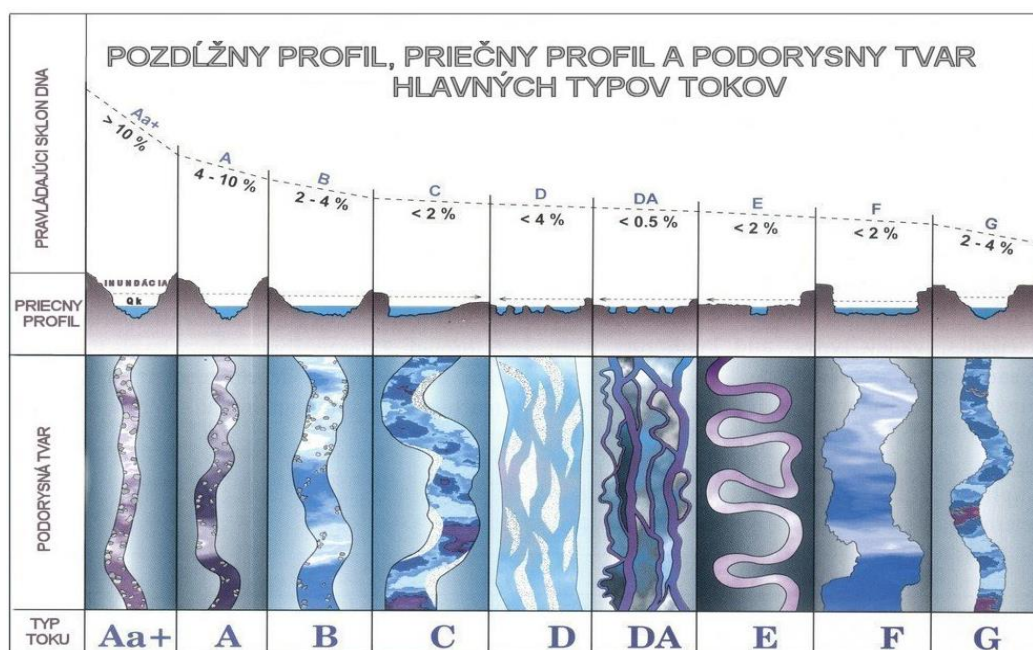
Obr.5.7 Klasifikácia typov korýt na základe vzťahu medzi sedimentami a stabilitou (Schumm, 1977)



Obr.5.8 Príklady rôznych morfológických typov riek

Postupná premena tvaru koryta od priameho koryta cez meandrujúce k divočiacemu bez náhlych prerušení je znázornený na obrázku 5.7. Morfológické typy tokov dávajú do kvalitatívnych súvislostí (vzájomného vzťahu) korytové procesy, tvar toku (pôdorysný) a ich stabilitu. Hranice medzi nimi zohľadňujú postupnosť kontinuity zmien vo vzťahu ku geometrii pôdorysného tvaru. Základné typy koryt sú: jednoduché, vetvené prechodné koryto, vetvené koryto s viacerými korytami. Detailnejšiu klasifikáciu pôdorysného tvaru koryt, ktorá je založená na koncepte Mollard (1973) a Schumm (1985) vypracoval Church (1992). Táto klasifikácia predstavuje ucelenejší systém rôznych typov koryt, ktoré sú rozdelené podľa dnového materiálu, sklonových pomerov a stability koryta (obr.5.9).



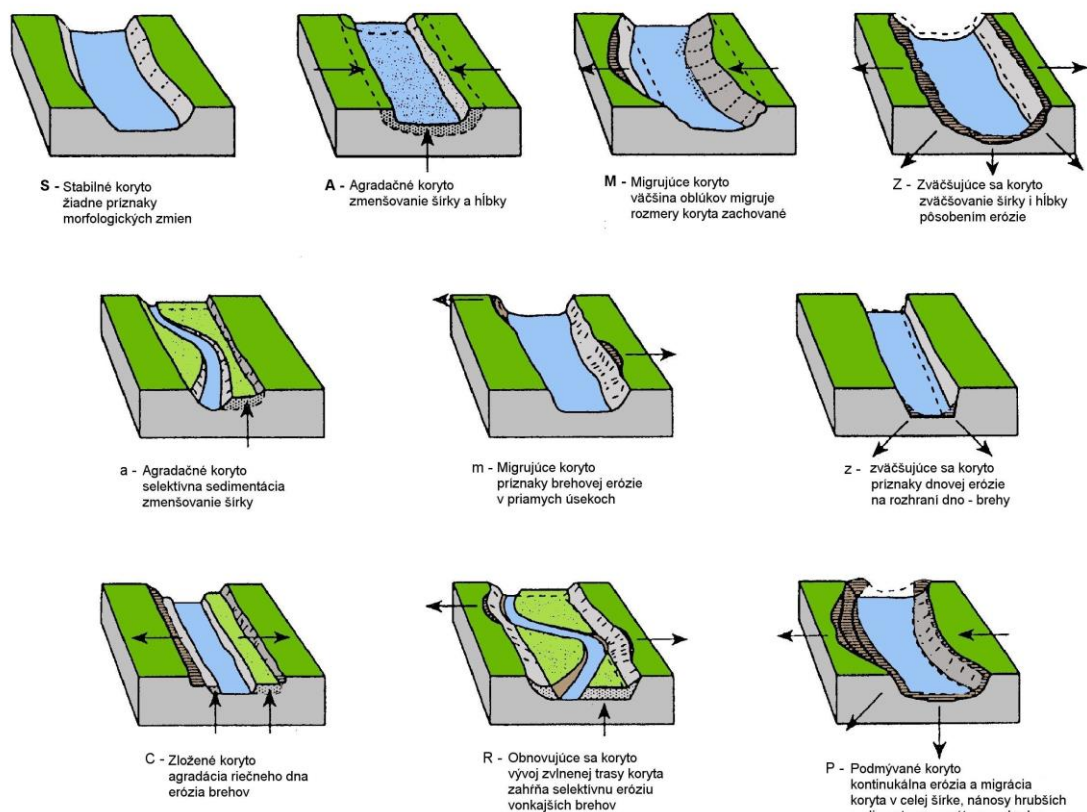


Obr.5.10 Morfologická klasifikácia koryt tokov podľa Rosgena (1994)

Prepracovaný systém morfolologickej klasifikácie tokov zostavil Rosgen (1994) na základe rozsiahleho terénneho prieskumu amerických tokov. Rosgen rozdeľuje toky do siedmych základných typov na základe ich stupňa ich ohraničenia, sklonu dna (údolia), dnového materiálu, pomeru šírka/hĺbka a sínusoidy (obr.5.8). Okrem základných typov Rosgen zostavil aj schematickú tabuľku ďalších sub-typov (celkom 94 typov), ktoré sú rozlíšené na základe veľkosti dnového a brehového materiálu (Rosgen, 1996). Výsledkom je pomerne rozsiahly systém morfolologickej klasifikácie tokov. Dôsledné a spoľahlivé aplikovanie tohto systému v praxi však vyžaduje veľmi dobrý prehľad a praktické skúsenosti z fluviálnej geomorfológie a porozumenie mechanizmu riečnych procesov. Detailný popis aplikácie morfolologickej klasifikácie vrátane stanovenia jednotlivých hydrologických a morfolologických parametrov potrebných ku klasifikácii je publikovaný v literatúre (Rosgan, 1994, 1996) spolu s rozsiahlym foto-dokumentačným materiálom.

Downs (1995) rozdeľuje typy tokov podľa prevládajúcich riečnych procesov a ich prejavov na morfolologický tvar koryta. Vychádzal zo syntézy poznatkov Bricea (1981) a Brooksa (1988), ktorí zahrnuli do klasifikácie vplyv degradácie toku, vytvárania krycej vrstvy dna, sínusoidy prúdnice, vývoja lavíc a erózie brehov na pôdorysný tvar toku. V systéme klasifikácie tokov prepojil pozorované trendy a zmeny pôdorysného tvaru tokov s riečnymi a sedimentačnými procesmi, ktoré dominantne vplyvajú na zmeny koryta (obr.5.8).

Klasifikácia typov horských tokov má svoje špecifiká dané najmä polohou a geologickým podložím. Korytá horských tokov sa formujú v úzkych a strmých údoliach a ich dno zväčša pozostáva z hrubozrnných sedimentov (balvan) alebo skál. Tieto rieky s veľkým množstvom



Obr.5.11 Klasifikácia založená na trendoch a typoch morfológických zmien (Downs,1995)

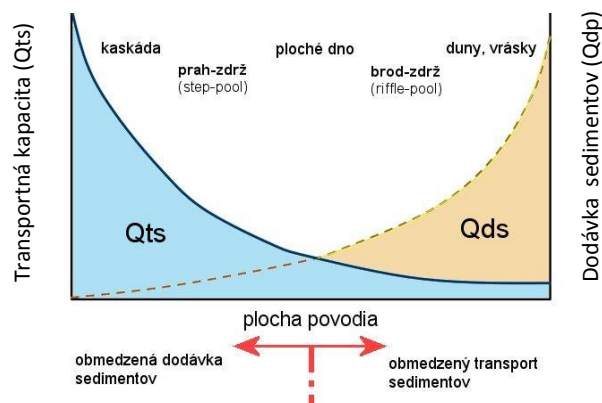
sedimentov a vysokou kinetickou energiou často pretekajú v ohraničenom prostredí, preto majú priamy alebo iba mierne zvlnený pôdorysný tvar. Korytá horských tokov sa však odlišujú na základe rôzneho usporiadania útvarov dna, ktoré sa viac prejavujú v pozdĺžnom profile ako v pôdorysnom tvare. Klasifikáciu horských tokov zostavili Montgomery a Buffington (1997) na základe vzťahu medzi dnovými útvarmi, množstvom sedimentov a transportnou schopnosťou rieky. Podľa tejto klasifikácie sú toky v ohraničenom prostredí rozdelené do 5 typov A až E: A- kaskáda, B -prah-zdrž (*step-pool*), C- ploché dno, D- brod-zdrž (*riffle-pool*), E- vrásky-duny (obr.5.12). Morfológia dna sa mení pozdĺž toku v závislosti na množstve sedimentov a transportnej kapacite toku (obr.5.13).

Komplexnú morfológickú typológiu prirodzených riek vrátane horských tokov prezentovali Rinaldi, et al. v projekte REFORM (2015). Pozostáva zo základnej (7 typov) a rozšírenej (22 typov) schémy. Prvý krok morfológickej klasifikácie zahŕňa jednoduchý postup založený na charakteristike pôdorysného tvaru (vetvenie, typ koryta) v rámci riečného údolia. Základná typológia definuje 7 riečnych typov, ktoré sa delia do dvoch kategórií podľa ohraničenia údolia (ohraničené; čiastočne ohraničené a neohraničené úseky; obr.5.14, A). Využitie rozšírenej schémy v druhom kroku sa zakladá na poznatkoch získaných v procese charakterizácie. Rozšírená schéma obsahuje 22 typov (obr.5.14, B), ktoré sú identifikované na základe ich ohraničenia (ohraničené; čiastočne ohraničené a neohraničené), prevládajúcu veľkosť

dnového materiálu (skalnaté, balvanité, kamenné, štrkové, pieskové, ílovité) a pôdorysu (priame, zvlnené, meandrujúce, pseudo-meandrujúce a prechodné, divočiace, anastomózne).

Typ	Pozdĺžny profil riečneho dna	Pôdorysné usporiadanie	Typ
A			kaskáda
B			prah-zdrž (step-pool)
C			ploché dno
D			brod-zdrž (riffle-pool)
E			duny- vrásky

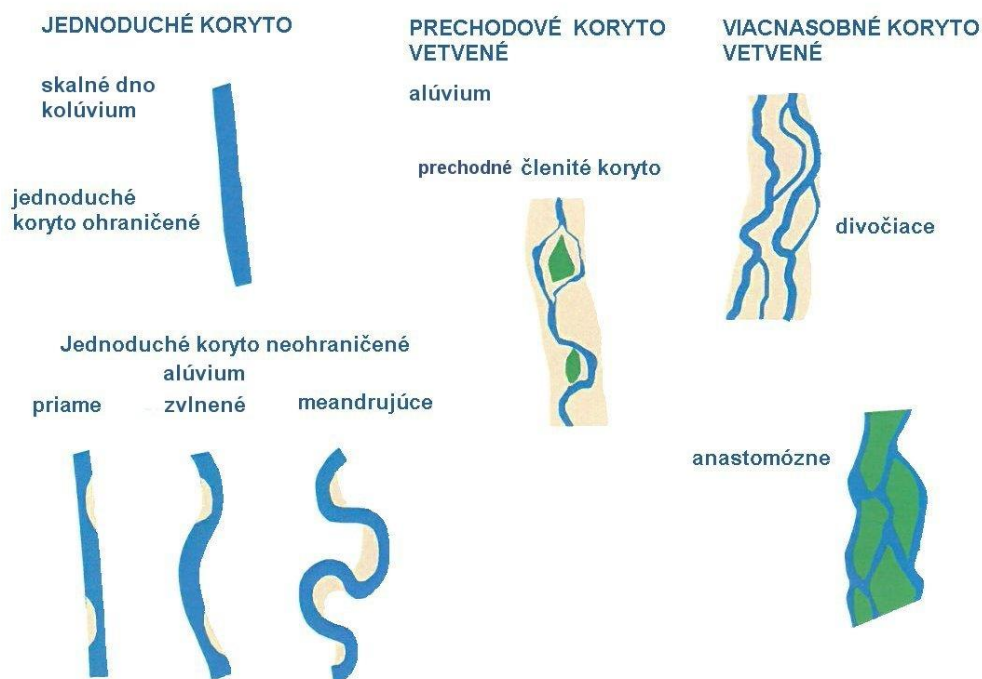
Obr. 5.12 Druhá klasifikácia horských tokov podľa Montgomery & Buffington (1997)
A- kaskáda, B-prah-zdrž, C ploché dno, D brod-zdrž, E- vrásky-duny



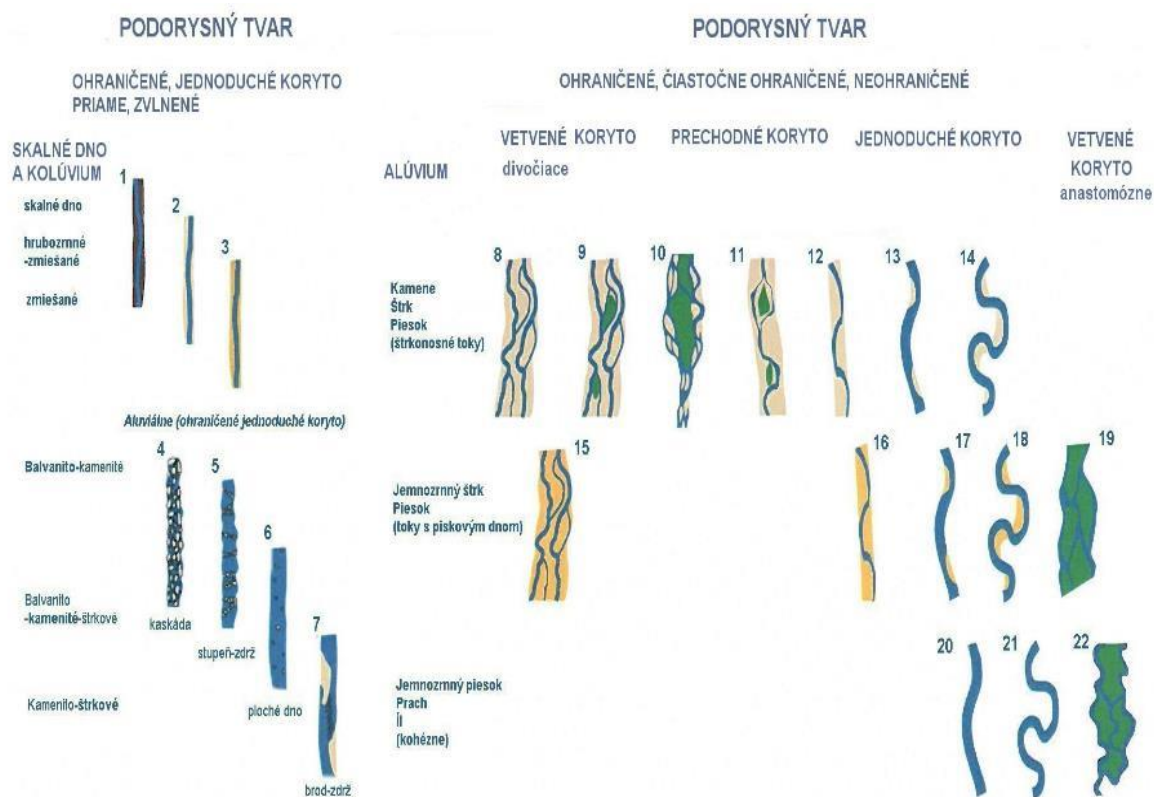
Obr. 5.13 Morfológia horských tokov vo vzťahu k transportu sedimentov a dodávke (prísunu) sedimentov podľa Montgomery & Buffington (1997)

Zhrnutie: Morfológická klasifikácia má význam z hľadiska určenia genetického pôvodu toku, je pomocným nástrojom pre detailnejšiu analýzu riečnych procesov (v širšom území) a posúdenie súčasného stavu tokov a tiež východiskom pre návrh revitalizačných opatrení. Určovanie morfológického typu sa vykonáva pre historický stav (referenčný) ale aj pre súčasný stav, ktorý už často nezodpovedá pôvodnému typu (úpravy), čo proces identifikácie často veľmi komplikuje. Preto by morfológickú klasifikáciu tokov mali vykonávať odborníci, ktorí dokážu identifikovať riečne procesy a ich prejavy. To si vyžaduje hlbšie poznatky o väzbách medzi fluvialnými procesmi a pôdorysným tvarom riek, ktoré umožnia kvantitatívnu interpretáciu a správne hodnotenie.

A



B



Obr.5.14 Morfológické typológie prirodzených riek – A) sedem základných typov, B) rozšírená typológia (22 typov) podľa Rinaldi et al. (REFORM, 2015)

5.4 Riečne sedimenty, transportované, dnový materiál, dnové/korytové útvary

Riečne sedimenty: sedimenty sú významné morfológické charakteristiky, nakoľko sa priamo podieľajú na procesoch formovania koryta v riečnom systéme. V toku sa nachádzajú sedimenty, ktoré vytvárajú koryto toku – *dno/brehy* a sedimenty, ktoré sú transportované vodným prúdom – *splaveniny a plaveniny*.

Dnové sedimenty charakterizuje veľkosť (íl, piesok, štrk, kamene, balvany – obr.5.15), ktorá definuje morfológický typ rieky a ovplyvňuje rozsah dnových útvarov, ktoré sa môžu na dne koryta vyskytnúť.



a) hrubozrnný až jemnozrnný piesok, rieka Tisa



b.) jednozrnný štrk – rieka Ipeľ



c) hrubozrnný štrk – rieka Jakubianka



d) balvany – rieka Poprad

Obr.5.15 Dnové sedimenty nížinných, podhorských a horských tokov

Dnové / korytové útvary: sú sedimenty, ktoré pôsobia ako celok na dne resp. v koryte, definuje ich priestorové usporiadanie na dne (kaskáda, prah-zdrž, brod-zdrž, vrásky, duny, rôzne typy lavíc), tiež indikujú morfológický typ rieky.

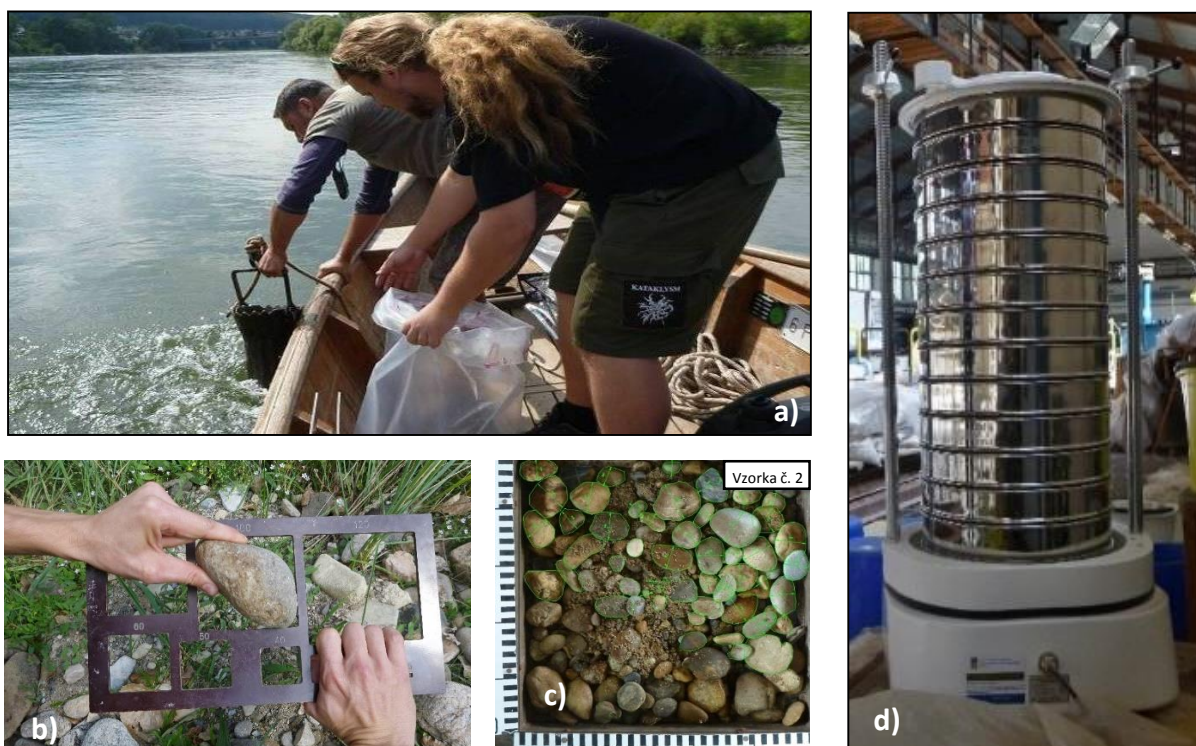
Štruktúra dna reprezentuje zloženie dnového materiálu, ktoré indikuje procesy transportu a triedenia sedimentov (napr. výskyt krycej vrstvy, kolmatácie, erózie).

Transportované sedimenty – sú sedimenty, ktoré sa pohybujú v rieke, sú produktom erózie pôsobiacej vo vyšších častiach povodia a tiež erózie dna a brehov rieky. Splaveniny a plaveniny sa líšia veľkosťou i formou pohybu:

- *Splaveniny* sú hrubozrnné sedimenty (prevažne produkty erózie dna, čiastočne aj brehov a povodia), ktoré sa dostávajú do pohybu pôsobením unášacej sily prúdu; pohybujú sa pri dne diskontinuálne, interval pohybu býva vystriedaný stavom pokoja, množstvo transportovaných splavenín je obmedzené a dané transportnou kapacitou toku ($t/m^3/rok$)
- *Plaveniny* sú jemnozrnné sedimenty (priemer do 0,3 mm) unášané turbulenciou prúdu, rozptýlené v celom profile, pohybujú sa približne rovnakou rýchlosťou ako rýchlosť prúdu (prevažne produkty erózie povodia, obmedzene aj erózie dna a brehov); množstvo plavenín v toku je prakticky neobmedzené (nie je jednoznačne dané podmienkami prúdenia) - závisí na intenzite erózných procesov v povodí (Manuál ASCE, 1977).

5.4.1 Dnové sedimenty - veľkosť

Dnové sedimenty, ktoré pôsobia v toku izolovane (obr.5.15) najčastejšie charakterizujú ich fyzikálne vlastnosti (najmä veľkosť a tvar zŕn). Výber lokalít odberov sa predbežne vykoná podľa satelitných snímok a upresní v rámci terénneho prieskumu. Lokality odberov vzoriek sedimentov sa určia s ohľadom na prebiehajúce riečne procesy, morfológický typ (zohľadnenie štruktúry dna) tak, aby boli odoberané sedimenty reprezentatívne a pokrývali kľúčové lokality úseku. Všade, kde je to možné treba odobrať vzorky nielen z vrcholových prípadne bočných lavíc (povrchová i podpovrchová vrstva), ale aj priamo z toku (z člna). Skúsený fluvialny morfológ dokáže v rámci terénneho prieskumu identifikovať štruktúru dna, napríklad výskyt



Obr. 5.16 Možnosti odberov a analýzy zloženia dnových sedimentov (a) odber pod hladinou – odberákom VÚVH, b) metóda Wolmanovej mreže, d) analýza zrnitosti sedimentov – lab VÚVH

krycej vrstvy (erózia) alebo kolmatácie dna (sedimentácia jemnozrnných sedimentov), ktoré priamo identifikujú prebiehajúce procesy v koryte. Ak tieto informácie nie je možné získať priamo v teréne, detailnejšie poznatky o procesoch v toku možno získať analýzou kriviek zrnitosti. Metóda odberu sa zvolí v závislosti od konkrétnych možností a požiadaviek na výstupy (obr. 5.16).

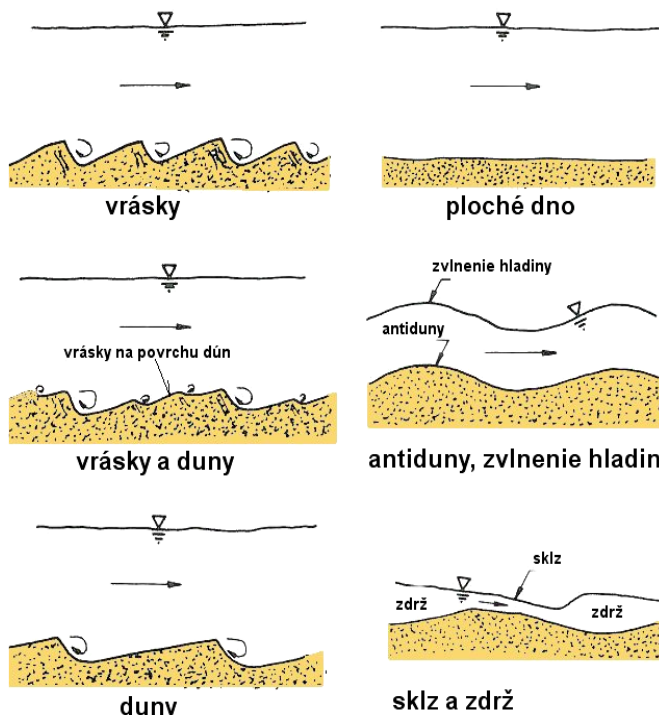
Objemové vzorkovanie- sítová analýza: v prípade rovnorodých sedimentov sa odoberie vzorka hmotnosti okolo ~10 kg. Ak je materiál dna heterogénny (obr.5.16, c), hmotnosť vzorky je ~ 50 kg. Analýza hrubozrnných sedimentov (štrk, piesok) sa vykoná preosievaním suchej alebo mokrej vzorky (premývanie) cez sadu sít a stanoví sa váhový podiel každej frakcie k celkovej hmotnosti vzorky. Zloženie jemnozrnných sedimentov (prach, íl) sa stanovuje laserovým prístrojom. Z výsledkov sa zostaví krivka zrnitosti dnového materiálu. Táto metóda umožňuje získať detailné údaje o zložení povrchovej i podpovrchovej vrstvy (odbery z lavíc).

Metóda Wollmanovej mreže: ak z rôznych dôvodov nie je možné odobrať objemové vzorky, je vhodné využiť niektorú z jednoduchších metód terénneho prieskumu dnových sedimentov, napríklad Wollmanovu metódu mreže (odporúča sa pre štrkonosné toky). Vykonáva sa v teréne krokováním pozdĺž lavice a náhodným výberom ~ 100 zŕn (vyber zrna určuje špička topánky), priemer zŕn sa určuje pomocou Wollmanovej mreže (rám s otvormi rôznej veľkosti, obr.5.16, b), zapisujú sa priemery a počty zŕn, z ktorých sa stanoví veľkosť priemerného zrna. Táto metóda je ovplyvnená individuálnym prístupom pozorovateľa, poskytuje iba orientačné výsledky, z výsledkov nie je možné zostaviť krivku zrnitosti.

Fotografická metóda – granulometria dnových sedimentov sa vyhodnocuje z fotografických snímok štvorca dna s mierkou po okrajoch (rám, pásma, ~1m x 1m , obr.5.16, b). Snímky dna sa vykonávajú v lokalitách, kde to aktuálne hydrologické podmienky umožňujú - obyčajne na bočných alebo vrcholových laviciach. Veľkosť sedimentov sa vyhodnocuje na základe zamerania priemerov individuálnych zŕn v snímke. Body krivky zrnitosti sa potom stanovia výpočtom podielu plochy jednotlivých frakcií zŕn k celkovej ploche vzorky.

5.4.2 Dno toku – dnové a korytové útvary

Na dne aluviálnych koryt tokov sa vplyvom prúdenia vody a transportu sedimentov môžu vytvárať rôzne typy dnových útvarov (obr.5.18), ktoré ovplyvňujú členitosť dna a spätne pôsobia na podmienky prúdenia. Na štrkonosných tokoch sa na dne vytvárajú najmä duny prípadne antiduny pri povodňových prietokoch a na tokoch s jemnozrnným dnovým materiálom (piesok) sa vytvárajú vrásky a menšie duny. Dnové útvary pôsobia na zvýšenie drsnosti koryta, čo sa prejaví v miernom spomalení prúdenia a zvýšením hladiny. Z ekologického hľadiska sa dnové útvary podieľajú na zvýšení členitosti koryta a zlepšení podmienok pre ryby a vodnú faunu (vytváranie zón zrýchlenia a spomalenia, úkryty pre ryby).



a) Dnové útvary (Vanoni, Manula, ASCE, 1975)



b) vrásky v toku s pieskovým dnom



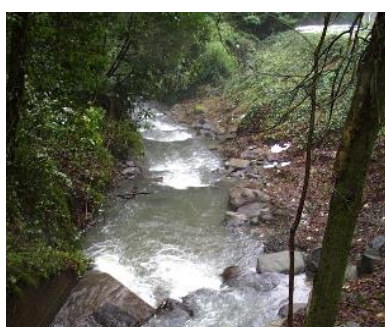
c) duny v toku s pieskovým dnom

Obr.5.17 Schéma dnových útvarov na aluviálnych tokoch (a), snímky dna s vráskami (b) a dunami (c)

Dnové útvary sa vyskytujú v aluviálnych tokoch s aktívnym transportom sedimentov (splavenín). Väčšinou ide o stredné a veľké toky. Dnové útvary sa nevytvárajú na horských a podhorských tokoch s balvanitým dnom. Pre rýchle posúdenie pohyblivosti dna (podmienka výskytu dnových útvarov) je možné použiť vzťahy odvodené z funkcie pre začiatok pohybu dnových sedimentov F_s (Shieldsov diagram), z ktorých vyplýva podmienka pre dnový materiál $d_{50} > 0,008 m$ a kritérium pre stabilné $d_{50} > 11 R i$ a pre pohyblivé dno $d_{50} < 11 R i$ (R – hydraulický polomer, i – sklon dna). Identifikáciu typu dnových útvarov potom možno vykonať terénnym prieskumom – vizuálnym hodnotením alebo zmeraním pozdĺžneho profilu prístrojom ADCP (zo záznamu je možné určiť aj rozmery dnových útvarov). Vplyvom geomorfologických charakteristík horských tokov a zvýšeného prísunu hrubozrnných sedimentov sa na horských



d) prah-zdrž



e) prah – zdrž (step-pool)

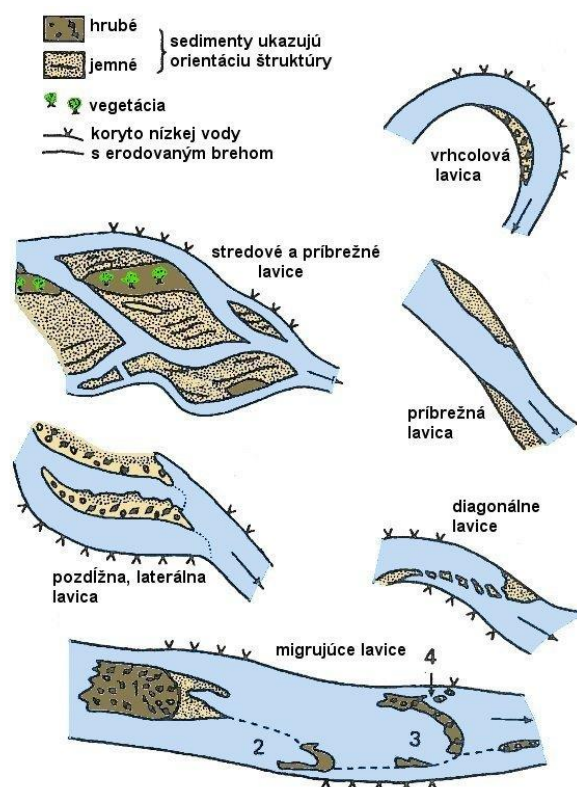


f) kaskáda

Obr. 5.18 Korytové útvary na horských a podhorských tokoch

tokoch vytvárajú špecifické dnové útvary – obr. 5.18 (kaskáda, prah-zdrž (*step-pool*), ploché dno, brod-zdrž (*riffle-pool*), vrásky-duny), ktoré sa podieľajú na výraznej členitosti pozdĺžneho profilu a charakterizujú morfológický typ toku (obr.5.12). Usporiadanie dnových útvarov sa mení pozdĺž toku v závislosti od množstva sedimentov a transportnej kapacity rieky.

Korytové útvary – lavice a ostrovy (makro útvary) sa významne podieľajú na zvýšení diverzity koryta. Ich výskyt sa viaže k určitým typom riek a preto ich vždy treba posudzovať vo vzťahu k morfológickej typológii (obr.5.14 B) a prebiehajúcim procesom (erózia a najmä zanášanie) a antropogénnym zásahom do riečneho systému (bagrovanie, zmena prietokového režimu, objekty). Takýto prístup umožní identifikovať pôvod resp. príčiny vzniku korytových útvarov. Lavice a ostrovy sa väčšinou vytvárajú v stredných a dolných (nížinných) úsekoch riek.



a) schéma typov korytových lavíc (Lewin, 1978)



b) diagonálne lavice – Kežmarská biela voda



c) stredová lavica – Dunaj pri Štúrove

Obr.5.19 Typy útvarov v koryte aluviálnych tokov a) schéma (Lewin , 1978), b, c) lavice na tokoch

Vytváranie ostrovov a lavíc nie je vždy indikátor hydromorfológickej kvality toku. Za určitých podmienok to naopak môže byť príznakom modifikácie rieky. Ide najmä o situáciu, ak sa korytové útvary vyskytujú na takých typoch toku, kde sa za prirodzených podmienok nevyskytujú. Korytové útvary sa môžu vytvárať aj v oblastiach narušenia prirodzenej bilancie sedimentov, kde začnú prevládať procesy sedimentácie ako dôsledok nevhodných zásahov do koryta (napríklad zmena sklonu dna, výstavba objektov). V počiatočnom štádiu sa môžu

javiť ako pozitívna zmena, avšak pokračovanie procesov zanášania koryta v dlhšom časovom horizonte má celý rad negatívnych dôsledkov nielen na morfológiu koryta, ale aj ekológiu (zníženie dynamiky prúdenia, kolmatácia dna – obmedzenie interakcie povrchových a podzemných vôd, prílišné zarastanie koryta, eutrofizácia, zhoršenie kvality vody, zníženie samočistiacej schopnosti rieky, atď.).

5.5 Vegetácia –akvatická (makrofyty) a príbrežná vegetácia

Vegetácia akvatických makrofytov (brehová zóna koryta) a *príbrežná vegetácia* (príbrežná zóna pozdĺž brehovej línie) sa nachádza v riečnej zóne, ktorá je priamo viazaná na vodné prostredie - hladinový režim rieky a preto aj zmeny vo vodnom režime (vplyv úprav, regulácia prietokov) sa prejavujú na kvalite a kvantite vegetácie. Príbrežná zóna siaha od okraja koryta – brehu, po úroveň hladiny stredných povodňových prietokov (obr.5.20). Brehová zóna, ktorá siaha od okraja brehu smerom do koryta približne po úroveň priemerných korytových je v priamom dotyku s korytom stredných vôd.



Obr.5.20 Schéma a reálny príklad (foto) rozmiestnenia vegetácie v záplavovom území

V rôznych príbrežných zónach sú rozdielne typy vegetácie, ktoré sú ovplyvnené odlišnými podmienkami vodného režimu – rozsahom hladín od minimálnych po maximálne povodňové prietoky. Rozsah jednotlivých zón sa mení v závislosti na morfológickom type rieky a tiež na stupni jeho modifikácie. Vegetácia v brehovej i príbrežnej zóne vplýva na drsnosť koryta a prúdenie, podporuje stabilizáciu brehov resp. odolnosť voči pôsobeniu erózie brehov.

Akvatická a príbrežná vegetácia sú ovplyvnené zmenami prúdenia rieky, dnovými a brehovými sedimentami a morfológiou, kvalitou a množstvom vody, táto vegetácia však tiež priamo alebo nepriamo ovplyvňuje transport, triedenie a zachytávanie sedimentov a výsledne teda aj zmeny morfológie (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159). *Príbrežná vegetácia*: stromy v príbrežnej zóne a drevo, ktoré produkujú (konáre, kmene) spolupôsobia s vodným prúdom a sedimentami. Zachytávajú a stabilizujú transportované sedimenty a budujú tak útvary stabilizované vegetáciou, ktoré sú ponorené pod hladinou nízkych prietokov.

Vegetácia akvatických makrofytov sú rastliny vo vodnom prostredí, ponorené pod hladinou alebo v rozsahu brehovej zóny. Sú dôležitou hydromorfologickou charakteristikou každej rieky, kde sa vyskytujú rastliny, pretože sú jedným z dôležitých komponentov drsnosti koryta (odpor proti prúdeniu) a vplývajú na rýchlosti, pohyb sedimentov a ich retenciu.

Na nížinných tokoch je abundancia *vegetácie akvatických makrofytov* značne premenlivá a vzhľadom na ich flexibilitu a rozdielne pôsobenie vo vodnom stĺpci majú odlišný hydraulický účinok. V takýchto nízko-energetických tokoch môže akvatická vegetácia iniciovať morfológické zmeny vplyvom zachytávania a stabilizácie sedimentov. Pôsobením týchto procesov sa vytvárajú vegetáciou stabilizované útvary **pod hladinou nízkych prietokov** (stredové lavice alebo laterálne nánosy jemných sedimentov), ktoré sa môžu zväčšovať (agradovať) a vytvárať ponorené útvary. Tieto útvary prispievajú k zvýšeniu morfológickej členitosti koryta (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159). V tomto zmysle môžu byť akvatické makrofyty nielen biologickým, ale aj hydromorfologickým indikátorom kvality. Súčasťou vegetácie vo fluvialnom prostredí je aj vegetácia, ktorá spevňuje povrch korytových väčších útvarov (ostrovy, lavice, bermy) a nachádza sa **nad hladinou nízkych prietokov**.

5.6 Náplavové drevo – zvyšky dreva, veľké kmene stromov (LWD)

Zvyšky mŕtveho dreva – kmene, konáre, koreňové systémy (obr. 5.21) – zasahujú do koryta toku a významne tak vplývajú na podmienky prúdenia (zvýšenie drsnosti koryta), lokálne procesy, transport sedimentov a ich zachytávanie. Zvyšky dreva teda významne vplývajú na morfordynamiku a následne na formovanie koryta. Zvyšky dreva sú produktom odumierania stromov v príbrežnej zóne alebo postupujúcej brehovej erózie (padanie stromov do koryta). Vplyvom nevhodného manažmentu v povodiach riek sa však zvyšky mŕtveho dreva dostávajú do riek len v obmedzenom rozsahu (čistenie koryta, výruby stromov v inundácii).



Obr.5.21 Náplavové drevo – zvyšky dreva, kmene, konáre, korene mŕtvych stromov

Pozitívny vplyv mŕtveho dreva sa začal doceňovať až v súvislosti so snahami o obnovu prirodzeného fungovania riek (zlepšenie ich ekologického stavu). Zvyšky dreva majú priaznivý

vplyv na variabilitu a akumuláciu organickej hmoty v toku a významne sa podieľajú na zlepšení podmienok pre ryby a iné vodné organizmy (najmä zvyšky koreňov stromov) vytváraním prirodzených riečnych habitatov - úkrytov pre ryby - a variabilitou podmienok prúdenia v ich okolí (oblasti zrýchlenia a spomalenia prúdu). Z hľadiska morfológie sa priaznivý vplyv veľkých kmeňov (LWD) môže prejavovať okrem zvýšenia členitosti koryta aj pri stabilizácii pozdĺžneho profilu dna (obr.5.21) a jeho ochrane proti nadmernej erózii na horských alebo podhorských tokoch. *Akumulácia zvyškov dreva* môže vzniknúť vplyvom nahromadenia väčšieho množstva kmeňov a zvyškov dreva, ktoré vytvoria takmer kompaktné útvary (zápcha koryta, obr.5.21).

5.7 Narušenie pozdĺžnej kontinuity a laterálnej konektivity toku

Najvýznamnejšie morfologické zmeny na prirodzených tokoch nastali vplyvom oddelenia procesov koryta a inundácie, ku ktorému došlo narušením prirodzenej pozdĺžnej kontinuity riek a obmedzením ich laterálnej konektivity. V tomto kontexte nesporne najväčším zásahom do prirodzených procesov tokov sú priečne bariéry – objekty na tokoch (priehrady, hate, stupne, prehrádzky, atď.), ktoré svojim vplyvom na prúdenie zásadným spôsobom menia dynamiku prúdenia a podmienky transportu sedimentov. Nerovnováha v transporte sedimentov podmieňuje zmeny riečnych procesov (erózia/sedimentácia) a následne i zmeny tvaru koryta.



a) prehrádzky na stabilizáciu sklonu



b) veľká priehrada s nádržou

Obr.5.22 Typy priečných bariér na tokoch, a) priepust, b) priehrada

Vplyv objektov na zmeny transportnej schopnosti tokov sa mení v závislosti od ich geografickej polohy, veľkosti a záchytnej účinnosti. Geografická poloha čiastkového povodia určuje vlastnosti podložia najmä s ohľadom na potenciálny prísun sedimentov do priestoru vzdutia resp. nádrže (napr. nestabilný flyš – náchylný na zosuvy). Veľkosť objektu (výška, objem nádrže, dĺžka vzdutia) indikuje záchytnú schopnosť pre splaveniny a plaveniny. Menšie objekty ako napríklad nižšie stupne, stabilizačné prehrádzky, priepusty – zachytávajú časť splavenín a ich vplyv na prietok plavenín je zanedbateľný. Stredné a veľké priehrady, hate, stupne zachytávajú veľké množstvo splavenín (veľké priehrady a hate 100%) a tiež časť plavenín. Pri posúdení vplyvu objektov na morfológiu rieky treba posudzovať každý objekt individuálne.

6. METODICKÝ POSTUP

Zostavenie metodiky pre hodnotenie hydromorfologickej kvality vodných útvarov (*Hodnotenie hydromorfologickej kvality tokov*, HYMOK) sa zakladá na:

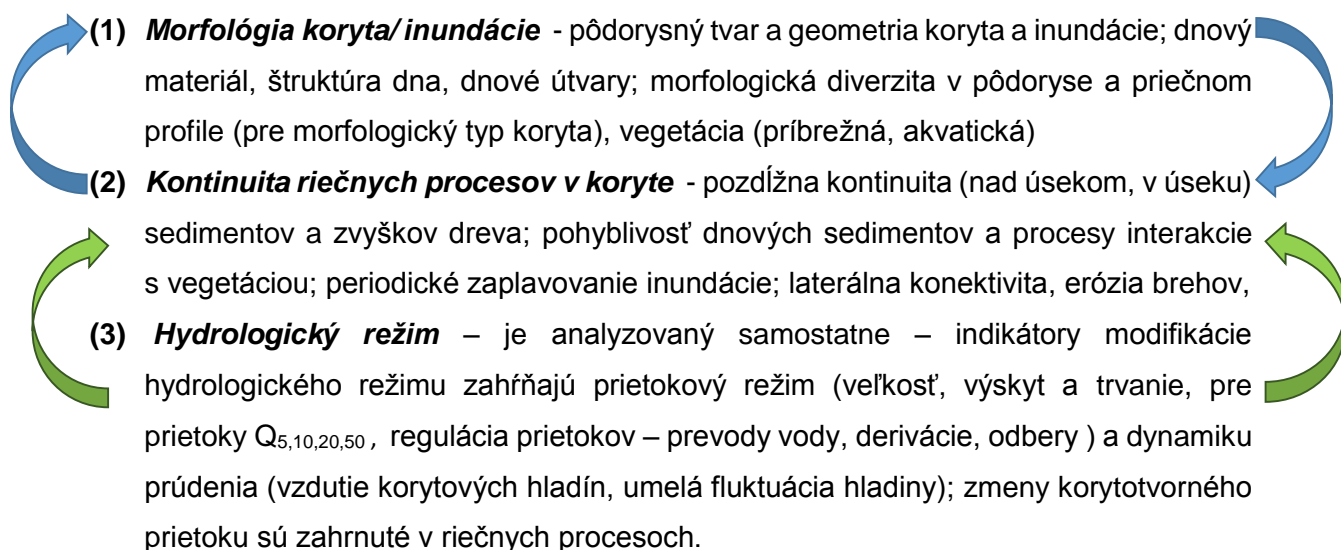
- integrácií hlavných výsledkov projektu REFORM (2015) a revidovanej normy CEN EN 14614:2004 (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159) Kvalita vody: Návod na hodnotenie hydromorfologických vlastností tokov
- poznatkoch a postupoch metodiky (*Morphological Quality Index, MQI*), ktorá bola upravená a testovaná v rámci projektu REFORM, špecificky pre potreby RSV
- teoretických poznatkoch o fluvialnej geomorfológii, najmä transporte sedimentov a podmienok prúdenia a praktických skúsenostiach z dlhodobého sledovania morfológického vývoja slovenských tokov a nádrží SR
- poznatkoch a skúsenostiach získaných z aplikácie existujúcich metód monitorovania a hodnotenia hydromorfológie tokov v SR (VÚVH, SHMÚ)

Aktualizovaná metodika hodnotenia hydromorfologickej kvality tokov výraznejšie zohľadňuje dynamiku riečneho systému prostredníctvom zhodnotenia *hydromorfologických procesov v rôznych časových a priestorových mierkach*. Pre stanovenie morfolologickej kvality úsekov, podľa požiadaviek aktualizovanej CEN normy (CEN/ TC 230/ WG 25/ N159) je potrebné vyhodnotiť:

- Kontinuitu riečnych procesov vrátane pozdĺžnej a laterálnej kontinuity
- Morfológické podmienky koryta vrátane pôdorysného tvaru, konfigurácie priečného profilu a dnový materiál a vegetáciu

Rámcová smernica o vode požaduje aby pre hodnotenie hydromorfologickej kvality tokov boli hodnotené: pozdĺžna kontinuita, morfológia a hydrológia.

Indikátory hydromorfologickej kvality sú stanové pre nasledovné kategórie:

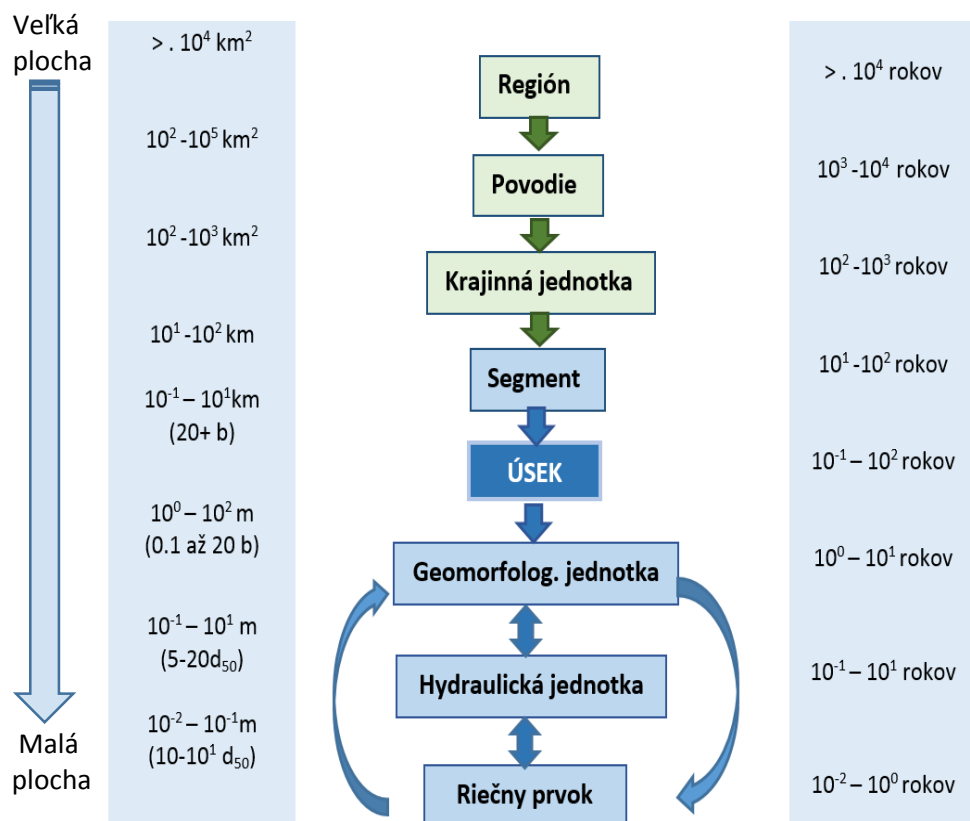


Indikátory morfológických parametrov a fluviálnych procesov určujú či procesy a súvisiace morfológické útvary pre správne fungovanie rieky sú zachované alebo modifikované. Hlavné tlaky (pričné objekty, pozdĺžne objekty, brehovú opevnenia, ťažba dnových sedimentov, atď.) sú integrované do morfológických parametrov a riečnych procesov, v ktorých sa najviac prejavuje ich vplyv na hydromorfológiu, pričom ich absencia indikuje prirodzenú funkčnosť vodného toku a bude zahrnutá do hodnotiacej schémy.

Priestorové členenie povodia využíva viacúrovňový hierarchický prístup (obr.6.1) a časové mierky zohľadňujú dynamický vývoj riečného systému v čase (postupnosť hydromorfologických zmien vo vzťahu referenčným podmienkam daného morfológického typu). Miera modifikácie vodného útvaru bude pozostávať z hodnotenia hydromorfologických podmienok súčasného stavu vo vzťahu k pôvodnému stavu (referenčné podmienky).

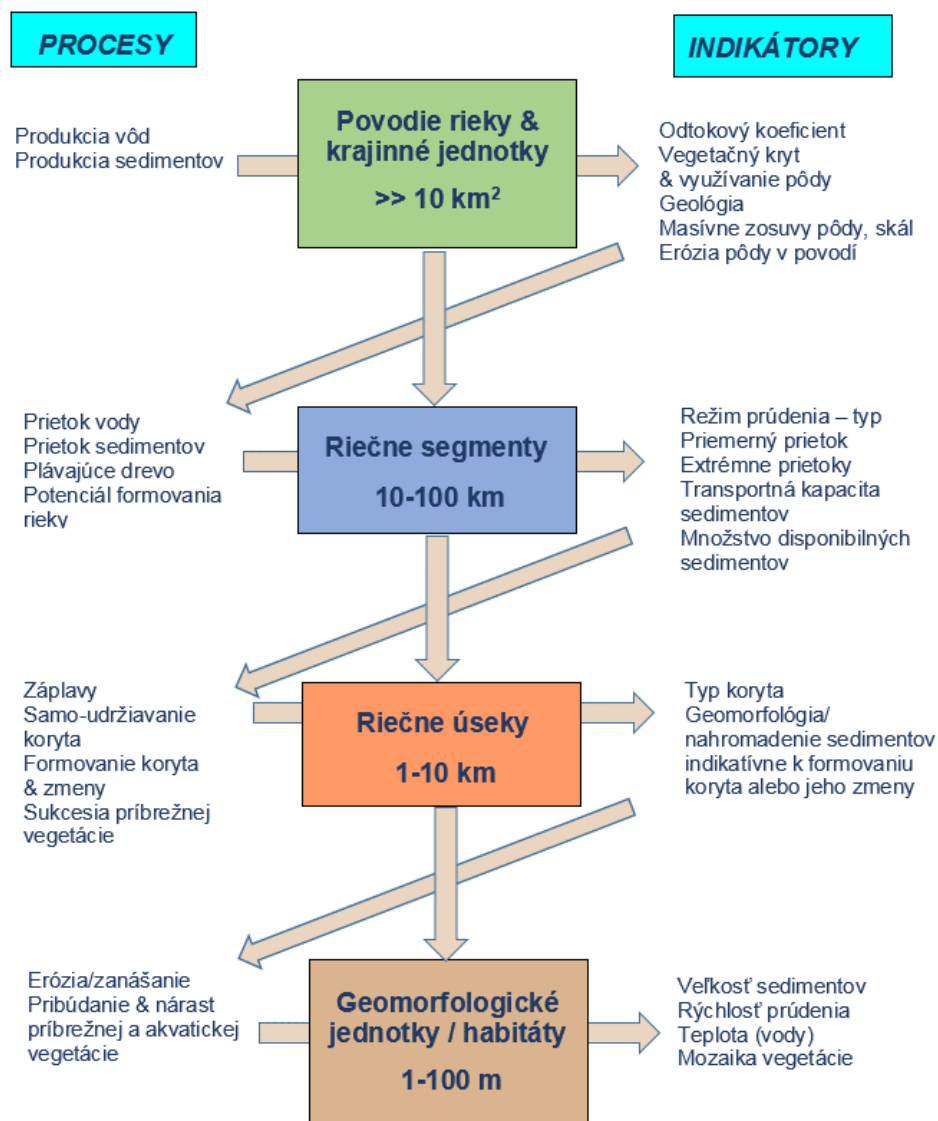
6.1 Základné princípy a východiská

Metodický postup poskytuje súbor metód a nástrojov pre praktické hodnotenie a monitorovanie hydromorfologických podmienok tokov. Je zostavený na základe postupnosti jednotlivých krokov, ktoré vedú (po doplnení druhej časti metodiky) k stanoveniu hydromorfologických riečnych podmienok. Výsledky hodnotenia môžu byť využité k posúdeniu ekologického stavu vôd (RSV) a tiež ako podpora výberu vhodných opatrení pre manažmentové plány povodia.



Obr.6.1 Hierarchia priestorových jednotiek pre hydromorfológiu vrátane ich orientačnej veľkosti a prislúchajúcich časových mierok, v rámci ktorých pôsobia (podľa Gurnell et al., 2014)

Pre mnoho oblastí praktického manažmentu povodia je viacúrovňový hierarchický prístup zásadný pre vykonanie priestorových analýz. V metodike využívame viacúrovňový hierarchický prístup odvodený v práci Gurnell et al. (2014), ktorý vytvára *priestorový rámec* pre hydromorfologické hodnotenie (obr.6.1). V metodike je zahrnutý aj časový kontext, v rámci ktorého je fluvialny systém dynamický a sleduje komplex vývojových trajektórií s časom reagujúc na sériu riadiacich premenných, ktoré pôsobia v rôznych priestorových a časových mierkach (Brierly et al., 2008).



Obr.6.2 Schéma indikátorov a súvisiacich procesov v priestorových jednotkách (REFORM, 2015)

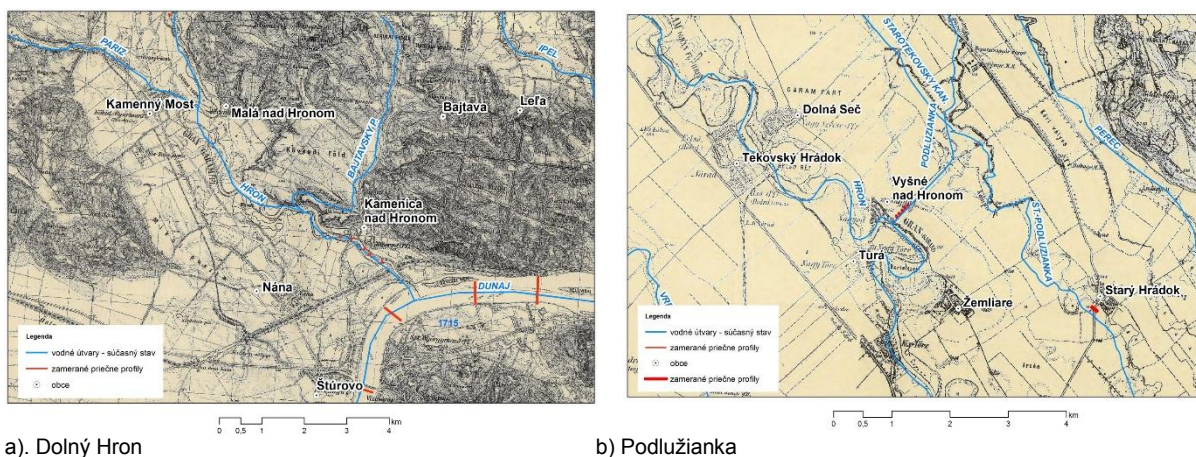
Schéma (obr.6.1) ukazuje fungovanie povodia v rámci uvažovaného priestorového členenia riečnej siete a vplyv špecifických procesov pôsobiacich vo väčších priestorových jednotkách na menšie jednotky (REFORM, 2015).

Časová mierka

Morfológia a riečne procesy: Pre hodnotenie morfológie a riečnych procesov v rámci úseku a segmentu – je časová mierka posledných 100 rokov. **Zdroje informácií:** mapy, Google Earth, ortofoto snímky (SR, 1950), technické záznamy, pasporty riek, databáza vodohospodárskych objektov a brehových opevnení (VÚVH, SVP, š.p.). Detailnejšie analýzy posledných 20 rokov – alebo presnejšie obdobia spojené s realizáciou kľúčových úprav.

Hydrológia – minimálne časové rady 20 rokov pre analýzu súčasného stavu a dlhšie rady (20 až 50 rokov) z obdobia pred rokom 1970, pre posúdenie dlhodobého vývoja od neovplyvneného stavu (resp. menej ovplyvnený stav – referenčný stav) po súčasnosť.

Obmedzenie monitorovania: nemalo by sa vykonávať okamžite po výskyte väčšej povodne (Q s opakovaním viac ako 10-20 rokov). Takéto extrémne prietokové situácie môžu značne ovplyvniť interpretáciu výsledkov vo vzťahu k morfológickému tvaru koryta a prebiehajúcich procesov. V takýchto prípadoch sa odporúča aby sa monitorovanie uskutočnilo až po niekoľkých rokoch (2-3 roky).



Obr.6.3 Príklady porovnania súčasný / historický- referenčný stav (III. Vojenské mapovanie)

Referenčné podmienky (*pristine conditions*) sa vzťahujú k pôvodnému nenarušenému stavu rieky daného hydromorfologického typu (obr.6.3 a,b), bez akýchkoľvek vplyvov ľudskej činnosti a tlakov. Takéto podmienky sa však na európskych tokoch vyskytujú len veľmi zriedkavo najmä preto, že prietoky vody a sedimentov sú rôznou mierou ovplyvnené vo všetkých priestorových jednotkách. Úplné referenčné podmienky sa vyskytujú tak iba v ohraničených pramenných oblastiach riek. Preto revidovaná CEN norma odporúča použiť termín: **takmer prirodzené referenčné podmienky**.

V procese vymedzovania a charakterizovania povodia - krajinných jednotiek, údolných segmentov a riečnych úsekov - sú zhromažďované informácie o procesoch, morfológických útvaroch a ľudských zásahoch pôsobiacich v rôznych časových obdobiach (mierkach) a ako

sa menia v čase. Tieto informácie môžu byť využité k identifikovaniu úsekov s nasledujúcimi *takmer prirodzenými vlastnosťami*:

- a) takmer prirodzený režim prúdenia vody a transportu sedimentov a pozdĺžnou kontinuitou bez akýchkoľvek významných bariér alebo opatrení na reguláciu prietokov *v oblasti nad riečnym úsekom*
- b) takmer prirodzené charakteristiky a procesy *v riečnom úseku* s veľmi nízkym stupňom ovplyvnenia ľudskou činnosťou a voľnosťou koryta a záplavového územia prispôbiť sa procesom prúdenia a transport sedimentov (voľné prúdenie a formovanie koryta)

Úseky riek, ktoré spĺňajú obe tieto kritéria (a, b) zodpovedajú referenčným podmienkam úsekov daného morfológického typu a priestorového členenia (krajinná jednotky, údolný segment). Úseky riek daného hydromorfológického typu, ktoré spĺňajú kritérium (b) ale nespĺňajú kritérium (a) prezentujú referenčné podmienky úsekov zodpovedajúce modifikácii ich režimu prietoku vody a sedimentov. Tieto úseky môžu iba indikovať referenčné podmienky pre iné úseky, ktoré majú podobný režim prietokov vody a sedimentov a podobné krajinné jednotky. Pri absencii lokálnych referenčných úsekov, môžu byť úseky z iných povodí použité v prípade ak majú podobný režim prietoku vody a sedimentov a podobné krajinné jednotky. Informácie zhromaždené v procese charakterizovania priestorových jednotiek v rámci jedného alebo viacerých povodí môžu byť alternatívne využité nasledovne:

- pre identifikáciu riečnych hydromorfológických typov všetkých úsekov v rámci rovnakej krajinskej jednotky
- pre triedenie úsekov využitím informácií o tlakoch a k identifikovaniu takých úsekov, ktoré sú (alebo v minulosti boli) najmenej ovplyvnené ľudskou činnosťou (tlakmi)
- na identifikovanie súboru riečnych hydromorfológických typov, ktoré fungujú v rámci krajinskej jednotky s minimálnymi tlakmi, ich 'referenčných charakteristík' a ako sa tieto prispôbujú meniacim procesom.

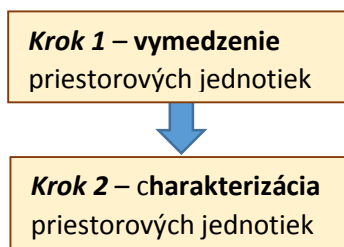
Prvá časť metodiky pozostáva z dvoch hlavných častí: 1) **vymedzenie priestorových jednotiek** riečneho systému a 2) **charakterizácia priestorových jednotiek** - definovanie hlavných indikátorov hydromorfológických zmien pre kategórie: morfológia a riečne procesy (kontinuita, konektivita), ktoré umožnia zhodnotiť vplyv minulých zásahov vykonaných v minulosti na súčasný morfológický stav. Hydrologické podmienky sa hodnotia samostatne. Metodika obsahuje aj dva základné protokoly pre monitorovanie hydromorfológickej kvality a to pre ohraničené toky a zvlášť pre neohraničené a čiastočne ohraničené toky.

Hodnotiaci systém (metóda klasifikácie a triedy kvality) bude obsahovať druhú časť metodiky (2019-20), ktorá bude vychádzať z pripravovanej revízie druhej CEN normy (EN 15843:2010) pre hydromorfológiu - *určovanie stupňa modifikácie hydromorfológických tokov*.

6.2 Priestorové vymedzenie geografických oblastí v povodí

Súčasný stav: Hlavným kritériom pri vymedzovaní vodných útvarov na Slovensku bola nadmorská výška a bližšie nešpecifikované ekologické kritéria. Tak vznikli vodné útvary ako základná jednotka členenia povodí v SR. Spôsob, ktorým sa vykonalo členenie vodných útvarov nerešpektoval hierarchický prístup a ani morfológická typológia riek. To viedlo k tomu, že mnoho vodných útvarov malo príliš veľkú dĺžku (napr. Ipeľ – 170 km) a vyskytovali sa v nich viaceré morfológické typy. Okrem toho sa v rámci jedného útvaru pomerne často vyskytuje aj niekoľko bariér (napr. Váh). V takto vyčlenených vodných útvaroch sa vyskytujú rôzne morfológické typy tokov s odlišnými vlastnosťami a riečnymi procesmi (odlišný režim prietokov vody i sedimentov) a pôsobia v nich aj odlišné tlaky. Za takýchto podmienok je veľmi obtiažne vybrať takú lokalitu pre hydromorfológický monitoring, ktorá by bola pre vodný útvar dostatočne reprezentatívna. Vzhľadom k tomu, že na definované vodné útvary SR sú viazané aj na hydrobiologický monitoring a následne i plán revitalizačných opatrení nie je možné toto členenie meniť. Preto odporúčame vykonať hierarchické vymedzenie priestorových jednotiek – segmentáciu (v zmysle schémy na obr. 6.1) v jednotlivých povodiach SR bez ohľadu na existujúce vodné útvary. Následne sa obe vrstvy GIS prepoja a hydromorfológický monitoring sa vykoná na takom počte riečnych úsekov, aký bude spadať do *vodného útvaru*.

Priestorové vymedzenie jednotlivých oblastí v rámci povodia a priestorová charakterizácia fluviálneho systému zahŕňa dva kroky: **1) vymedzenie priestorových jednotiek a 2) charakterizovanie priestorových jednotiek**



Prvý krok: Fyzickogeografické vymedzenie - definovanie jednotlivých oblastí riečnej siete v **povodí** – identifikovanie makro území (krajinné alebo fyzickogeografické jednotky) a makro-úseky (segmenty) s podobnými morfológickými charakteristikami. Hlavné **krajinné jednotky** možno rozdeliť do nasledovných hlavných oblastí: hornaté, kopcovité, nížinné (v prechodných prípadoch napr. hornato-kopcovité). Časti toku v krajinskej jednotke sú definované ako **segmenty**. V rovnakej krajinskej jednotke rieka môže byť ďalej rozdelená na viac segmentov v závislosti na ďalších faktoroch vrátane významných zmien údolia (napr. ohraničenosť, kontinuita aluviálnych nánosov) a gradientu, sútok hlavných prítokov. Údolné segmenty majú bežne dĺžku až niekoľko desiatok kilometrov (~100 km). Segmenty obsahujú ďalšie jednotky – **úseky**, ktoré sú identifikované na základe špecifikovaných kritérií (tab.6.2). Vymedzením sa

rozdelení povodia a riečna sieť na hierarchické priestorové jednotky, kde **ÚSEK** je kľúčová priestorová jednotka, ktorá sa použije na hodnotenie hydromorfologických podmienok (dĺžka 20-25 násobok šírka pri Q_k).

Tab.6.1 Postupnosť krokov pri vymedzení a segmentácii riečnej siete (modifikoval Rinaldi et al., 2013)

Postupnosť	Kritériá	Výstupy
a) Rozdelenie povodia na celky - identifikovanie krajinných jednotiek (alebo geograf.)	Geologické a geomorfologické charakteristiky	Krajinné celky- jednotky Segmenty
b) Ohraničenosť - definovanie typológie	Laterálne ohraničenie	<i>Typológia ohraničenia:</i> ohraničené, čiastočne ohraničené, neohraničené
c) Morfologické riečne typy identifikácia	Pôdorysné charakteristiky (sínusoida, divočenie, vetvenie)	Morfologická typológia: <i>Ohraničené:</i> jednoduché koryto, prechodné, divočiace, vetvené (anastomózne) <i>Čiastočne ohraničené – neohraničené:</i> priame, zvlnené, meandrujúce, prechodné, divočiace, anastomózne
d) Ďalšie prvky pre vymedzenie úseku	Ďalšie diskontinuity v hydrológii, sklone dna, charakteristické geomorfologické útvary, veľkosť sedimentov, šírka koryta, šírka inundácie	Úseky

6.2.2 Vymedzenie priestorových jednotiek

Vymedzenie je založené prevažne na existujúcich údajoch (topografické, geologické, využívanie zeme) a údaje diaľkového prieskumu zeme ktoré sú analyzované v GIS. Kritériá pre vymedzenie priestorových jednotiek sú uvedené v tab.6.2. Rozsah a detailnosť vymedzenia závisí od daných cieľov a veľkosti povodia:

- Pre malé povodia je povodie rozdelené na celý súbor priestorových jednotiek - teda možné aplikovať vymedzenie v plnom rozsahu od povodia po úsek
- Vo veľkých povodiach kde by vymedzenie celého súboru priestorových jednotiek bolo obtiažne, tam sa vymedzia iba krajinné jednotky a segmenty. Úseky sa vymedzia iba v špecifických oblastiach povodia alebo v segmentoch, kde sa vyžaduje detailný prieskum
- Tam kde sa prieskum sústreďuje na jeden alebo viac špecifických úsekov, minimálny rozsah vymedzeného územia by mal zahŕňať priestorové jednotky - krajinné jednotky a segmenty, ktoré tieto *úseky* obsahujú (automatizovaný systém vymedzenia *úsekov* (Alber, Piegay, 2011) môže byť potenciálne využitý).

Tab.6.2 Popis kritérií pre vymedzenie jednotlivých priestorových jednotiek a metódy ich stanovenia

Priestorová jednotka	Popis priestorových jednotiek, hlavné kritériá ich vymedzenia/ metódy a údaje
Ekoregión	Relatívne veľké územie obsahujúce charakteristické zbierky prirodzených komunít a druhov ktoré sú produktom klímy reliéfu tektonických procesov <i>Metóda a zdroj dát:</i> www.globalbioclimate.org – použiť Biogeographic Region a Sub-Region
Povodie	Plocha povodia (rieka a prítoky) Kritériá: topografické rozdelenie <i>Metóda a zdroj dát:</i> DTM, použitie GIS algoritmu pre vymedzenie topografického rozdelenia územia
Krajinná jednotka	Časť povodia s podobnými morfológickými charakteristikami krajiny Kritériá: topografické formy útvary <i>Metóda a zdroj dát:</i> GIS – DTM (napr. SRTM, ASTER GDEM), geologické mapy (One Geological Europe)
Segment	Úsek rieky s podobnými vlastnosťami údolia (sklon, sediment transport, stupeň ohraničenia údolie...) dĺžka niekoľko desiatok km, <i>Kritériá:</i> významná zmena sklonu údolia, zmena krajinnej jednotky, hlavné prítoky; veľký laterálny prísun sedimentov v horských oblastiach <i>Metóda a zdroj dát:</i> Google Earth, ortofoto snímky, nástroje GIS v kombinácii s DTM s riečnou sieťou – definovanie hraníc v sklone údolia (a šírke) hlavné segmenty môžu byť rozdelené do sub-segmentov podľa ďalších kritérií (zmeny v ohraničení údolia)
ÚSEK	Časť rieky pozdĺž ktorého sú hraničné podmienky dostatočné jednotné rovnomerné – rovnaké vlastnosti, aby si rieka udržala rovnaké ročné procesy; riečny segment môže obsahovať jeden až niekoľko úsekov; <i>Kritériá:</i> morfológia koryta – typ (pozri základná typológia obr.5.14, A), bez významnejších zmien v sklone dna a veľkosti sedimentov; umelé narušenie kontinuity (priehrady, hate, stupne, prehrádzky, atď.), zmeny inundácie (diskontinuita) <i>Metóda a zdroj dát:</i> segmenty sú rozdelené na úseky vizuálnym hodnotením na konzistentné riečne a inundačné geomorfologicky sieť použitím: Google Earth, ortofoto snímky, LIDAR, nástroje GIS v kombinácii s DTM s riečnou sieťou a info o rozmiestení objektov, úpravy brehov....,
Geomorfologická jednotka	Plocha obsahujúca útvary, ktoré boli vytvorené pôsobením erózie/sedimentácie vo vnútri koryta alebo mimo neho (útvary v inundácii, útvary na dne a v koryte) a na okrajoch koryta – brehy (útvary v brehovej línii alebo pozdĺž brehu) alebo akvatické habitáty v inundácii – (relikty, ramená) <i>Kritériá:</i> hlavná geomorfologická jednotka koryta a inundácie identifikovaná odlišnou formou, štruktúrou sedimentov (veľkosťou sedimentov, hĺbkou vody a jej rýchlosťou, niekedy aj veľkými kmeňmi mŕtveho dreva, stanovišťami vegetácie (akvatická/ príbežná) – určuje diverzitu fyzikálnych habitátov (mezo-habitát, biotop, napr. brod-zdrž) vhodné pre vodnú faunu a flóru <i>Metóda a zdroj dát:</i> vyžaduje terénny prieskum, možnosť predbežnej analýzy s vžitím: Google Earth ortofoto snímky, nástroje GIS v kombinácii s DTM, LIDAR dáta
Hydraulická jednotka	Priestorovo odlišné časti koryta s relatívne homogénnym prúdením, charakterom a dnovým materiálom <i>Kritériá:</i> časti koryta s rovnakou hĺbkou, rýchlosťou a šmykovým napätím pri dne- pri rôznych hladinách s porovnateľnou veľkosťou sedimentov; výskyt viazaný na mezo-habitáty <i>Metóda a zdroj dát:</i> terénny prieskum, modelovanie
Riečny prvok	Prvky riečneho prostredia zahŕňajú časti dna (plôšky) so sedimentami, vegetáciou, zvyškami dreva, výskyt viazaný na mikro-habitáty <i>Kritériá:</i> významné izolované prvky vytvárajúce špecifické habitáty alebo ekologické prostredie <i>Metóda a zdroj dát:</i> terénny prieskum

Výsledkom prvého kroku – **vymedzenie**, je syntéza údajov a informácií, ktoré definujú krajinnú jednotku a segmenty ako je geologický náčrt, DTM a sklony údolia s vyznačením prispievajúcich čiastkových povodí; mapa GIS s krajinnými jednotkami, segmentami a úsekmi a sumárna tabuľka so zoznamom priestorových jednotiek (krajinná jednotka, segment, úsek) a informáciou o kritériách, ktoré sa použili k ich vymedzeniu (hranice medzi nimi).

6.2.2 Ohraničenosť koryta - obmedzenie laterálneho pohybu

Stupeň ohraničenia: určuje pozdĺžne ohraničenie v údolí. Korešponduje s percentom brehov ktoré nie sú priamo v kontakte s nivou, ale sú v kontakte so svahom alebo terasami, k celkovej dĺžke oboch brehov (Brierly and Friers, 2005; Rinaldi et al., 2013, Gurnell et al., 2015).

Potom ako sú identifikované a vyznačené svahy a terasy môže sa určiť stupeň ohraničenia v rámci troch definovaných skupín:

Ohraničené toky: viac ako 90% brehov sú priamo v kontakte so svahmi alebo terasami. Inundácia sa vyskytuje len v určitých limitovaných malých plochách (<10%)

Čiastočne ohraničené: brehy sú v kontakte s inundáciou na dĺžke v rozsahu od 10 do 90%

Neohraničené: menej ako 10% dĺžky brehov je v kontakte so svahmi alebo terasami. Inundácia je takmer kontinuálna a rieka nemá žiadne laterálne obmedzenia

Tab. 6.3 Definovanie tried ohraničenia koryt tokov kombináciou stupňa ohraničenia a indexu ohraničenia (Rinaldi, et al.2012)

Triedy ohraničenia	Popis
Ohraničené	Všetky prípady so stupňom ohraničenia > 90% Stupeň ohraničenia od 10% do 90% a s indexom ohraničenia ≤ 1.5
Čiastočne ohraničené	Stupeň ohraničenia od 10% do 90% a s indexom ohraničenia > 1.5 Stupeň ohraničenia < 10% a s index ohraničenia $\leq n$
Neohraničené	Stupeň ohraničenia < 10% a s index ohraničenia > n

Index ohraničenia (O_{hr}): je definovaný ako pomer šírky inundácie (vrátane koryta) a šírky koryta, je teda nepriamo úmerný k ohraničeniu: najnižšia hodnota 1 – vyjadruje, že šírka koryta a inundácie je rovnaká. Rastúca hodnota indexu ohraničenia vyjadruje zväčšovanie šírky inundácie. Na základe rozsahu hodnôt indexu sú stanovené nasledovné typy ohraničenia:

Vysoká miera ohraničenia: index O_i ~ od 1 do 1,5

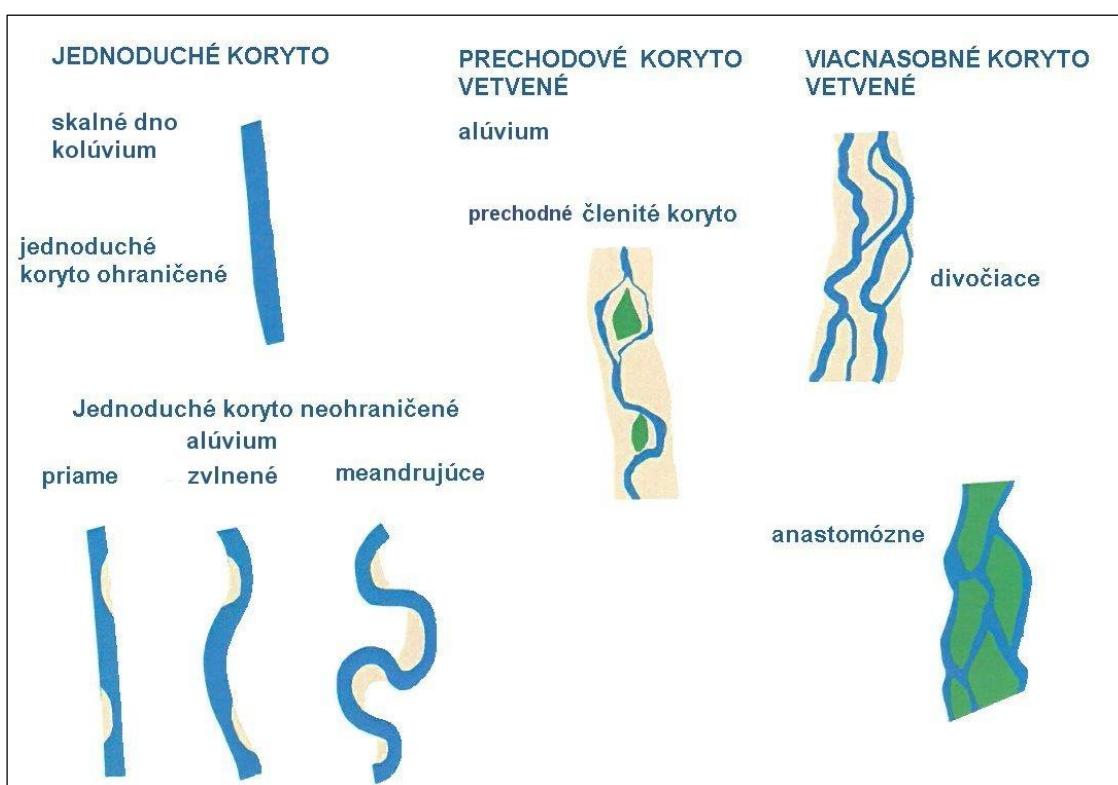
Stredná miera ohraničenia: index O_i ~ od 1,5 do n

Nízka miera ohraničenia: index O_i vyššie ako n

Kde n = 5 pre jednoduché koryta, n = 2 pre vetvené alebo prechodné koryto.

6.2.3 Morfológické riečne typy

V tomto kroku sa definuje a klasifikuje morfológia koryta (obr.6.4). Definovanie a klasifikovanie morfológického typu koryta sa vykoná na základe ohraničenia, indexov sínusoidy, divočenia, vetvenia (konfigurácia dna). Čiastočne ohraničené a neohraničené korytá sa klasifikujú na základe ich pôdorysných charakteristík – indexov sínusoidy, divočenia a vetvenia (anastomózne toky).



Obr.6.4 Morfológická typológia prirodzených riek – A) sedem základných typov, podľa Rinaldi et al. (REFORM, 2015)

Index sínusoidy (S_i) - je definovaný ako pomer medzi dĺžkou meranou pozdĺž hlavného koryta a dĺžky meranej v hlavnom smere celkovej pôdorysnej trasy

Index divočenia (D_i) – je definovaný ako počet aktívnych koryt pri minimálnom prietoku, ktoré sú oddelené lavicami

Index vetvenia (V_i) – je definovaný ako počet aktívnych koryt pri minimálnom prietoku ktoré sú oddelené ostrovmi pokrytými vegetáciou

Na základe týchto parametrov (tab.6.4) je definovaných nasledovných šesť základných riečnych typov (Gurnell et al., 2015), pre čiastočne ohraničené a neohraničené korytá tokov.

- Jednoduché koryto: priame, zvlnené, meandrujúce
- Prechodné: prechodné koryto
- Vetvené: divočiace, anastomózne

Ďalšie subtypy, popísané v rozšírených riečnych typoch (Gurnell et al., 2015) môžu byť identifikované v rámci kroku 4 a v procese charakterizácie a hodnotenia (viď. kapitola 5.3, obr.5.14, B). Ohraničené toky sú rozdelené do dvoch skupín: s jednoduchým korytom alebo vetveným korytom (prípadne prechodné). Tieto toky nie sú ďalej klasifikované. Ohraničené vetvené a prechodné korytá, sú identifikované s využitím rovnakých kritérií ako čiastočne ohraničené alebo neohraničené.

Tab.6.4 Kritériá a hraničné hodnoty indexov pre morfológickú klasifikáciu čiastočne ohraničených a neohraničených koryt tokov (modifikované Rinaldi et al., 2012, 2013, Gurnell et al., 2015)

Typológia tokov	Index sínusoidy (S_i)	Index divočenia (D_i)	Index vetvenia (A_i)
Priame (P)	$1 \leq S_i < 1,05$	$1 \div 1,5$	$1 \div 1,5$
Zvlnené (Z)	$1,05 \leq S_i < 1,5$	$1 \div 1,5$	$1 \div 1,5$
Meandrujúce (M)	$\leq 1,5$	$1 \div 1,5$	$1 \div 1,5$
Prechodné (W)	nehodnotené	$1 < D_i < 1,5$	$1 < A_i < 1,5$
Divočiacie (D)	nehodnotené	$\geq 1,5$	$< 1,5$
Anastomózne (A)	nehodnotené	$1 \div 1,5$	$\geq 1,5$

Dnová konfigurácia môže byť charakterizovaná v nasledujúcej fáze terénneho prieskumu alebo sa môže aplikovať Rozšírená riečna typológia. Na tokoch rozoznávame nasledovné morfológické typy dna (Montgomery and Buffington, 1997; Gurnell et al., 2015):

- korytá so skalným dnom;
- koluviálne koryto – dno v kolúviu;
- aluviálne korytá–dno v aluviálnych sedimentoch (kaskáda, prah-zdrž, brod-zdrž, duny);
- umelé dno – opevnené

6.2.4 Ďalšie prvky pre vymedzenie úseku

V rámci posledného kroku pri vymedzovaní sa na základe ďalších kritérií identifikujú "úseky". K tomu sú potrebné ďalšie údaje: hydrologická diskontinuita (prítoky, bariéry), úpravy-modifikácie, šírka inundácie, šírka koryta, pozdĺžny profil. V tomto kroku sa rozdelia segmenty na úseky, ktoré reprezentujú základnú priestorovú jednotku pre aplikáciu metódy hodnotenia. K ďalším kritériám pre identifikovania úsekov:

- **Zmena geomorfologických jednotiek.** Jednotlivé úseky, ktoré sa nachádzajú v jednom segmente môžu byť identifikované na základe výskytu odlišného typu korytových útvarov (napr. striedanie lavíc na jednom úseku a len občasný výskyt lavíc na susednom pričom morfológický typ toku je rovnaký – zvlnený)

- **Diskontinuita v sklone dna.** Tento faktor je významný pre všetky typy tokov – môže indikovať zmenu morfológického typu alebo vplyv úpravy koryta, zmeny sa objavajú v pozdĺžnom profile dna
- **Prítoky** – vymedzujú významné zmeny v prietokoch a transporte sedimentov
- **Bariéry (hate, priehrady) a ďalšie umelé prvky** – umelé diskontinuity možno identifikovať najmä na základe výskytu priečných bariér (priehrady, hate), ktoré sa uvažujú vždy ako limit pre vymedzenie úsekov. Podobne aj stupne alebo smerné stavby relevantných rozmerov. Tiež časti toku výrazne upravené – napr. nábrežné múry v mestskom prostredí sú vymedzené ako samostatné úseky, alebo horské toky so spevneným dnom prípadne aj úseky so stabilizačnými stupňami alebo prahmi.
- **Zmena v ohrazení toku a/alebo veľkosť inundácie:** v niektorých prípadoch toto môže považovať za ďalšie kritérium
- **Zmena veľkosti dnových sedimentov:** významná a náhla zmena veľkosti dnových sedimentov napr. zmeny zo štrkového dna na pieskové. Táto zmena môže reflektovať zmenu morfológickej typológie

6.3 Charakterizácia priestorových jednotiek – identifikovanie indikátorov

Ak sa ukončí prvý krok: vymedzenie priestorových jednotiek, pristúpi sa k druhému kroku, ktorým je charakterizácia. V rámci charakterizácie sa kvantifikujú vlastnosti priestorových jednotiek a následne sa použijú vhodné charakteristiky k definovaniu indikátorov procesov, morfológických útvarov a ľudských zásahov (tlakov). Súbor vlastností jednotlivých priestorových jednotiek sa použije k ich charakterizácii. Informácie zozbierané vo fáze charakterizácie vychádzajú z indikátorov, ktoré podporujú hodnotenie súčasného a minulého fungovania povodia v jeho definovaných priestorových jednotkách. V tabuľke 6.3 sú uvedené indikátory riečnych procesov, ktoré pôsobia v priestorových jednotkách na úrovni *od povodia po segment* a v tab.6.4 sú uvedené indikátory procesov pôsobiacich na úrovni *úseku*.

Hodnotiaci systém - úsek:

Morfológia a riečne procesy: Na základe kľúčových procesov a indikátorov ich modifikácie boli zostavené indikátory hydromorfológickej kvality – HYMOQ, ktoré sa hodnotia na úrovni základnej priestorovej jednotky – **ÚSEK** (obr.6.1) s využitím informácií o vlastnostiach vyšších priestorových jednotiek (segment, krajinná jednotka, povodie). Indikátory morfológických zmien sú zostavené do dvoch kategórií ktoré však vzájomne veľmi úzko súvisia. V definovaných indikátoroch sú zahrnuté aj významné tlaky (priehrady, hate, ťažba sedimentov, brehové opevnenie, atď.), ktoré vyplývajú na morfológický tvar koryta a riečne procesy (transport sedimentov, vody a zvyškov dreva).

Tab.6.5 Sumár hlavných hydromorfologických indikátorov procesov pôsobiacich v priestorových jednotkách od povodia po segment (REFORM.2014)

KLÚČOVÉ PROCESY	INDIKÁTOR (a jednotky)
POVODIE	
Produkcia vody	Plocha povodia (km ²) Priemerné ročné zrážky (mm) Priemerný ročný odtok/zásoby vody (water yield) Priemerný ročný odtokový koeficient (bezrozmerný) Geológia (% RSV triedy) Pôdny kryt (% , CORINE triedy úroveň I)
KRAJINNÁ JEDNOTKA	
Produkcia povrchového odtoku / retencia	Exponovaná zvodná vrstva, permanentný sneh.-ľadový povrch (%) Priepustnosť pôdy (% triedy priepustnosti) Veľké povrchové vodné útvary (% povrchu) Produkcia územia oneskoreného, stredného, rýchleho odtoku (% povrchu založené na CORINE úroveň 2,3 triedy pre pôdny kryt)
Produkcia sedimentov	Erózia pôdy (t/ha/rok) Zdroje hrubozrnných sedimentov – plocha (nestabilné svahy, rokliny, atď., ha, % plochy)
RIEČNY SEGMENT	
Charakteristiky údolia	Ohraničenosť údolia (kategória) Sklon údolia (m/m, %) Ohraničenie rieky (šírka údolia/šírka toku, bezrozmerné)
Režim prúdenia	Režim prúdenia – typ (kategória) Povodne s odlišnou dobou opakovania (Q ₂ , Q ₁₀ , Q _{stred} , m ³ /s)
Prísun sedimentov a transportný režim	Prísun erodovaných sedimentov (t/rok/km ²) Ročné množstvo plavenín (t/rok, t/ km ² /rok) Ročné množstvo splavenín (t/rok, t/ km ²) Celkové množstvo sedimentov – bilancia (prebytok/deficit - t/rok, t/ km ² /rok)
Prerušenie pozdĺžnej kontinuity-voda, sediment a zvyškov dreva	Počet hlavných priečných objektov, ktoré blokujú (kategória stredné a veľké) a ktoré križujú vodný tok (mosty, priepusty)
Pribežná vegetácia – koridor, funkcie, potenciálny prísun zvyškov dreva	Veľkosť príbežného koridoru (priemerná šírka, m) Pozdĺžna kontinuita/fragmentácia príbežnej vegetácie pozdĺž okraja (% dĺžky segmentu) Okraje koryta ohraničené staršími stromami (potenciálny zdroj veľkých zvyškov dreva _LWD, %)

Pre hodnotenie morfologických podmienok riek bolo definovaných celkom 12 indikátorov (tab.6.7) v troch kategóriách: pôdorysný tvaru koryta / inundácie; dnový materiál, konfigurácia dna a vegetácia. Pre posúdenie riečnych procesov je definovaných 10 indikátorov (tab.6.8),

ktoré umožňujú zhodnotiť mieru ovplyvnenia riečnych procesov (transport sedimentov, vody a zvyškov dreva) v priestore nad úsekom monitorovaným úsekom i v rámci úseku. Komplex 22 indikátorov morfológických podmienok a riečnych procesov tvorí základ pre hodnotiaci systém, ktorý bude obsahom druhej časti metodiky.

Tab.6.6 Sumár hlavných hydromorfológických indikátorov procesov pôsobiach v/na riečnom úseku (REFORM.2014, upravené)

KLÚČOVÉ PROCESY	INDIKÁTOR (a jednotky)
RIEČNY ÚSEK	
Energia prúdenia	Špecifická energia prúdenia pri súčasnej šírke pri Q_k (Q_2, Q_{10}, Q_a), (w/m^2)
Rozsah záplavy	% záplavového územia – územie dosiahnuteľné pre vodu
Typ koryta a rozmery	Priemerná šírka (b), hĺbka (h), pomer šírky k hĺbke (b/h), sklon dna (m/m) Veľkosť sedimenty dna a brehov (priemerné d_{50} , cm) Typ koryta (kategória) Typ záplavového územia (kategória) Výskyt geomorfologických útvarov typických pre daný typ koryta a inundácie
Príznaky zmien súčasného koryta	Erodované brehy (% aktívnej dĺžky koryta) Laterálna aggradácia brehov (% aktívnej dĺžky koryta) Dno pokryté dnovými útvarmi (lavice, ostrovy...) % plochy Rozšírenie/zúženie koryta, aggradácia /degradácia dna (% ovplyvnenej dĺžky) Štruktúra dna: krycia vrstva, kolmatácia – ako príznaky erózie, sedimentácie (% plochy dna) Príbrežná, akvatická vegetácia (% plochy)
Obmedzenia formovania koryta, pohybu vody, sedimentov a zvyškov dreva	Priemerná šírka erodovateľného koridoru (m) Pozdĺžna kontinuita (kategórie) – závisí od počtu a typu bariér a ich záchytnej schopnosti – priehrady, hate, stupne, prehrádzky, priepusty, prahy, mosty... (kategórie) Laterálna konektivita (kategórie) – závisí od rozsahu opevnenia brehov vo vzťahu k erodovaným (voľným) brehom
Dynamika vegetácie (príbrežná, akvatická, a zvyšky dreva	Pomer príbrežného koridoru a príbrežnou vegetáciou (%) Dominantné druhy stromov Príbrežná vegetácia – vekové zloženie (kategórie) Výskyt veľkých zvyškov dreva (LWD) a spadnutých stromov do koryta alebo v priečnom koridore (kategórie) Akvatické rastliny – rozsah (% riečneho dna) Výskyt akvatických rastlín spojených s geomorfologickými jednotkami

Tab.6.7 Indikátory zmien morfológie koryta tokov

MORFOLOGIA KORYTA/ INUNDÁCIE	
PÔDORYSNÝ TVAR KORYTA , INUNDÁCIA	
M1	Pôdorysný tvar - formy a procesy typické pre morfológický typ
M2	Trasa, tvar a šírka koryta
M3	Variabilita priečných profilov
M4	Pozdĺžny profil – zmena sklonu - napriamenie
M5	Ťažba sedimentov - pokles dna
M6	Aktívna inundácia – výskyt fluviaálnych útvarov
M7	Aktívna inundácia – veľkosť, tvar
DNOVÝ MATERIÁL, KONFIGURÁCIA DNA	
M8	Dnové sedimenty- štruktúra dna
M9	Konfigurácia dna (mezo-útvary)
VEGETÁCIA	
M10	Šírka koridoru pôvodnej vegetácie v príbrežnej zóne
M11	Rozsah príbrežnej vegetácie a akvatická vegetácia
M12	Výskyt veľkých drevených prvkov, manažment vegetácie

Tab.6.8 Indikátory zmien fluviaálnych procesov

PROCESY – KONTINUITA - KONEKIVITA	
POZDĹŽNA KONTINUITA NAD ÚSEKOM	
P1	Modifikácia korytotvorných prietokov
P2	Modifikácia prietoku sedimentov (splaveniny)- objekty v koryte
POZDĹŽNA KONTINUITA V ÚSEKU	
P3	Pozdĺžna kontinuita prietokov v úseku
P4	Pozdĺžna kontinuita - transport sedimentov a zvyškov dreva v úseku
P5	Pozdĺžny profil - zmeny úrovne dna
P6	Križujúce objekty - bez zachytnej účinnosti na sedimenty
LATERÁLNA KONEKTIVITA V ÚSEKU	
P7	Konektivita svahov - spojitosť s tokom
P8	Procesy v brehovej línii, erodovateľný koridor
P9	Brehové opevnenie - stabilizácia brehov
P10	Umelé príbrežné hrádze – okraj koryta

Hydrologické podmienky: Prirodzený režim prúdenia – prietokový režim udržuje ekologickú integritu riečneho systému (Poff et al., 1997). Hlavné komponenty prietokového režimu (veľkosť prietoku, frekvencia – početnosť výskytu, časovanie (timing), trvanie a rýchlosť

zmeny) ovplyvňujú vodu, sedimenty a dynamiku zvyškov dreva a tak hydraulické a fyzikálne habitáty, ktoré sa vyskytujú pri jednotlivých vodných stavoch. Preto ľudské tlaky na hydrologické procesy ničia rovnováhu ekosystémov. Pre hodnotenie hydrologického režimu sa využívajú metódy, ktoré s dostatočnou praxnosťou stanovia odchýlku hydrologického režimu z obdobia pred modifikáciou.

Tab.6.9 Indikátory modifikácie hydrologického režimu

HYDROLÓGIA A TYPY PRÚDENIA, DYNAMIKA - SEGMENT	
PRIETOKOVÝ REŽIM (hodnoty denných priemerných prietokov)	
H1	Veľkosť prietoku
H2	Výskyt a trvanie minimálnych prietokov
H4	Frekvencia povodňových prietokov $Q_{5,10,20,50}$ - počet pulzov
H5	Regulované prietoky (derivácie, prevody vody, odbery)
DYNAMIKA PRÚDENIA – hladinový režim	
H6	Vzdutie hladín - hladinový režim korytových prietokov v oblasti objektov
H7	Umelá fluktuácia hladiny (hydropeaking)

Modelovaním je možné stanoviť hydrológiu pre referenčné podmienky napr. metóda IHA (Indicators of Hydrologic Alteration, Richter et al., 1996; Poff et al., 2003; IARI metóda vyvinutá v ISPRA. Táto metóda poskytuje porovnanie rozsahu variability podmienok pôvodných (pred ovplyvnením) a stredné hodnoty hydrologických parametrov pre post-realizačné (po ovplyvnení) podmienky. Hydrologický režim je potom hodnotený tromi triedami: 1) výborné podmienky (žiadna modifikácia) 2) dobré podmienky (stredné ovplyvnenie) a 3) zlé podmienky (vysoký stupeň modifikácie). Hydrológia sa posudzuje na základe analýz dlhodobých radov pozorovaní z merných staníc- preto sa toto hodnotenie pre úroveň – segment, keďže sa predpokladá, že hydrológia sa v rámci segmentu zásadne nemení (aj s ohľadom na rozmiestnenie merných staníc).

Hydrologický režim je analyzovaný samostatne – indikátory modifikácie hydrologického režimu zahŕňajú prietokový režim (veľkosť, výskyt a trvanie, pre prietoky $Q_{5,10,20,50}$, regulácia prietokov – prevody vody, derivácie, odbery) a dynamiku prúdenia (vzdutie korytových hladín, umelá fluktuácia hladiny); zmeny korytotvorného prietoku sú zahrnuté v riečnych procesoch.

V tabuľkách 6.10, 6.11 a 6.12 sú uvedené detailnejšie informácie o indikátoroch morfológie, riečnych procesoch a hydrológie s ich podrobnejším popisom vrátane popisu základných metód ich stanovenia a rozsahu ich aplikovateľnosti na morfologické typy riek podľa ich ohraničenosti (ohraničené, neohraničené, čiastočne ohraničené).

Tab. 6.10 Popis indikátorov morfológických zmien, metódy ich stanovenia a rozsah aplikovania

MORFOLOGIA KORYTA /INUNDÁCIE - ÚSEK			
TVAR KORYTA – PÔDORYSNÝ, POZDĹŽNY A PRIEČNY PROFIL, INUNDÁCIA		Metódy stanovenia	Aplikované
M1	Pôdorysný tvar - formy a procesy typické pre morfo. typ Pôvodný a súčasný pôdorysný tvar (zmeny typológie koryta); rozsah zmeny (% dĺžky z úseku s modifikáciou); výskyt morfológických útvarov typických pre daný typ	<i>Diaľkový prieskum zeme- GIS:</i> identifikácia a zameranie dĺžky modifikovaných častí (kvantit) <i>terénny prieskum:</i> identifikácia/overenie (kvantitatívne);	*ČO-NO; O- prechod-né koryto alebo vetvené
M2	Trasa a šírka koryta Skrátenie trasy toku; (odrezané meandre, preložka), zmeny šírky koryta (ku korytotvornému prietoku)	Historické mapy / pasporty úprav, technické informácie o realizovaných úpravách (ortofoto SR,1950), (kvantitat) http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/	ČO-NO;
M3	Variabilita priečných profilov Podiel dĺžky úseku s modifikovanou variabilitou priečných profilov očakávanú pre daný riečny typ	Terénny prieskum: zmeranie priečných profilov; identifikácia dĺžky modifikácie (kvantitatívne);	Všetky typy; O-nehodnotí sa na tokoch so skal. dno
M4	Pozdĺžny profil – zmena sklonu - napriamania trasy Podiel dĺžky modifikácie trasy toku k dĺžke úseku (odrezané meandre, preložka koryta); zmeny sklonu dna	Historické mapy / pasporty úprav, technické informácie o realizovaných úpravách (ortofoto SR,1950), (kvantitat) http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/	ČO-NO;
M5	Ťažba sedimentov – pokles dna Výskyt po-prúdovej, proti-prúdovej erózie dna vplyvom nadmernej ťažby dnových sedimentov	<i>Databáza úprav koryta:</i> množstvá ťažby sedimentov dna: časové a priestorové, nepriame dôkazy (pokles dna); SVP, š.p. (kvantitatívne)	Všetky typy okrem tokov so skalným dnom
M6	Aktívna inundácia – výskyt fluviaálnych útvarov Výskyt aktívnej inundácie; tvar aktívnej inundácie – veľkosť pôvodného/súčasného územia, výskyt/absencia fluviaálnych útvarov v inundácii pre daný typ (meandre, ramená, mokrade)	<i>Diaľkový prieskum zeme a terénny prieskum:</i> identifikácia a brehov (kvantitatívne);	ČO-NO; vyhodnocuje sa meandruj. a anastomoz. tokoch
M7	Aktívna inundácia - zmeny Náhle zmeny - zúženia inundácie objektami alebo infraštruktúrou, urbanizácia); výskyt bariér v inundácii – deliace objekty, letné hrádzky, vplyv na odtok veľkých vôd;	Diaľkový prieskum zeme- GIS: zameranie dĺžky, šírky (kvantitatívne); Terénny prieskum: identifikácia (kvantitatívne)	ČO-NO; nehodnotí sa na horských tok. pri strmých >3% náplav. kuželov
DNOVÝ MATERIÁL, FORMY DNA			
M8	Dnové sedimenty - štruktúra dna Veľkosť dnových sedimentov – porovnanie s pôvodným stavom výskyt/absencia modifikácie dnových sedimentov (krycia vrstva, kolmatácia, opevnenie dna...)	<i>Terénny prieskum:</i> vizuálne hodnotenie; odbery vzoriek, analýzy (kvantitatívne)	Všetky typy; O-nehodnotí sa toku- skalné dno
M9	Konfigurácia dna (mezo-útvary) Identifikácia konfigurácie dna (kaskáda, prah-zdrž, brod-zdrž) v prípade priečných objektov – porovnanie so pôvodným stavom na základe sklonu údolia	<i>Topografické mapy:</i> priemerný sklon údolia, (kvantitatív.); <i>terénny prieskum:</i> identifikácia konfigurácie dna (kvant.);	O- jednoduché koryto; nehodnotí sa tok skalné dno
VEGETÁCIA			
M10	Šírka koridoru pôvodnej vegetácie v príbrežnej zóne Priemerná šírka vegetačného pásu vo fluviaálnom koridore potenciálne v dosahu procesov v koryte	<i>Diaľkový prieskum zeme – GIS:</i> identifikácia a zameranie strednej šírky funkčnej vegetácie (kvantitatívne)	Všetky typy;
M11	Rozsah príbrežnej vegetácie a akvatická vegetácia Dĺžka príbrežnej vegetácie v priamom kontakte s korytom; Výskyt/absencia akvatickej vegetácie – makrofyty	<i>Diaľkový prieskum zeme – GIS:</i> identifikácia a zameranie strednej šírky funkčnej vegetácie (kvantitatívne)	Všetky typy;
M12	Výskyt veľkých drevených prvkov, manažment vegetácie Výskyt/absencia veľkých kmeňov v koryte; intenzívne kosenie, odstraňovanie príbrežnej vegetácie za posledných 20 rokov	<i>Terénny prieskum:</i> vizuálne hodnotenie (kvantitatívne) ortofoto, satelitné snímky	Všetky typy;

* ČO-častočne ohraničené; NO - neohraničené; O-ohraničené

Tab.6.11 Popis indikátorov zmien fluvialnych procesov, metódy ich stanovenia, rozsah aplikovania

RIEČNE PROCESY – KONTINUITA – KONEKIVITA - ÚSEK			
POZDĹŽNA KONTINUITA NAD ÚSEKOM		METÓDY STANOVENIA	Aplikov.
P1	Modifikácia korytotvorných prietokov Rozsah zmien prietokov spôsobených úpravami nad úsekom (priehrady, odbery vody, retencia)	Hydrologické dáta: vyhodnotenie redukcie/stúpnutia prietokov vplyvom úpravy (kvantitatívne); ak nie sú dáta odhad SHMÚ	Všetky typy
P2	Modifikácia prietoku sedimentov (splaveniny)-objekty v koryte Výskyt, typ, a lokality (čiastkové povodie) objektov so záchytným účinkom na splaveniny (priehrady, hate, stupne)	Diaľkový prieskum zeme- GIS a databáza s objektami: identifikácia objektov a čiastkového povodia (kvantitatívne), SVP, š.p.	Všetky typy
KONTINUITA V ÚSEKU			
P3	Pozdĺžna kontinuita prietokov v úseku Rozsah zmien prietokov spôsobených úpravami v úseku (priehrady, odbery vody, retencia)	Hydrologické dáta: vyhodnotenie redukcie/stúpnutia prietokov vplyvom úpravy (kvantitatívne); ak nie sú dáta odhad, SHMÚ	Všetky typy
P4	Pozdĺžna kontinuita transportu sedimentov a zvyškov dreva v úseku Výskyt priečných bariér (priehrady, stupne, hate, prehrádzky) ktoré modifikujú prirodzený odtok sedimentov a dreva pozdĺž úseku; zachytený účinok objektov na splaveniny pozdĺž úseku	Diaľkový prieskum zeme- GIS a databáza s objektami: identifikácia objektov a čiastkového povodia; kvantitatívne údaje: procesy erózie/zanášania, transportná kapacita (plaveniny, splaveniny)- kvantitatívne; SVP, š.p	Všetky typy
P5	Pozdĺžny profil – zmeny úrovne dna Výskyt a priestorové rozdelenie (nad úsekom/ v úseku/ pod úsekom) objektov, ktoré stabilizujú dno (stupne, hate, prehrádzky, prahy, atď.), zmeny sklonu dna - porovnanie s pôvodným stavom, zmeny úrovne dna za posledných 100 rokov, dôraz na 20 posledných rokov	Technické údaje: priečne profily/ pozdĺžny profil; pasporty a iné záznamy o degradácii /agradácii dna; terénny prieskum; (kvantitatívne), SVP, š.p.,	Všetky typy
P6	Križujúce objekty - bez záchytnej účinnosti Priestorové rozdelenie objektov križujúcich tok: mosty, brody (umelé), ktoré nemajú záchytný účinok na splaveniny	Diaľkový prieskum zeme- GIS a databáza s objektami: identifikácia objektov – stabilizácia dna, (kvantitatívne), SVP, š.p.	Všetky typy
MODIFIKÁCIA LATERÁLNEJ KONEKTIVITY			
P7	Konektivita svahov - spojitost' s tokom Výskyt dĺžka deliacich prvkov (cesty) v príľahlej zóne 50 m od rieky	Diaľkový prieskum zeme- GIS: identifikácia a zameranie dĺžky deliacich prvkov (kvantitatívne); Terénny prieskum : identifikácia deliacich prvkov (kvantitatívne.)	O
P8	Procesy v brehovej línii, erodovateľný koridor Výskyt/ absencia opevnenia brehov, Dĺžka potenciálne erodovateľného koridoru- plochy bez objektov (opevnenia brehov) alebo infraštruktúra (domy, cesty)	Diaľkový prieskum zeme- GIS: zameranie šírky a dĺžky (kvantitatívne); terénny prieskum;	ČO-NO
P9	Brehové opevnenie - stabilizácia brehov Dĺžka opevnených brehov (nábrežné múry, gabiony, výhony, bio-inžinierske opatrenia)	Diaľkový prieskum zeme- GIS a databáza s úpravnými zásahmi – opevnenie brehov: dĺžka opevnených brehov; SVP, š.p.; terénny prieskum (kvantitatívne)	Všetky typy
P10	Umelé príbrežné hrádze – okraj koryta Dĺžka a vzdialenosť hrádzok od koryta (zemné hrádzky, oporné múry,)	Diaľkový prieskum zeme- GIS a databáza s úpravnými zásahmi – hrádzky: dĺžka a vzdialenosť hrádzok od koryta SVP, š.p.(kvantitatívne)	ČO-NO;

* ČO-čiastočne ohraničené; NO - neohraničené; O-ohraničené

Tab.6.12 Indikátory zmien hydrologického režimu a dynamiky prúdenia

HYDROLÓGIA A TYPY PRÚDENIA, DYNAMIKA - SEGMENT		
PRIETOKOVÝ REŽIM (hodnoty denných priemerných prietokov)		Metóda stanovenia
H1	Veľkosť prietoku Zmeny priemerných mesačných prietokov v mernej stanici za posledných 20 rokov k pôvodnému stavu (1950-1990)	Hydrologické analýzy: Rady údajov priemerných denných Q 20-50 rokov;(SHMU) Hydrologické modelovanie
H2	Výskyt a trvanie minimálnych prietokov Výskyt a trvanie minimálnych (Q_{min}) a maximálnych prietokov ($Q_{5,10,20,50}$) za obdobie posledných 20 rokov a porovnanie k stavu (1950-1990)	
H4	Frekvencia povodňových prietokov výskyt a trvanie povodňových prietokov ($Q_{5,10,20,50}$) za obdobie posledných 20 rokov a porovnanie k stavu (1950-1990); počet pulzov	
H5	Regulované prietoky Zmeny prietokov vplyvom - derivácie, prevody vody, odbery; odchýlka zostatkového prietoku (sanitárny prietok) od Q_{eko} , variabilita prietokov vo vzťahu k pôvodnému stavu (pred reguláciou), výskyt a trvanie povodňových prietokov	Hydrologické analýzy: Rady údajov priemerných denných Q 20-50 rokov;(SHMU) Manipulačné poriadky VD, iné údaje o odberoch (SVP.š.p.)
DYNAMIKA PRÚDENIA – hladinový režim		
H6	Hladinový režim korytových prietokov v oblasti objektov Hladinový režim korytových prietokov vo vzťahu s pôvodným neovplyvneným stavom (vzdutie hladiny, pokles hladín – vplyvom erózie)	
H7	Umelá fluktuácia hladiny (hydropeaking) Rozsah zmien hladiny (pokles/stúpnutie) vplyvom špičkovej výroby elektric. energie na hydroelektrárňach; zmena hladiny za deň (m/deň)	Manipulačné poriadky VD, iné údaje o odberoch (SVP.š.p.)

6.4 Monitorovanie hydromorfológie riek – postup prác

Metóda monitorovania hydromorfologických podmienok vodných tokov HYMOK vychádza z použitia teoretických i praktických poznatkov získaných z rôznych oblastí (viď. kap. 6.1). V princípe ju však možno považovať za metódu založenú na expertnom posúdení. Tento prístup je ovplyvnený požiadavkou RSV na rýchlosť a relatívnu jednoduchosť metódy monitorovania hydromorfológie pri aplikovaní na celú riečnu sieť SR (značný rozsah prác, ktoré je potrebné v rámci monitorovania vykonať v pomerne krátkom čase).

Získavanie údajov a informácií o riečnom systéme s využitím prevažne nepriamych metód diaľkového prieskumu zeme (vrátane máp a iných zdrojov), bez priamej kvantifikácie najmä riečnych procesov, môže byť postačujúcim postupom pri hodnotení hydromorfologických podmienok na menších tokoch, avšak pre veľké a stredné toky ako napríklad Dunaj, Váh, Hron, Morava, je takýto postup nedostatočný. Tieto toky sú z veľkej časti upravené a vodo-hospodárky využívané (tlaky: využitie vodnej energie, protipovodňová ochrana, plavba,

odbery vody pre rôzne účely, atď.) aj preto si diagnostika príčin modifikácie a ich dôsledkov na morfológiu a riečne procesy vyžaduje detailnejšie analýzy s využitím rozsiahlejšieho terénneho prieskumu (vrátane meraní a pozorovaní) a prostriedkov numerického modelovania. Výsledky takých analýz umožnia nielen správnu diagnostiku súčasného stavu (príčiny/dôsledky) ale aj prognózu budúceho vývoja pre variantné scenáre revitalizačných opatrení a ich manažment.

Monitorovanie hydromorfologických podmienok tokov vyžaduje realizáciu pomerne veľkého rozsahu *“kancelárskych prác”*, ktoré okrem samotných analýz zahŕňajú aj zber všetkých relevantných údajov a informácií. Veľmi dôležitou súčasťou hydromorfologického monitoringu je *“terénny prieskum”*, ktorý zahŕňa aj základné merania.

Kancelárske práce: prvým dôležitým krokom v prieskume hydromorfológie tokov je prieskum v *“kancelárii”*, ktorý zahŕňa získavanie informácií zo širokého rozsahu súčasných a historických zdrojov, vrátane máp, snímok diaľkového prieskumu zeme, časové rady (napr. prietokov) a ďalších zdrojov, ako sú technické záznamy (objekty na tokoch, opevnenie brehov/dna, ťažba sedimentov, atď.), ktoré sa vzťahujú k danej lokalite, vrátane výsledkov z predchádzajúcich terénnych prieskumov. V rámci tohto prieskumu sa vykonáva dôležitý krok, ktorým je vymedzenie priestorových jednotiek v rámci povodia (obr.6.1) a ich charakteristika. Zbierajú sa informácie o povodí v jeho odlišných krajinných oblastiach, údoliach a riečnych úsekoch, vrátane informácií o zmenách, ktoré sa mohli vyskytnúť v minulosti. Všade, kde je to možné, by takéto zmeny mali byť preskúmané v období posledných niekoľko desiatok rokov (odporúča sa 100 rokov) alebo v období, ktoré je ohraničené hlavnými inžinierskymi zásahmi do riečnej siete.

Zdroje existujúcich údajov a informácií:

- diaľkový prieskum zeme (vrátane kamier a dronov), historické mapy, ortofoto snímky z rôznych časových období, topografické mapy, digitálny terénny model (DTM);
- technické a prevádzkové údaje o objektoch a iných zásahoch na tokoch – pasporty upravených riek, manipulačné poriadky, záznamy o ťažbe dnových sedimentov (SVP, š.p., VV),
- hydrologické údaje z vodomerných staníc – dlhodobé rady priemerných denných prietokov, výsledky analýz zmien vodného režimu povrchových vôd (SHMÚ),
- špecifické výsledky výskumov transportnej kapacity riek, informácie o miere zanášania vodných nádrží (VÚVH)
- údaje zhromaždené v procese implementácie RSV (priečne bariéry)

Terénny prieskum: poskytuje ďalší veľmi významný zdroj dôležitých informácií pre dôsledné charakterizovanie riečnych úsekov (dĺžka úsekov 20-25 x b-šírka toku ku Q_k , ak nie je dĺžka úseku na malých tokoch (šírka ≤ 10 m) stanovená inak nemala by byť menšia ako 100 m).

I keď je terénny prieskum finančne a časovo náročnejší, niektoré dôležité morfológické charakteristiky (konfigurácia dna, veľkosť dnových sedimentov, štruktúra dna; sklon hladiny – sklon údolia môže byť výrazne odlišný; variabilita koryta (b/h); podmienky prúdenia; atď.) najmä stredných a veľkých tokov nie je možné získať z iných zdrojov a v tomto zmysle je teda nenahradiateľný. V rámci terénneho prieskumu sa získajú základné informácie, ktoré sa zaznačia do protokolu, ktorý je navrhnutý v dvoch variantoch v závislosti od miery ohraničenia koryta rieky (ohraničené; neohraničené a čiastočne ohraničené; *príloha č. 1*).

Pozorovania a merania konkrétnych morfológických charakteristík:

- zameranie sústavy priečných profilov (okrem posúdenia variability koryta poskytuje aj referenčné podmienky pre zhodnotenie zmeny po vykonaní revitalizačných opatrení alebo iných zásahov), umožní stanoviť aj lokálny sklon dna v pozdĺžnom profile
- zameranie sklonu hladiny pri danom prietoku – určuje podmienky prúdenia, najmä vo vzťahu k energii prúdenia a dynamike prúdenia (vplyv vzdutia), ktoré majú zásadný vplyv na prebiehajúce riečne procesy
- odbery vzoriek dnových sedimentov – stanovenie charakteristických priemerov zrna umožňuje posúdiť zmeny zloženia a štruktúry (kolmatácia dna, vytvorenie krycej vrstvy) ktoré priamo indikujú riečne procesy (erózia/ sedimentácia)
- identifikácia príbrežnej vegetácie a výskytu akvatickej vegetácie
- identifikovanie dnových útvarov – makro-útvary (lavice, ostrovy), mezo-útvary (brod-zdrž, prah-zdrž, duny)
- identifikovanie stavu brehových línií a inundácie - rozsah erodovateľného brehu, zloženie brehových sedimentov, výskyt opevnenia (rozsah ak nie sú detailnejšie informácie, dĺžka a stav opevnenia);

Vhodná kombinácia výsledkov analýz dostupných informácií a údajov získaných z prieskumu vykonanom v kancelárii s údajmi z *terénneho prieskumu* môže vytvoriť efektívny program hydromorfológického prieskumu.

Odhadovaný rozsah prác: nároky na čas potrebný pre zber a analýzu údajov pre *údolný segment* (jeden alebo viac úsekov – 1 úsek):

- Zber existujúcich dát, materiálov a informácií (závisí od dosiahnuteľnosti dát – 1 až 2 dni)
- Predbežné GIS analýzy – dáta diaľkový prieskum zeme (v závislosti na veľkosti povodia to môže trvať od niekoľko hodín po jeden deň); kombinovanie s dátami a informáciami z externých zdrojov (SVP, š.p., VV, SHMÚ, VÚVH, atď.)
- Terénny prieskum (jeden až dva dni) – merania a pozorovania realizované na *úseku*

- Závěrečné GIS analýzy- premenlivá doba spracovanie závisí od komplexnosti analýz ale maximálne jeden deň pre presné stanovenie všetkých premenných

Zaškolenie personálu:

Vzhľadom k tomu, že aplikovanie metódy HYMOK pre monitorovanie a hodnotenie hydromorfológie predpokladá teoretické vedomosti i praktické skúsenosti z oblasti fluviálnej geomorfológie je nevyhnutné personál, ktorý bude monitoring a hodnotenie hydromorfológie vykonávať zaškoliť. A to ak pre terénne práce (merania a pozorovania), tak aj práce v kancelárii (zber dát, priestorové vymedzenie, charakterizácia).

Takéto školenie je potrebné vykonať pre všetkých pracovníkov, ktorí budú na hydromorfologickom monitoringu spolupracovať až po doplnení druhej časti metodiky, ktorá bude zameraná na samotné hodnotenie hydromorfologickej kvality rieky SR.

31.01. 2019 Bratislava

Ing. Katarína Holubová, PhD.

Príloha č.1 Základné protokoly

Základný protokol pre monitorovanie hydromorfologickej kvality tokov ČIASTOČNE OHRANIČENÉ A NEOHRANIČENÉ KORYTO

Všeobecné

Dátum _____ Technik _____
 Povodie _____ Rieka _____
 Horná hranica _____ Dolná hranica _____
 Kód segmentu _____ Kód koryta _____ Dĺžka koryta _____

Popis priestorovej jednotky

1. Fyzickogeografické vlastnosti

Fyzickogeografický popis _____ H=Hory K=Kopce N=Nížina Krajinná jednotka _____

2. Ohraničenie

Stupeň ohraničenia (%) _____ > 90, 10-90, ≤ 10
 Index ohraničenia _____ 1-1.5, 1.5-n, >n (n=5 jednoduché koryto n=2 vetvené alebo prechodné koryto)
 Trieda ohraničenia _____ CO=Čiastočné ohraničené, N=Neohraničené

3. Morfológia koryta

Letecká alebo satelitná snímka _____ (názov oblasti, rok)
 Index Sínusoidy _____ 1-1.05, 1.05-1.5, >1.5
 Index divočenia _____ 1-1.5, >1.5 Index anastomóznosti _____ 1-1.5, >1.5
 Typológia _____ P=Priame, Z=Zvlnené, M=Meandrujúce,
 PR=Prechodné, D=Divočiace, A=Anastomózne
 Konfigurácia dna _____ SD=Skalné dno, K=Kaskáda, PZ=Prah-zdrž, PD=Ploché dno,
 BZ=Brod-zdrž, VD=Vrásky duny, U=Umelé, N=Neklasifikované
 Priemerný sklon dna **i** _____ Priemerná šírka koryta **B** _____
 Dnový materiál _____ I=Íl, P=Prach, Pi=Piesok, Š=Štrk, K=Kamene, B=Balvany
 Odobrané vzorky _____ (počet)

4. Popis ďalších častí koryta

Nad úsekom _____ Pod úsekom _____
 Zmeny v morfológii, zmeny v sklone dna, sútok, priečna bariéra, zmeny vo veľkosti dnového materiálu...

Doplňujúce dostupné dáta

Odvodňovaná plocha _____ (km²)
 Veľkosť sedimentu D50 _____
 Časť koryta _____ D=Dno, L=Lavica (P=Povrchová vrstva, PO=Podpovrchová vrstva)
 Prietok _____ M=Meraný, O=Odhadovaný, N=Neuvedený
 Vodomerňá stanica _____ Priemerný ročný prietok _____ Q1.5 alebo Q2 _____
 Maximálny prietok (m³/s, rok) _____

Základný protokol pre monitorovanie hydromorfologickej kvality tokov OHRANIČENÉ KORYTO

Všeobecné

Dátum _____ Technik _____
 Povodie _____ Rieka _____
 Horná hranica _____ Dolná hranica _____
 Kód segmentu _____ Kód koryta _____ Dĺžka koryta _____

Popis priestorovej jednotky

1. Fyzickogeografické vlastnosti

Fyzickogeografický popis _____ H=Hory K=Kopce N=Nížina Krajinná jednotka _____

2. Ohraničenie

Stupeň ohraničenia (%) _____ > 90, 10-90

Index ohraničenia _____ (1-1.5)

3. Morfológia koryta

Letecká alebo satelitná snímka _____ (názov oblasti, rok)

Typ koryta _____ J=Jednoduché, V=Vetvene

Ohraničenie jednoduchého koryta

Konfigurácia dna _____ SD=Skalné dno, K=Kaskáda, PZ=Prah-zdrž, PD=Ploché dno,
 BZ=Broď-zdrž, VD=Vrásky duny, U=Umelé, N=Neklasifikované

Ohraničenie vetveného koryta

Index divočenia _____ 1-1.5, >1.5

Index anastomóznosti _____ 1-1.5, >1.5

Typológia _____

P=Prechodné, D=Divočiacie, A=Anastomózne

Priemerný sklon dna i _____

Priemerná šírka koryta B _____

Dnový materiál _____ I=Íl, P=Prach, Pi=Piesok, Š=Štrk, K=Kamene, B=Balvany

Odobrané vzorky _____ (počet)

4. Popis ďalších častí koryta

Nad úsekom _____

Pod úsekom _____

Zmeny v morfológii, zmeny v sklone dna, sútok, priečna bariéra, zmeny vo veľkosti dnového materiálu...

Doplňujúce dostupné dáta

Odvodňovaná plocha _____ (km²)

Veľkosť sedimentu D50 _____

Jednotka _____ D=Dno, L=Lavica (P=Povrchová vrstva, PO=Podpovrchová vrstva)

Prietok _____ M=Meraný, O=Odhadovaný, N=Neuvedený

Vodomerná stanica _____ Priemerný ročný prietok _____ Q1.5 alebo Q2 _____

Maximálny prietok (m³/s, rok) _____

LITERATÚRA

- Alber, A., Piegay, H., 2011: Spatial disaggregation and aggregation procedures for characterizing fluvial features at the network-scale: application to the Rhone basin (France). *Geomorphology* 125, 343-360.
- Eleftheria Kampa and Martina Bussettini (11/2017): Report on Hydromorphological Assessment and Monitoring Methodologies – Rivers: “Workshop on methods for river hydromorphological assessment and monitoring” under ECOSTAT
- Apmann, R. P. 1972. Flow processes in open channel bends. *Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers*. 98 (HEY5), 795-809, 1972.
- Brice, J.C. 1975. Air photo interpretation of the form and behaviour of alluvial rivers. Final report to the US Army Research Office.
- Bridge, J.S. 1993. The interaction between channel geometry, water flow, sediment transport and deposition in braided rivers. In: Best, J.L. and Bristow, C.S. (Eds), *Braided Rivers*. Geological Society of London Special Publication no. 13-63.
- Brierley, G.J., Fryirs, K.A., Boulton, A., Cullum, C., 2008. Working with change: the importance of evolutionary perspectives in framing the trajectory of river adjustment. In: Brierley, G., Fryirs, K.A. (Eds.), *River Futures: An Integrative Scientific Approach to River Repair*. Society for Ecological Restoration International, Island Press, Washington, DC, USA, pp. 65 – 84.
- Brookes, 1988. *Channelized Rivers*. John Wiley, Chichester, UK, 336 pp.
- Bennett, J. P. 1974. Concepts of Mathematical Modelling of Sediment Yield. *Water Resources Research*, Vol. 10, No. 3.
- Brune, G. M. 1958. Sediment is Your Problem, *Agricultural Information Bulletin* No.174, Soil Conservation Service.
- Buffington, J.M., Dietrich, W.E. and Kirchner, J.W. 1992. Friction angle measurements on a naturally formed gravel stream bed: implications for critical boundary shear stress. *Water Resources Research*, **28**, pp.411 - 425.
- Carling, P.A. 1992. In-stream hydraulics and sediment transport. In: Calow, P. and Petts, G.E. (Eds), *The River Handbook*, Vol.1. Blackwell, Oxford, pp. 101 - 125.
- Coleman, J.M. 1969. Brahmaputra river: Channel processes and sedimentation. *Sedimentary Geology*, **3**, 129 - 239.
- Downs. 1995. Estimating the probability of river channel adjustment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20, 687-705.
- Ferguson, R.I. 1987. Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern. In: Richards, K.S. (Ed.), *Rivers, Environment and Process*. Blackwell, Oxford, 129-158.
- Griffiths, G.A. 1981. Flow resistance in Coarse Gravel Bed Rivers. *Proc. ASCE - Journal of Hydraulic Division*, **107**, No.7, pp 899-918.
- Gurnell, A.M., 2014. Plants as river ecosystem engineers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39: 4-25.
- Gurnell, A.M., Belletti, B., Bizzi, S., Blamauer, B., Braca, G., Buijse, A.D., Bussettini, M., Camenen, B., Comiti, F., Demarchi, L., García De Jalón, D., González Del Tánago, M., Grabowski, R.C., Gunn, I.D.M., Habersack, H., Hendriks, D., Henshaw, A., Klosch, M., Lastoria, B., Latapie, A., Marcinkowski, P., Martínez – Fernández, V., Mosselman, E., Mountford, J.O., Nardi, L., Okruszko, T., O’Hare, M.T., Palma, M., Percopo, C., Rinaldi, M., Surian, N., Weissteiner, C., Ziliani, L., 2014. A Hierarchical multi – scale framework and indicators of hydromorphological processes and forms. Deliverable 2.1, Part 1, of REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large – scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656.
- Gurnell, A.M., Belletti, B., Bizzi, S., Blamauer, B., Braca, G., Buijse, A.D., Bussettini, M., Camenen, B., Comiti, F., Demarchi, L., García De Jalón, D., González Del Tánago, M., Grabowski, R.C., Gunn, I.D.M., habersack, H., Hendriks, D., Henshaw, A., Klosch, M., Lastoria, B., Latapie, A., Marcinkowski, P., Martínez – Fernández, V., Mosselman, E., Mountford, J.O., Nardi, L., Okruszko, T., O’hare, M.T., Palma, M., Percopo, C., Rinaldi, M., Surian, N., van de Bund, W., Weissteiner, C., Ziliani, L., 2015a.

- A multi – scale hierarchical framework for developing understanding of river behaviour. Aquatic Sciences, First online, DOI: 10.1007/s00027-015-0424-5.
- Hey, R. D., 1994. Restoration of Gravel-bed Rivers: Principles & Practice, First International Conference on Guidelines for Natural Channel Systems, Ontario.
- Hey, R.D. and Thorne, C.R. 1986. Stable channels with mobile gravel beds. *Journal of Hydraulic Engineering*, **112**, 671-689.
- Holubová, K.1988. Resistance Coefficients in Coarse Gravel Bed Rivers. IAHR–Congres of Fluvial Hydraulics, Proceeding. of the International Conference on Fluvial Hydraulics. Budapest, 164 - 166.
- Holubová, K. 1998. Problémy systematického sledovania eróznio-sedimentačných procesov v oblasti vodných nádrží. *Práce a štúdie*, **135**, VÚVH, Bratislava, 58 pp.
- Howard, A.D. 1967. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56, 275-370.
- Hooke, J.M. 1979. An analysis of the processes of river bank erosion. *Journal of Hydrology*, 42, 39-62.
- Chorley, R.J., Schumm, S.A. and Sugden, D.E. 1984. *Geomorphology*. Methuen, New York, 605.
- Church, M. and Jones, D. 1982. Channel bars in gravel-bed rivers. In: Hey, R.D., Bathurst, J.C. and Thorne, C.R. (Eds), *Gravel bed Rivers*. Wiley, Chichester, 291 - 338.
- Knighton, A.D. 1973. Riverbank erosion in relation to streamflow conditions, River Bollin-Dean, Cheshire. *East Midland Geographer*, 5, pp.416 - 426.
- Lane, E.W. (1935). Stable channels in erodible material. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, **102**, 123 - 194.
- Laronne, J.B. and Reid, I. 1993. Very high rates of bedload sediment transport in desert ephemeral rivers. *Nature*, **366**, pp.148-150.
- Lawler, D. M. 1992a. Process dominance in bank erosion systems. In: Carling, P. and Petts, G.E. (Eds), *Lowland Floodplain Rivers: Geomorphological Perspectives*. Wiley, Chichester, 117-143.
- Lawler, D.M. 1992b. Design and installation a novel automatic erosion monitoring system. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17, pp. 455-463.
- Lawler, D.M., Thorne, C.R. and Hooke, J.M. 1997. Bank Erosion and Instability. In: Thorne, J.C., Hey, R.D. and Newson, M.D. (Eds), *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Wiley, Chichester, pp.137 - 167.
- Leopold, L.B. and Wolman, M.G. 1957. *River Channel Patterns – Braided, Meandering and Straight*. United States Geological Survey, Professional Paper 282B.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. and Miller, J.P. 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman, San Francisco, 522 pp.
- Lewin, J. 1978. *Progress in Physical Geography*, 2, pp 416.
- Markham, A. J. and Thorne, C.R. 1992. Geomorphology of gravel-bed river bends. In: Billi, P., Hey, R.D., Thorne and Tacconi, p. (Eds), *Dynamics of Gravel-bed Rivers*, Wiley, Chichester, pp. 433-450.
- Masterman, R.J. and Thorne, C.R. 1992. Predicting the influence of bank vegetation on channel capacity. *American Society of Civil Engineers, Journal of Hydraulic Engineering*, 118, 1052-1059.
- Nanson, G.C. and Croke, J.C. 1992. A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4, 459-486.
- Oxley, N.C.1974. Suspended sediment delivery rates and solute concentration of stream discharge in two Welsh catchments. In: Gregory, K.J. and Walling, D.E. (Eds), *Fluvial Processes in Instrumented Watersheds*. Institute of British Geographers, Special Publication 6, 141-154.
- Raplík, M. a Szolgay, J.1987. *Kvantitatívna hydromorfológia*. Vysokoškolské skriptá, SVŠT, Bratislava.
- Richards, K.S. 1982. *Rivers: Form and Process in Alluvial Channels*. Methuen, London.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M., Belletti, B., Nardi, L., Lastoria, B., Golfieri, B. (2015): *D6.2 Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index – MQI*. In *Restoring rivers FOR effective catchment Management, REFORM*, 2015
- Rinaldi, m., Surian, N., Comiti, F., Bussettini (2016) **IDRAM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d’acqua**. ISPRA, Versione aggiornata 2016. p. 258.
- Rosgen D.L. 1994. A classification of natural rivers. *Catena*, 22, pp.169-199.

- Rust, B.R. 1978. A classification of alluvial channel systems. In: Miall, A.D. (Ed.), *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Memoir no. 5, 187-198.
- Salo, J., Kalliola, R., Hakkinen, I., Makinen, Y., Niemala, P., Puhakka, M. and Coley, P.D. 1986. River dynamics and the diversity of the Amazon lowland forest. *Nature*. **322**. 254-258.
- Shen, H. W. 1971. *River Mechanics*. Vols. I and II, Fort Collins, Colorado state University.
- Schumm, S.A. 1977. *The Fluvial System*. Wiley, New York, 338 pp.
- Simon, A. and Hupp, C.R. 1986. Channel evolution in modified Tennessee channels. *Proceeding of the 4th Interagency Sedimentation Conference*, Las Vegas, Nevada, vol. 2, 5-71 – 5-82.
- Thorne, C.R. and Abt. 1993. Velocity and Scour Prediction in river bends. Contract report HL-93-1, 39180, 2 parts, 93 pp and 66 pp.
- Thorne, C.R. 1997. Channel types and Morphological Classification. In: Thorne, J.C., Hey, R.D. and Newson, M.D. (Eds), *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Wiley, Chichester, pp.176-217.
- Thorne, C.R. 1981. Processes and mechanisms of river bank erosion. In: Hey, R.D., Bathurst, J.C. and Thorne, C.R. (Eds), *Gravel bed Rivers*. Wiley, Chichester, 227 - 287.
- Thorne, C.R. 1991. Field assessment techniques for bank erosion modelling. Final Report for US Army European Research Office, Research Contract R&D 6560-EN-09, 75 pp.
- Manual ASCE. 1977. Task Committee Sedimentation Engineering. American Society of Civil Engineers, Manuals and reports on engineering practise, New York, 676 pp.