

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

**Stabilizační prvky v říčním korytě -
stabilizace dna**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2014/2015

Eva Rašková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Stabilizační prvky v říčním korytě - stabilizace dna zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 23. 4. 2015

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Dr. Ing. Miloslavovi Šlezingrovi za odbornou pomoc, ochotu a za poskytnuté materiály potřebné k napsání mé bakalářské práce.

ABSTRAKT

Rašková Eva – Stabilizační prvky v říčním korytě – stabilizace dna

Hlavním tématem této bakalářské práce jsou stabilizační prvky v říčním korytě. Od obecných důvodů stabilizace dna se postupně probírají jednotlivé prvky, jejich typy, význam a využití. Následuje podrobný popis stabilizační metody pomocí spádových stupňů a balvanitého skluzu.

Tuto práci doplňuje vlastní návrh příčného prahu.

Klíčová slova: balvanitý skluz, příčný práh, spádový stupeň, stabilizace, vodní tok

ABSTRACT

Rašková Eva - Stabilization elements in a river bed - 1 of river bottom

The main topic of this thesis is stabilizing elements in the river bed. From general purpose of stabilizing the riverbed is gradually discuss individual elements, their types, meaning and use. The following is a detailed description of stabilization methods using a catchment degrees and boulder chute.

This work complements the own design of cross threshold.

Keywords: boulder chute, bumps, gravity level, stabilization, water flow

Obsah

ABSTRAKT.....	4
1. Úvod	6
2. Cíl práce	7
3. Důvody stabilizace dna – v obecné rovině	8
4. Stabilizační prvky ve dně říčního koryta	11
4.1. Prahy.....	11
4.2. Stupně	14
4.3. Skluzy.....	18
5. Návrh a instalace příčného prahu	24
6. Typy spádových stupňů a jejich význam.....	25
7. Balvanitý skluz	30
8. Typy jezových konstrukcí.....	37
9. Závěr	49
10. Summary	50
11. Použitá a doporučená literatura:.....	51

1. Úvod

Již v historii byly vodní toky významným krajinným prvkem určujícím například místo prvního osídlení a ne jinak je tomu dnes, kdy se největší prioritou stala úprava toků za účelem zvýšení ochrany majetku a sídel proti povodním a efektivnějšího využití v zemědělství či dopravě. Mezi největší zásahy do přirozeného charakteru toku řadíme zpevnění koryta toku, stavbu stupňů a jezů v podélném profilu a geometrické změny trasy toků.

Za období největších zásahů na území České republiky můžeme považovat 70. a 80. léta 20. století, rozsáhlé zásahy však podle záznamů vznikaly i mnohem dříve. Nyní by měla být vynaložena maximální snaha o minimalizaci technických zásahů narušujících přirozený vývoj říčních ekosystémů a případné zásahy provádět s co nejmenším vlivem na krajinu.

2. Cíl práce

Cílem mé bakalářské práce je posouzení současných stabilizačních prvků v říčním korytě, konkrétně ke zpevnění dna. Popisuje základní rozdělení stabilizačních prvků a jejich využití. Vlastním přínosem práce je návrh příčné prahu na základě studia doporučených materiálů a zdrojů.

Tato práce je obecným shrnutím tohoto tématu a není zde vlastní návrh pro určité koryto, v budoucnu však může sloužit jako pomocný text pro vypracování diplomové práce.

3. Důvody stabilizace dna – v obecné rovině

Proč musíme dno bystřiny opevňovat, když před úpravou toku nebylo dno zpevněno a přesto nedocházelo k vymílání a prohlubování?

1. Narovnění trasy koryta. Výškový rozdíl mezi začátkem a koncem upravené trasy se nemění, ale narovněním toku zkracujeme jeho délku, tudíž dojde ke zvýšení původního spádu. Proto musíme zmírnit spád nového koryta a to pomocí stupňů.
2. Úprava koryta. Původní koryto je plytké a velká voda vystupovala z břehů a rozlévala se do okolí. Tím pádem vodní sloupec, který tlačí na dno je nízký a voda nepůsobí do hloubky. Po úpravě toku však dojde ke zúžení koryta o větší hloubce a zvýší se unášecí síla vody. Proto provedeme snížení síly vložení stupně do nivelety.
3. Výkopové práce. Při výkopu dojde k prohloubení spodní vrstvy, která je méně odolná vůči unášecí síle a může dojít k erozi.

Pokud na toku nedochází ani k jednomu případu, stabilizace příčnými objekty není nutná. To však bohužel platí pouze u malých toků s mírným spádem. Způsob opevnění závisí na původním spádu koryta. Bystřiny s malým spádem stupňujeme (1stupeň drží dno na 50-100m).

Stabilizace upravovaného koryta by měla být založena především na zachování podélných nerovností nivelety dna, působených střídáním tůní a výmolů a brodových úseků, a také na vytvoření výrazné drsnosti jeho dna. Takové řešení je pak vhodné i z ekologického hlediska. Zároveň nám jde také o stav, při kterém množství přinášených a odnášených splavenin je stejné a nedochází ke změně úrovně dna.

Stabilním dnem se rozumí takový stav, kdy výmoly a nánosy vznikající po úpravě nepřesáhnou očekávanou míru. Není tím tedy na mysli, že se dno nebude při žádném průtoku přetvářet, že při žádném vysokém průtoku vody nebudou vznikat výmoly a při malých průtocích nánosy. Takový návrh by byl nejen neekonomický, ale prakticky neproveditelný. Cílem je zajistit, aby se splaveniny v

toku trvale neukládaly a aby ani na druhé straně nedocházelo k trvalému vymílání dna. (TLAPÁK, HERÝNEK 2001)

Ve většině případů se navrhuje úprava tak, aby dno nemuselo být opevňováno. Výjimečně se opevňuje dno v zastavěných územích, na častých přeložkách toků, v průmyslově a energeticky využívaných oblastech /kde se objevují i úseky s velkými sklony dna přecházející spíše do dlouhých skluzů/, umělých kanálech energetických, průmyslových i zemědělských a to zejména tam, kde jde o bezztrátový převod vody. U opevněného dna se volí návrhový průtok pro odolnost dna v rozmezí Q_{20} až Q_{100} . U neopevněného dna vyvstává problém, na jaké průtoky posuzovat stabilitu materiálu dna. Obecný požadavek je, aby dno jako celek bylo dlouhodobě stabilní. Přitom víme, že průtoky v toku kolísají, někdy ve velmi širokém rozmezí. Rozkolísanost vodních toků charakterizujeme poměrem maximálního a minimálního průtoku. (MAREŠ 1997)

Úprava dna ve stabilním sklonu nevyžaduje souvislé opevňování dna koryta, spolehlivost této metody závisí na volbě vhodného výpočetního vztahu, který nejlépe odpovídá daným podmínkám, a na výstižném provedení rozboru splavenin. Při návrhu podélného profilu je třeba kromě otázek technického řešení a stavebních nákladů mít na paměti požadavky ochrany životního prostředí, protože návrhem bude vždy ovlivněna ekologická stabilita zájmového území.

Při návrhu nivelety je nutné dbát na to, aby koryto nebylo nadměrně zahloubeno, což je nevhodné jak z ekologického hlediska, tak s ohledem na ekonomiku výstavby a z důvodů hydrotechnických, protože rozměrný průtočný profil soustředí vysoké průtoky o nižší četnosti výskytu. Vedení nivelety dna také nemá nepříznivě ovlivnit hladinu podpovrchové vody v pobřežních pozemcích a musí umožnit vyústění všech přítoků a umělých odpadů. (HANÁK, TLAPÁK 2008)

Hlediska pro volbu opevnění: míra stability ohrožené části profilu, začlenění úpravy do okolního území (hledisko tvorby a ochrany krajiny, hledisko urbanismu), možnosti získání místních materiálových zdrojů, provádění výstavby (společenská produktivita práce, úspora živé práce, možnost celoroční práce), vliv objektů na toku, způsob údržby, chemické působení vody, geologické a

hydrologické poměry, splaveniny, jejich velikost a množství, zachování spojitosti podzemní vody mezi korytem a okolním terénem. (PATOČKA, MACURA 1989)

Z důvodů hospodárnosti se opevnění dna navrhuje pouze v omezené míře a to:

- tam, kde nelze připustit vymílání dna a rychlost vody nelze snížit, např. zmenšením sklonu dna stupni,
- tam kde není vhodné omezit vymílání dna příčnými prahy,
- v místech brodů,
- u objektů (přístaviště, apod.),
- v místech, kde bylo úpravou poškozeno stávající dno a hrozí tvorba výmolů,
- v místech, kde bylo porušeno dno vlivem jiné stavební činnosti (stavba mostních pilířů, nábrežních zdí aj.) a hrozí vznik výmolů,
- v místech zaústění (v odůvodněných případech), a jinde. (ŠLEZINGR 2005)

K těmto hlavním požadavkům přistupují *individuální hlediska*, jako je např. chov ryb, rekreace, vodotěsnost koryta, přístup k vodě, chod ledů, plavba.

Hloubka koryta se volí podle požadované průtočné kapacity koryta s ohledem na morfologickou členitost terénu. Pokud se při stejném průtoku vody zvětšuje hloubka koryta, zmenšuje se šířka dna, zvětšuje se průtočnost koryta, ale i namáhání jeho dna a břehů a potoční trať se vzdaluje přírodním poměrům. Mělké a široké koryto je proto méně vhodné z hlediska průtočné kapacity, je však přírodě bližší a namáhání dna a břehů vodním proudem je menší než u koryta hlubokého a úzkého. (HANÁK, TLAPÁK 2008)

4. Stabilizační prvky ve dně říčního koryta

Důvodem stabilizace dna je potřeba snížit energii proudící vody a základním způsobem je zmenšení podélného sklonu bystřinného koryta. Tím pádem není potřeba opevňovat celé koryto, ale stačí levnější, jednodušší a méně rozsáhlá stabilizace břehů a dna. Tento přístup odpovídá přírodnímu principu vývoje koryta a je z ekologického hlediska vhodnější než podélné opevňování dna.

Nejčastěji užívanými typy příčných spádových objektů jsou *prahy* o spádu do 300 mm, *stupně* výšky obvykle do 2 m a *skluzy*.

Souvislé opevnění dna přichází v úvahu např. v městských tratích a to hlavně z důvodů hygienických a estetických, případně pro nutnost provést průtok korytem s co nejmenšími ztrátami - např. u menších toků plnicích funkci recipientu drenážních vod, u kterých se pro zvýšení rychlosti vody a pro usnadnění těžby nánosů někdy dělá koryto hladké a pevné. (MAREŠ 1997)

4.1. Prahy jsou nízké spádové objekty, které slouží k úpravě podélného sklonu a k zajištění nivelety dna koryta proti hloubkové erozi. Zřizují se většinou v delších úsecích v soustavách, jejichž vzájemná vzdálenost se řídí sklonem nivelety a jejich výška je max. 0,3 m. Prahy přepadem vody zvyšují turbulenci proudění, proto je třeba věnovat jejich stabilitě náležitou pozornost. Je třeba dostatečně zabezpečit zejména spadiště prahu a koryto v úseku pod prahem a zajistit, aby nedošlo boční erozi na přepadu k rozšíření koryta a obnažení konstrukce prahu. Také je třeba dbát na to, aby stěna z kulatiny nebyla vodou protékána.

Konstrukce prahu musí zabezpečit utlumení energie přepadu, nejspíše vysokou drsností dopadiště, jinak by bylo snížení sklonu nivelety hydraulicky neúčinné. Proto nejsou vhodné prahey v úsecích zpevněných dlažbou, což je časté v intravilánech obcí. Dopadiště prahu se zřizuje např. z hrubého kamenného záhozu, při použití dlažby je třeba provést její umělé zdrsnění. Obdobně se musí zajistit i břehy v úseku alespoň 1 m nad přelivem prahu a 3 m pod ním. Prahy nepřerušují břehové linie a při vyšších průtocích jsou zaplaveny vodou.

V praxi se velice často zaměňují prahy a stupně. Pokud objekt vystupuje nad úroveň dna, jedná se o stupeň, v případě, že je v úrovni dna, řešíme objekt jako prah.

Při úpravách bystřin v mírném sklonu s pohybem drobných splavenin jsou úspěšně užívány *prahy dřevěné*. Přepadovou stěnu tvoří 2 kulatiny o průřezu 0,2-0,3 m, které jsou upevněny na piloty. Důležité je dostatečné zavázání konstrukce do břehů. Dopadiště se zřizuje z kamenného záhozu nebo z hrubé dlažby z velkých kamenů.



Obr. 1 Prahы z dřevěné kulatiny (autor Lesy ČR, 2006)



Obr. 2 Dřevěné stabilizační prahy (autor Terma, 2005)

V úsecích, kde je potřeba úpravy a stabilizace bystřínného koryta, je velice vhodné použít ***kamenné prahy***. Zvýšíme tím životnost konstrukce a vytvoříme tak vhodný krajínovorný prvek. Navíc je možné použití místního kamene. V případě betonových prahů by navíc mohlo docházet k obrušování splaveninami.



Obr. 3 Kamenné prahy na toku Žernovník (autor Lesy ČR, 2012)

4.2. *Stupně*

Stupně jsou stavby, které slouží ke snížení podélného sklonu dna toku, zaústění drenáže, zvýšení hloubky vodního sloupce a také ke stabilizaci říčního koryta. Skládají se ze tří částí a tím jsou

- těleso stupně
- křídla - upevnění tělesa do břehu
- vývařiště

Je velice důležité, aby došlo k dostatečnému tlumení energie přepadu vody. Z toho důvodu je potřeba opevnit podjezí – vývařiště. V případě říčního proudění v korytě pod stupněm se tlumící účinek vodního skoku podporuje vývarem v podjezí, v případě bystřinného proudění se zřizuje dopadiště bez vývaru, opevněné kamennou dlažbou nebo záhozem z velkých kamenů. Můžeme také navrhnout tzv. klapačku, což je volně uchycený plovoucí dřevěný rošt, který tlumí energii pod jezem. Opevnění dna podjezí musí být pružné, aby nebylo poškozeno otřesy působenými dopadem a turbulencí vody.



Obr. 4 Kamenné stupně na řece Lomná (autor PresiCZ, 2011)



Obr. 5 Příklad spádového stupně na Olši (autor Povodí Odry, 2012)

V případě revitalizací volíme materiál přírodního charakteru – dřevo a kámen, pokud chceme stabilizovat koryto v intravilánu, je možné použít i gabiony, štetovnice, drátokamenné koše a další. Na horních tocích při stabilizaci balvanitých koryt lze použít místní kámen, na dolních tocích v lesní a lužní trati je velice vhodné použití kulatiny, popřípadě kulatiny v kombinaci s kamenem.

Při navrhování určujeme výšku stupně. V případě delšího úseku volíme soustavu stupňů o menším spádu a to jak z ekonomických (nižší náklady, hydraulicky výhodnější – větší plynulost proudění, nezvětšuje se hloubka koryta) tak i z ekologických důvodů. Je potřeba brát v potaz migraci živočichů, která je velice důležitá, obzvláště v oživených tratích. Výška stupňů by neměla přesahovat 1m, jen ojediněle na velkých tocích.



Obr. 6 Kamenný stupeň-detail, Krumlbach -Rakousko (autor Rašková, E., 2014)

4.3. Skluzy jsou příčné objekty, které se nejvíce podobají přírodním útvarům v říčním korytě a přes které voda proudí po skluzové ploše a neodděluje se od jejího povrchu. Z hlediska živočichů tyto objekty narušují migraci minimálně a podle výsledků sledování rybích populací v upravených potočních tratích byl největší počet ryb zjištěn v úsecích úprav s drsnými skluzy.



Obr. 7 Skluz na řece Bečvě (autor Agpol. 2013)

Skluzová plocha je rovinná nebo prostorově zakřivená a pokud je skluz hladký, vyžaduje opevnění vývařště. Nad skluzem se koryto opevňuje v délce nejméně trojnásobku šířky koryta, pod podjezím je vhodné uložit kamennou rovnaninu do dna a do části břehů koryta. Nejčastěji používaným typem skluzu je tzv. **balvanitý skluz**.

Skluzy jsou v podstatě úseky koryta, provedené ve větším sklonu dna a opevněné velkými balvany tak, aby tvořily co nejdrsnější povrch. Balvany jsou uloženy na posypových vrstvách kameniva, možné je i použití filtračních textilií.

Významné objekty při hrazení bystřin jsou **přehrážky**. Jsou to příčné objekty nad úrovní dna se zdržným prostorem k zachycování splavenin. Slouží také k výraznému odstupňování podélného sklonu dna bystřiny. Budují se v úzkých skalnatých profilech bystřiny jako přehrážka jedné výšky nebo soustava nižších přehrážek. Podle účelu se dělí na retenční a konsolidační. Účelem retenčních přehrážek je zastavit přínos splavenin do nižších částí tratí bystřin. Konsolidační přehrážky mají zamezit dalšímu prohlubování koryta bystřin, zachytit velké nánosy splavenin a poskytnout oporu podemletým nebo sesutým svahům. Na jejich výstavbu se používá kamenné zdivo, prostý nebo železový beton, betonové prefabrikáty, ocelové profily, srubové konstrukce, drátokamenné gabiony nebo kombinace těchto materiálů. Uložení splavenin ve vhodných úsecích bystřiny přehrážka zabraňuje škodlivým účinkům jejich transportu.



Obr. 8 Betonová přehrážka na řece Geißbach - Rakousko (autor Rašková, E., 2014)



Obr. 9 Retenční přehrážka na Žďárském potoku (autor J. Mareš, 2008)

Dlažby z lomového kamene a betonové dlažby se uplatňují nejčastěji při opevňování dna v městských tratích, při opevňování horských toků a pro stabilizaci dna v okolí objektů na toku. Jedná se o jedno z nejbezpečnějších a nejtrvalejších opevnění, ovšem poměrně s vysokými požadavky na kvalitní kvalifikovanou ruční práci.



Obr. 10 Příklad kamenné dlažby na Svatce v centru Veverské Bítýšky (autor Rašková, E. 2014)

Používají se 4 druhy dlažeb:

- a) Dlažba na sucho, jejímž podkladem je nejméně 10 cm silná podsypná vrstva, spáry jsou vyplněny hrubým pískem. Používají se pro opevnění břehů v běžných tratích.
- b) Dlažba se zalitím spár cementovou maltou (popř. asfaltem) se používá při větších rychlostech vody hlavně v městských tratích.
- c) Dlažba na cementovou maltu s vyspárováním, u níž se kameny kladou do odvodněné vrstvy malty. Používají se v exponovaných úsecích v blízkosti objektů, kde by vlivem porušení dlažby mohlo dojít k porušení některé části objektu.
- d) Dlažba do betonového lože, u níž se kámen klade do odvodněné vrstvy čerstvého betonu. Najdeme ji v místech s mimořádně velkými rychlostmi vody a při velmi velkém ohrožení dna nebo břehů.

Zához se používá k ochraně paty svahu. Vytvoří se z něj těleso buď zapuštěné, nebo částečně vystupující ze břehu nebo dna koryta. Dále se používá u větších toků, u nichž hladina malých vod je relativně vysoko nade dnem a nelze tedy svahy pod vodou opevnit vegetačně. Zához se dělá z lomového kamene nebo z prefabrikovaných prvků. Často se kamenný zához používá v kombinaci s vrbovým pokryvem, případně pohoze. Jeho výhodou je, že při vhodném navržení chrání svah i při značných deformacích svého tvaru. Nevýhodou je rozměr jednotlivých prvků a strmý sklon znesnadňující přístup k hladině. Často se používá jako mezičlánek mezi tvrdým opevněním a přirozeným materiálem koryta.



Obr. 11 Zához na řece Svatce (autor Rašková, E. 2014)

Pohozy se používají zejména v extravilánu, kde by přirozený materiál dna po úpravě neměl požadovanou odolnost a v místech, kde preferujeme kamenný pohoz před dlažbou. Je nevhodné použít pohoz v místech kde se usazují splaveniny, při následné těžbě by došlo k jeho poškození.

Dělí se podle použitých materiálů a podle úpravy povrchu na:

- a) Prostý pohož, který se rozhrne a urovná na upravenou pláň do předepsaného profilu a tloušťky.
- b) Stabilizovaný pohož, který má povrch, případně i určitou část své tloušťky stabilizovanou uměle.

Podle velikosti použitého zrna dělíme pohozy na:

- a) těžké, kdy materiálem je většinou neupravený lomový kámen. Používaly se hlavně při opevňování horských toků s velkými rychlostmi vody, u splavených toků a kanálů.
- b) lehké, které se provádí buď z přirozených materiálů údolní nivy (šterků), pokud mají požadovanou velikost efektního zrna (tím dojde ke snížení nákladů na přepravu), nebo z hrubého drceného kameniva požadované frakce. Uplatnění mají hlavně na malých i větších tocích.



Obr. 12 Příklad prostého pohožu (autor VŠB-TU, Ostrava 2007)

5. Návrh a instalace příčného prahu

Mým návrhem je nízký práh z kulatiny, vhodný pro všechny typy koryt. Je vhodný především na menších šterkonosných tocích, kde plní funkci opory pro splaveniny.

Pod úroveň dna zapustíme kulatinu o průřezu 0,2-0,3 m a nad něj vložíme kulatinu o stejném průřezu, která bude tentokrát nad úrovní dna. Obě kulatiny jsou zapuštěny do břehů (0,8-1m) a kvůli jejich stabilizaci jsou zasypány kamennou rovnaninou. V ose koryta jsou zajištěny pilotami, v případě širšího koryta nad 1 m se kulatiny zajistí pilotami v patě svahu. V závislosti na šířce koryta se rovněž opevní okolí samotného prahu kamennou rovnaninou (1,5-2 m) a také svahy břehů (1 m)

Tím dosáhneme stabilizace dna, příčného sklonu, podélného sklonu nivelety a stabilizace samotného objektu. Jediným problémem co může nastat, je snížení živostnosti kulatiny při kolísání hladiny a v případě špatného umístění a stabilizace objektu může docházet k podtékání.

Doporučuji použití místního materiálu, snížíme tím pořizovací náklady a vytvoříme krajně blízký prvek. Z důvodu migrace živočichů rovněž doporučuji vytvořit soustavu nižších prahů, která ani za nízkých stavů vody nebude pro živočichy překážkou.

Pořizovací náklady – inženýrské práce, náklady na průzkum. Výše nákladů je závislá na rozměrech a dostupnosti materiálu.

Provozní náklady – žádné. Je potřeba jen běžná údržba

6. Typy spádových stupňů a jejich význam

Konstrukční uspořádání stupňů odpovídá materiálu, ze kterého je objekt vybudován. Objekty dřevěné jsou pouze dočasné, jejich výhodou jsou nízké pořizovací náklady a snadná manipulace v hůře dostupných lokalitách. Nejčastějším materiálem je kamenné zdivo, popř. beton s kamenným obkladem.

Dřevěné stupně se využívají výjimečně z důvodu krátké životnosti, využívají se zejména při revitalizacích nebo ve špatně přístupných místech. Jsou instalovány do koryt s drobnějšími splaveninami a jsou stabilizovány dřevěnými pilotami.

Kamenné stupně mají těleso z lomového kamene, se svislou rubovou a šikmou lící stěnou. K odvedení vody z prostoru nad stupněm jsou ve zdivu odvodňovací otvory. Osa tělesa je přímá, popř. oblouková.

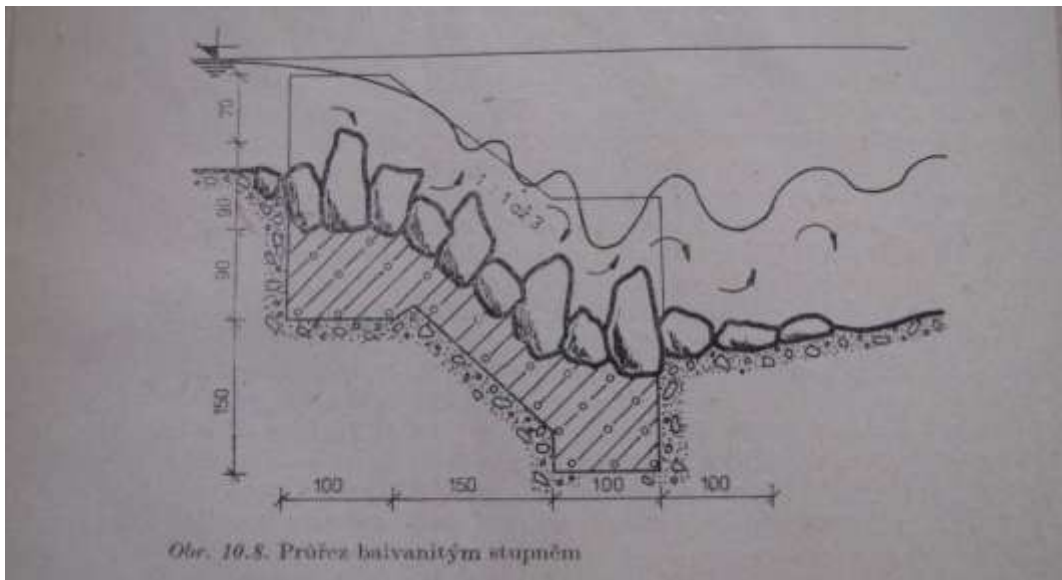
Betonové stupně jsou podobné stupňům kamenným, z důvodu začlenění do okolí se beton obkládá kamenem. U betonových stupňů je rubová i lící stěna svislá.

Klestové stupně mají využití při zahrazování aktivních strží a bystřin s méně sklonitou niveletou, kde se projevuje pohyb drobnějších splavenin. Zřizují se z vrstev klestu, položených na vrstvy šterku silnějším koncem po vodě. Klest je zajištěn kleštinami z tyčoviny a dřevěnými pilotami. Ke stabilizaci podjezí se užívá většinou kamenného záhozu a plůtků z tyčoviny. Jedná se o objekty s omezenou životností s dočasným použitím do doby samovolné stabilizace koryta, ke kterému dochází postupnou sedimentací splavenin. (ZUNA 2008)

Průcezné stupně mají funkce záchytných i ustalovacích objektů a v korytě tvoří příčnou hráz z velkých neopracovaných kamenů se sklony svahů 1:1 až 1:2. Jsou vhodné pro hluboká, úzce zaříznutá koryta sevřených horských údolí. Dimenzují se zpravidla tak, aby průtok Q_1 prosákl tělesem, větší průtoky přepadaly přes korunu paprskem s nevelkou tloušťkou. Po zaplnění nádržového prostoru a při povodňových průtocích přepadá voda přes korunu stupně.

Tlumení kinetické energie pod stupněm je nutno podpořit opevněním dopadiště rovinaninou.

Balvanité stupně jsou spádové objekty bystřin s velkým sklonem dna, z neopracovaných kamenných oblouků, uložených do podkladového betonu se sklonem dna 1:1 až 1:3. Bezpečné použití předpokládá, aby při maximálních průtocích hladina příliš nepřesahovala vrcholy balvanu a proud byl neustále tříštěn. Svahy podél stupně je nutno po ukončení stavebních prací osázet odrostky keřů a lesních dřevin. Použitím říčního kamene lze vytvořit konstrukci dokonale blížkou přírodě. (PATOČKA, MACURA 1989)



Obr. 13 Průřez balvanitým stupněm (Patočka, Macura, 1989)

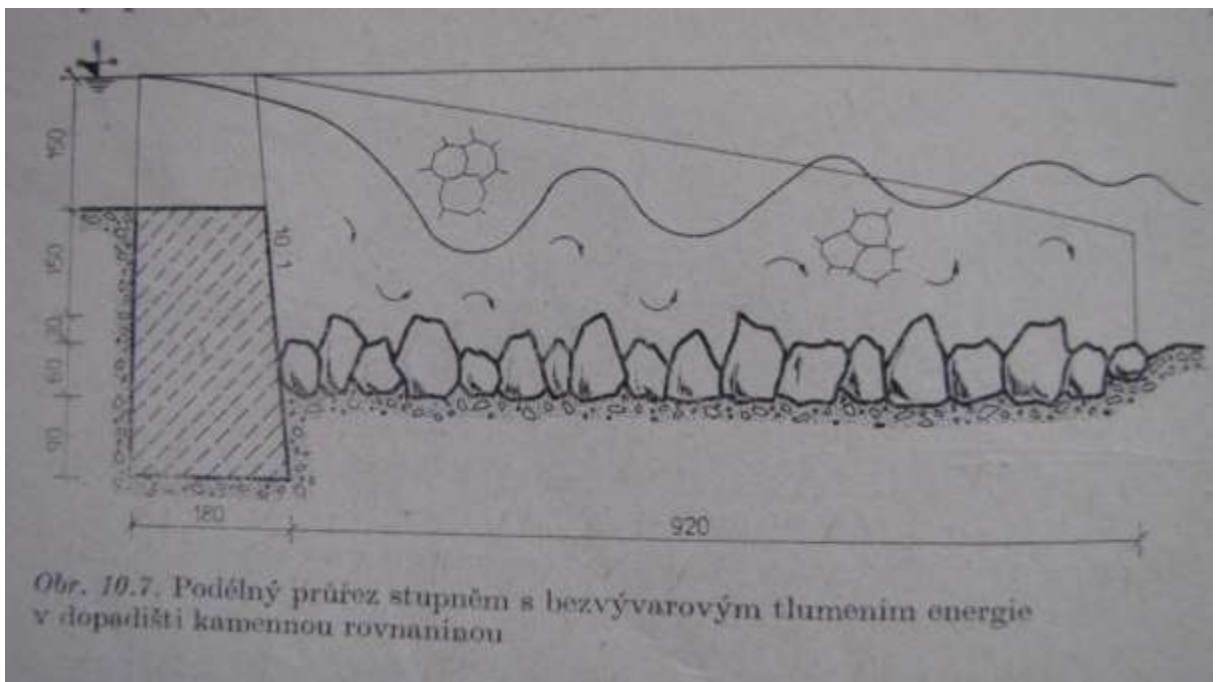


Obr. 14 Jelení potok - kamenné stupně (autor Ing. Radko Novotný, 2007)



Obr. 15 Stupeň na Bílém Labi (autor Kateřina Hájková, 2010)

Stupně lze v horských korytech účelně a hospodárně spojit s *bezvývarovým tlumením energie* v silně zdrsněném korytě, které je štětoviště opevněno uloženou kamennou rovnaninou, protože při bystřinném proudění vody korytem pod stupněm je vývar neúčinný. Libý (1970) experimentálně stanovil délku masivního opevnění dna a části svahů rovnaninou o hmotnosti kamenů kolem 500 až 2000 kg na troj- až sedminásobek výšky stupně (měřeno od místa dopadu paprsku na dno po proudu). Hrozí-li nebezpečí vyplavování jemných frakcí ze základové spáry a pokles rovnaninou opevněného dna, je nutno upevnit balvany do podkladního betonu, popř. je uložit na ochrannou podsypnou vrstvu nebo polypropylenové rouno, mezery vyklínovat a proštěrkovat. (PATOČKA, MACURA 1989)



Obr. 16 Podélný průřez stupněm s bezvývarovým tlumením energie v dopadišti kamennou rovnaninou (Patočka, Macura 1989)

Vybudováním příčné stavby nebo vzdouvacího objektu výrazně narušíme možnosti migrace, u větších staveb tuto migraci znemožníme (jistým řešením je návrh vhodné migrační cesty, ovšem i toto opatření má řadu problémů – prostorových, finančních, aj.). Minimálním narušením je budování soustav nízkých prahů zmenšujících podélný sklon v jednotlivých úsecích toku.

Jejich výška 10-20 cm nemusí tvořit nepřekonatelnou překážku, zejména pokud se hloubka v korytě alespoň po 90 dnů v roce blíží či překoná výšku prahu. Z hlediska revitalizace je však uměle vytvořená příčná stavba výrazně ovlivňující migraci v toku vždy důvodem k zamyšlení (a především důvodem k pokusu o návrh nápravného opatření – úpravy stupně, jeho nahrazení soustavou nižších stupňů, změnou objektu na balvanitý skluz, vypracování návrhu rybího přechodu formou bypassu či jinak).

Z technického hlediska je však spádový stupeň vhodným prvkem podporujícím stabilitu dna zmenšením podélného sklonu a je na horních a středních tocích poměrně často užívanou stavbou. Především v intravilánu má své odůvodnění a výhody oproti např. balvanitému skluzu. (ŠLEZINGR 2010)



Obr. 17 Spádový stupeň (autor Český rybářský svaz, 2007)

7. Balvanitý skluz

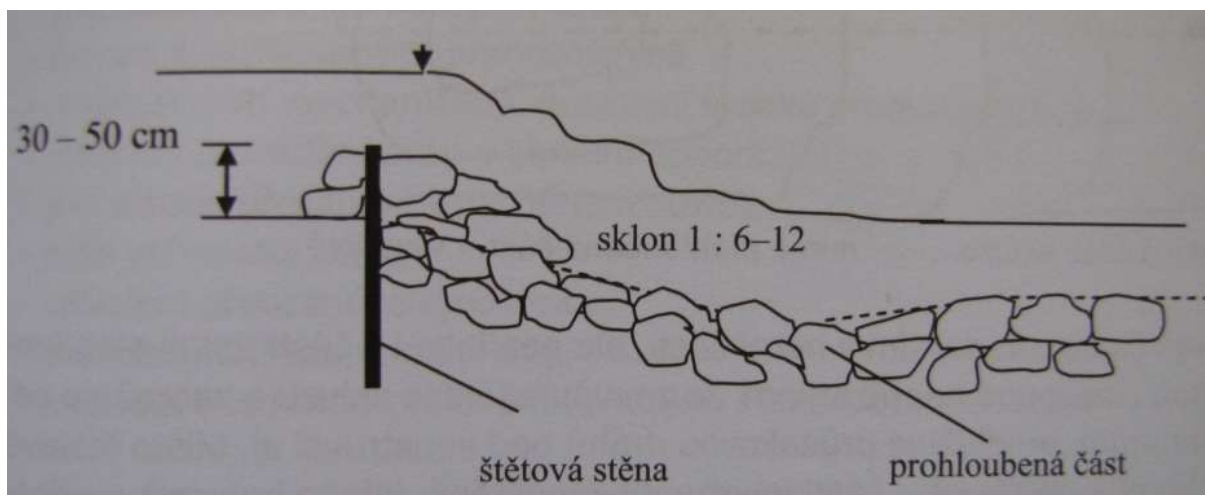
Balvanité skluzy byly poprvé použity v padesátých letech 20. století při úpravách podhorských vodních toků v alpské oblasti Rakouska a Bavorska. Jedná se o krátké úseky koryta s velkým sklonem, stabilizované rovnáninou z velkých kamenů se zajištěným výmolem v podjezí. Tyto objekty vzhledem k velké drsnosti skluzové plochy jsou hydraulicky velmi účinné, při vyšších průtocích vody i migračně prostupné a svou konstrukcí dobře zapadají do krajinného prostředí. Výhodou je také využití místního materiálu a možnost vytvořit tak přírodě blízký objekt.

Balvanité skluzy se umísťují pokud možno v přímé trati, pokud je nutné zřídít balvanitý skluz v oblouku trasy, je třeba osu přelivné hrany odklonit od tečny osy oblouku o 10 až 12° směrem ke konvexnímu břehu. Osa přelivné hrany se u koryt se šířkou v březích menší než 15 m volí přímá, u koryt širších může být přelivná hrana vyklenutá proti proudu vody buď obloukem, nebo lomenou linií. Vyklenutá přelivná hrana soustřeďuje vodní proud do osy koryta, čímž se chrání paty svahů břehů v podjezí, je však velmi namáhán střed podjezí, kde může vzniknout hluboký výmol. Přelivná hrana je proti prohloubení a podtékání chráněná štetovou stěnou nebo hluboko založeným zajišťovacím pasem. Protože se vlivem snížení hladiny vody nad skluzem zvýší její rychlost, je třeba opevnit dno a paty svahů koryta nad přelivnou hranou, např. kamenným záhozem. (HANÁK, TLAPÁK 2008)

Podle způsobu uložení kamenů lze odlišit tři varianty skluzu.

- a) Prvá varianta je vytvořena pouhým nakupením balvanů (záhozu) v několika vrstvách do uvažovaného tvaru.

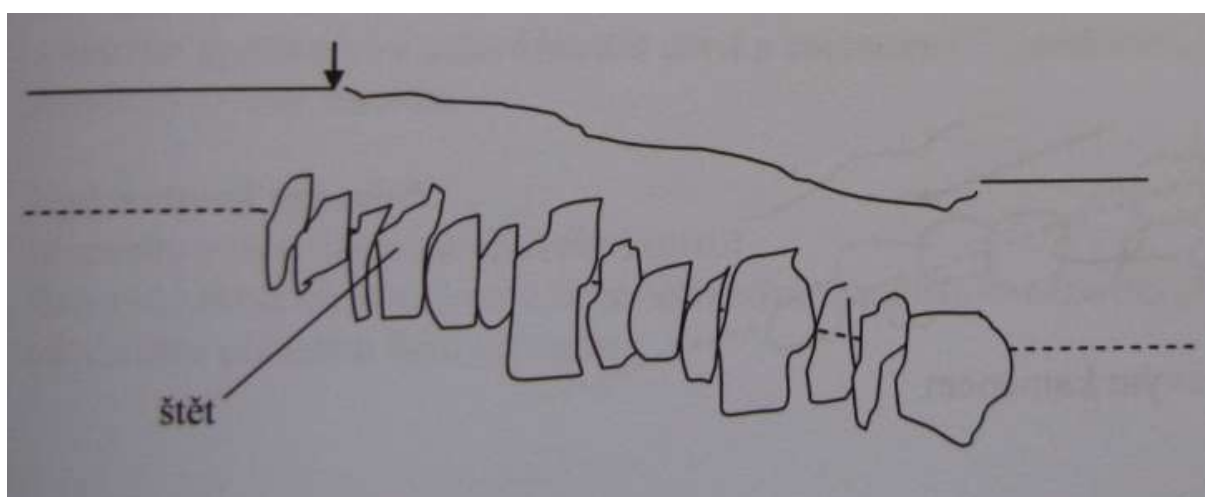
Tento typ využijeme v lokalitách kde je potřeba revitalizovat tok co nejbližší přirozenému stavu. Dále pak tam, kde není možné odklonění vodního proudu a kde je zapotřebí rychlé a jednoduché řešení.



Obr. 18 Návrh skluzu - první varianta (Šležingr 2010)

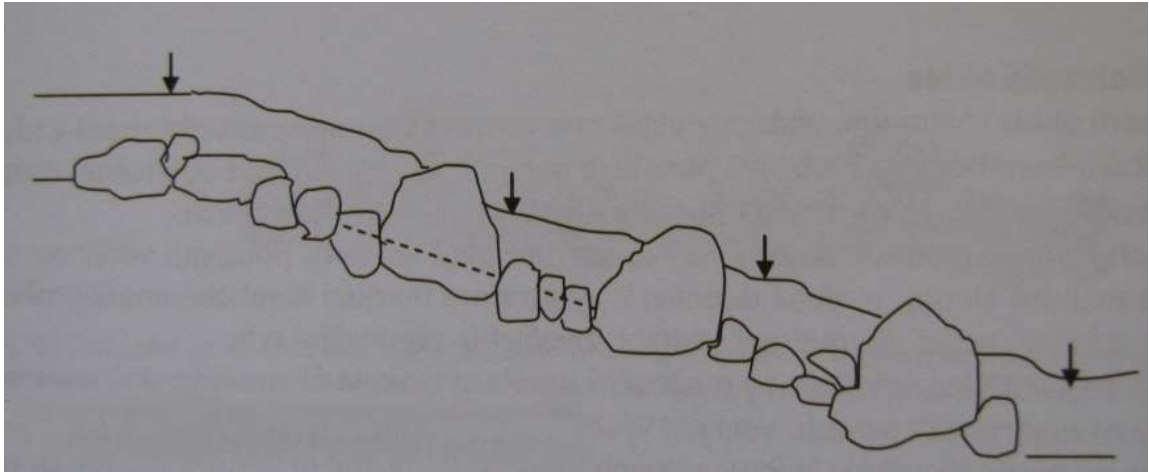
- b) Druhá varianta je tvořena skládáním balvanů v jedné vrstvě jako silniční štět (kameny skládané na výšku) na upravenou šikmou plochu.

Tento typ skluzu využíváme v korytech, kde je možné provádět rozsáhlejší práce, dále pak přibudování nových koryt, rybích přechodů a ekobiologických úpravách toků.



Obr. 19 Návrh skluzu - druhá varianta (Šležingr 2010)

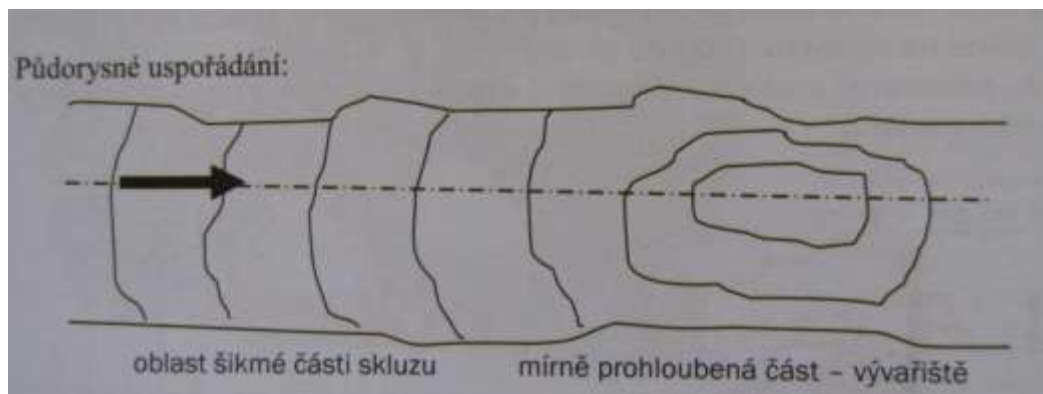
- c) Třetí variantu představují umělé peřeje tvořené střídáním velkých balvanů s úseky složenými z menších kamenů.



Obr. 20 Návrh skluzu - třetí varianta (Šlezinger 2010)

Rychlost proudění ve skluzu se pohybuje nejčastěji v mezích 1,0 – 3,0 m/s. Výška skluzu bývá maximálně do dvou metrů, více pouze zřídka.

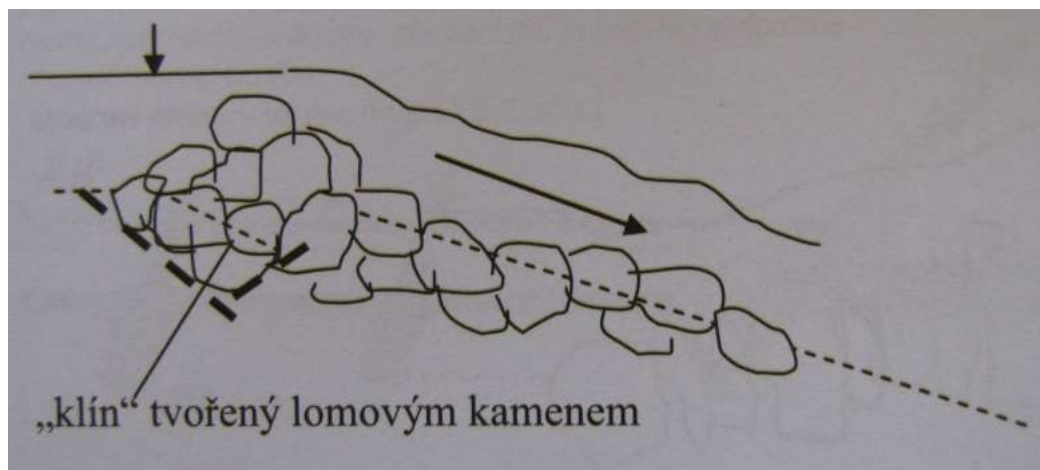
Sklon skluzu navrhujeme vždy v rozmezí 1 : 6-12. Dno skluzu, přechod skluz – říční koryto bývá mírně prohloubeno, tvoří miskovitý tvar. Mírné prohloubení na konci skluzu nahrazuje vývar.



Obr. 21 Půdorysné uspořádání skluzu (Šlezinger 2010)

Balvanitý skluz bývá často (především v horní části, ale nezřídka i v části dolní) stabilizován štětovou stěnou zaraženou napříč tokem. Ta zpevňuje těleso skluzu a zabraňuje odvalení balvanů (kamenů), prodlužuje průsakovou dráhu pod konstrukcí aj. Místo štětové stěny je možno v horní – nátokové – části navrhnout zapuštěný klín z balvanů, v případě potřeby prolitý betonem.

Podstatná podmínka pro budování balvanitého skluzu je užití lomového kameniva nikoli balvanů z toku.



Obr. 22 Zpevňující klín z balvanů (Šlezinger 2010)



Obr. 23 Balvanitý skluz na Svatce – Veverská Bítýška (autor Rašková, E. 2014)



Obr. 24 Balvanitý skluz na Frýdlantské Ondřejnici (autor LINEPLAN, 2006)

Konstrukci balvanitého skluzu je možno doporučit:

- Na přirozených tocích s relativně hrubými splaveninami,
- Na upravených tocích ve volných tratích s vegetačním (případně biotechnickým) typem opevnění břehů,
- Na vodních tocích, kde jsou vyrovnané hydrologické poměry a větší část skluzové plochy je trvale přelévána vodou,
- Jako zabezpečovací prvek při sanaci starých objektů a úprav,
- Jako prvek revitalizační.

Konstrukce není vhodná:

- Pro městskou trať,
- Pro toky silně znečištěné, nebo kde se předpokládá sezónní znečištění,
- Pro toky s výrazně nevyrovnanými hydrologickými poměry,
- Pro místa s intenzivní rekreací u vody.

(ŠLEZINGR 2010)

Výhody a nevýhody balvanitého skluzu

Výhody balvanitého skluzu:

- Jednoduchost a rychlost provedení,
- Úspora kvalifikovaných pracovních sil,
- Možnost užití mechanizace, dosažení vysoké produktivity práce,
- Možnost provádění prací v zimním období,
- Jednodušší převádění vody během stavby,
- Nižší pořizovací cena,
- Vytvoření přirozeného rybochodu,
- Provdzušnění vodního proudu,
- Možnost vhodného začlenění do krajiny i na přirozených tocích.

Nevýhody:

- Nutno počítat s deformacemi při průtoku velkých vod a s nutností doplňovat kameny v místech poruch,
- Údržba spočívající v odstranění větví a zachycených předmětů – má-li být zachován estetický vzhled objektu.

(ŠLEZINGR 2010)



Obr. 25 Ostravice - balvanitý skluz (autor AGPOL, 2012)



Obr. 26 Balvanitý skluz (autor AGPOL, 2009)

8. Typy jezových konstrukcí

Vymezení pojmu jezu

Jez je vzdouvací zařízení vybudované v korytě toku, které v něm trvale nebo dočasně vzdouvá vodu k různým vodohospodářským účelům. Účelnému využití toků brání často okolnost, že je v nich hladina hluboko pod úrovní okolního terénu nebo hloubka vody v samotném toku je za nízkých průtoků malá, takže ji nelze jímat a odebírat pro nejrůznější účely, nemohou po ní plout plavidla s větším ponorem atd. Těmto závadám lze čelit umělým zvýšením (vzdutím) vodní hladiny jezovou stavbou.

Účel jezů

Vzdutí vodní hladiny jezovou stavbou se projektuje a provádí, aby byly uspokojeny různé hospodářské požadavky, a to:

- a) Dostatečná hloubka v místě odběru vody z řek pro nejrůznější způsoby využití (průmysl, zemědělství, zásobení sídlišť, hašení požárů).
- b) Výškový rozdíl hladiny nad jezem a pod jezem (tzv. spád) pro využití vodní energie.
- c) Potřebná plavební hloubka v toku i v období malých průtoků.
- d) Zmírněná rychlost na určitou délku říční trati k ochraně dna před prohlubováním a břehových staveb před podemláním. Za tímto účelem se často na menších tocích spojuje jez do jediného objektu se spádovým stupněm, když niveleta dna má pod jezem nižší kótu než nad jezem, čímž se zmírní příliš velký sklon dna toku.
- e) Zvýšení hladiny podzemní vody v přilehlém území do polohy, která je nejpříhodnější pro zemědělské nebo lesnické využití pozemků, pro založení vodárenských čerpacích studní, pro ochranu základů okolních staveb založených na dřevěných pilotách atd. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ 1966)

Rozdělení jezů a jejich konstrukční části

Základním hlediskem pro dělení jezů je jejich konstrukční vytvoření, podle něhož rozeznáváme dva hlavní druhy, a to jezy pevné a jezy pohyblivé.

Jez pevný

Pevný jez vzdouvá vodu v toku nehybným jezovým tělesem vytvořeným ze dřeva, kamene, zdiva, betonu nebo železobetonu, které nemá žádné pohyblivé vyhraditelné konstrukce. Úroveň vzduté hladiny vody nad jezem je proto proměnlivá v závislosti na hodnotě průtoku, který přes jez přepadá. To je jedna z hlavních nevýhod pevných jezů, která se projevuje zvláště za průtoku velkých vod značným zvýšením vzduté hladiny nad jezem, zaplavením inundací nebo stoupnutím hladiny podzemní vody v okolním území, což může být někdy nežádoucí nebo i nepřijatelné. Též odchod ledů i pohyb splavenin v toku může být vybudováním pevného jezu nepříznivě ovlivněn. Splaveniny zpravidla zanesou velkou část prostoru jezové zdrže.



Obr. 27 Původní pevný jez na řece Jizeře (autor Ing. Olgerd Pukl, 2010)

Velkou výhodou pevných jezů je však poměrně malý stavební a udržovací náklad a hlavně automatická funkce bez jakékoli obsluhy. Dobře se uplatňují např. při využívání a úpravách horských toků i při stabilizaci jejich dna a koryta, nebo na menších řekách s vysokými břehy a malým transportem splavenin, kde nevedí velké kolísání hladin.

Pevný jez se skládá ze 3 částí:

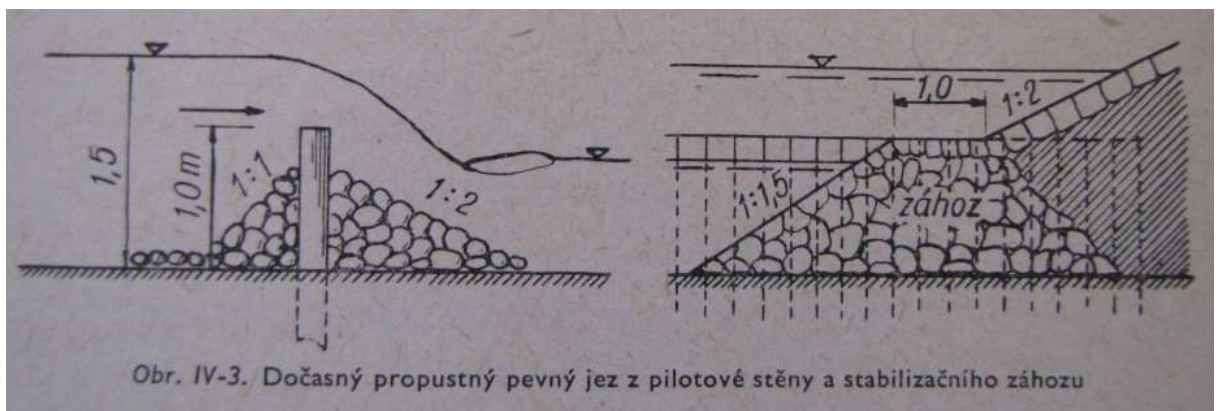
1. Pevné těleso + základ s prvky – zajišťují stabilitu tělesa a zabraňují průsaku pod ním
2. Podjezí – většinou upravené jako vývar
3. Břehové pilře s křídly – připojení tělesa k břehům koryta toku

Pevné jezy rozdělujeme podle různých hledisek, jako je např. výška, tvar příčného průřezu, forma hydraulického spojení zdrží jezu, způsob převádění vody přes jez, trvání (životnost) a vodotěsnost konstrukce a stavební materiál. Dále je dělíme podle půdorysného tvaru na přímé, kolmé, přímé šikmé, přímé boční, lomené a zakřivené. Nejčastějším typem pevných jezů je jez přímý kolmý.

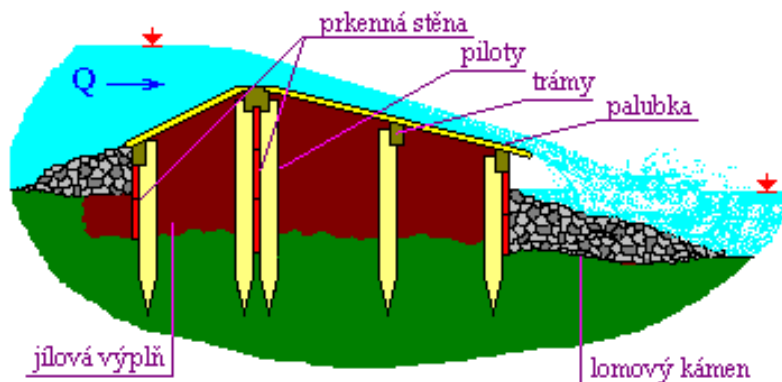
V minulosti se často stavěly levné jezy přímé šikmé, jezy esovitě zakřivené, obloukové i lomené (hlavně vypnuté proti proudu), a to ze dvou důvodů: jednak, aby se prodloužila jejich přelivná hrana, jednak aby se jimi lépe usměřovala voda do náhonů vodních děl a odběrů vody. Prvý důvod je však velmi problematický u nízkých pevných jezů při velkých vodách, které přes ně přecházejí nedokonalým přepadem při téměř vyrovnaných hladinách horní a dolní vody; v tomto případě je pro průtok účinný jen průmět průtočného profilu nad korunou jezu do svislé roviny kolmé na osu toku. Příznivý vliv prodloužení přelivné hrany se proto uplatňuje jen u vyšších pevných jezů, u nichž se i za velkých vod vyskytuje jen dokonalý přepad. Přitom je však podjezí lomených jezů v místě střetávání přepadových paprsků více namáháno než v sousedních úsecích, takže se tu vyhlubují větší místní výmoly. Lomené a obloukové pevné jezy, vypnuté směrem po proudu, i přímé jezy šikmé nelze doporučovat zase proto, že přepad vody přes ně vyvozuje nepříznivé účinky na břehy a na koryto řečiště pod jezem, které se deformuje.

Dřevěné pevné jezy

Hlavní stavební materiál dřevěných pevných jezů – dřevo – je materiál velmi cenný a pro stavební konstrukce velmi vhodný. Vzdoruje nejen tlaku, ale i tahu, snadno se opracovává a spojuje a rychle zabuduje do každého počasí. Na vodních stavbách, kde je střídavě ve styku s vodou i se vzduchem, podléhá však dosti rychlé zkáze (hnilobě), a to za 15 až 20, nejvýše za 30 let. Proto se ho používá jen na dočasné konstrukce. Pokud je však dobré dřevo trvale pod vodou, vydrží velmi dlouho a lze ho upotřebit i pro trvalé stavby. Jsou příklady pevných jezů, starých 100 i více let, jejichž budovatelé s velkou odbornou znalostí použili dřeva jen na části uložené pod vodou a ostatní části provedli z kamene. Z různých druhů dřeva je nejlepší a nejtrvanlivější dřevo dubové, které však není v dostatečném množství pro stavbu jezů k dispozici. Z jehličnatých dřevin je pro velký obsah pryskyřice vhodná borovice a modřín; málo trvanlivý je smrk. Dřevo je dnes u nás deficitním stavebním materiálem, a proto nepřichází pro větší stavby jezů jako konstrukční materiál v úvahu. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ 1966)



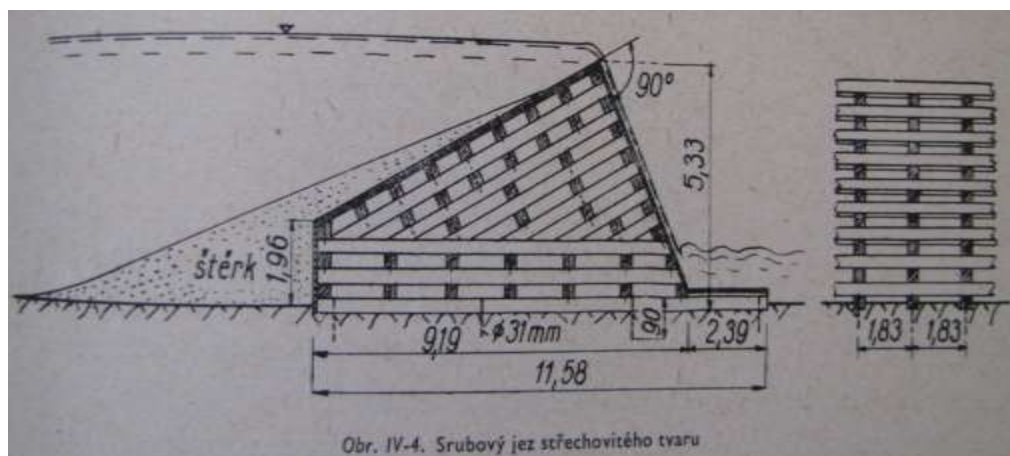
*Obr. 28 Dočasný propustný pevný jez z pilotové stěny a stabilizačního záhozu
(Čábelka, Kunštátský, 1966)*



Obr. 29 Dřevěný jez (autor Viktor Laika, 2006)

Dřevěné jezy dočasné a propustné. Srubové jezy

Nejpoužívanějším typem dočasných a propustných pevných jezů je jez srubový, který je vhodný hlavně pro horské toky se skalnatým dnem nebo s podložím prostoupeným balvany, do něhož nelze zarazit ani piloty, ani štětovnice. Sruby se zhotovují z trámů, které se křížem překládají a vzájemně spojují hřeby a šrouby. Bezpečnost srubu proti překlopení okolo vzdušné paty i proti posunu se zajišťují vyplněním jeho vnitřních prostorů kamenem. Bezpečnost proti posunutí lze zlepšit zakotvením dřevěné kostry srubu do skalnatého dna svorníky nebo klíny osazenými do předem vyvrtaných otvorů, které se zabetonují nebo zatemují olovem.



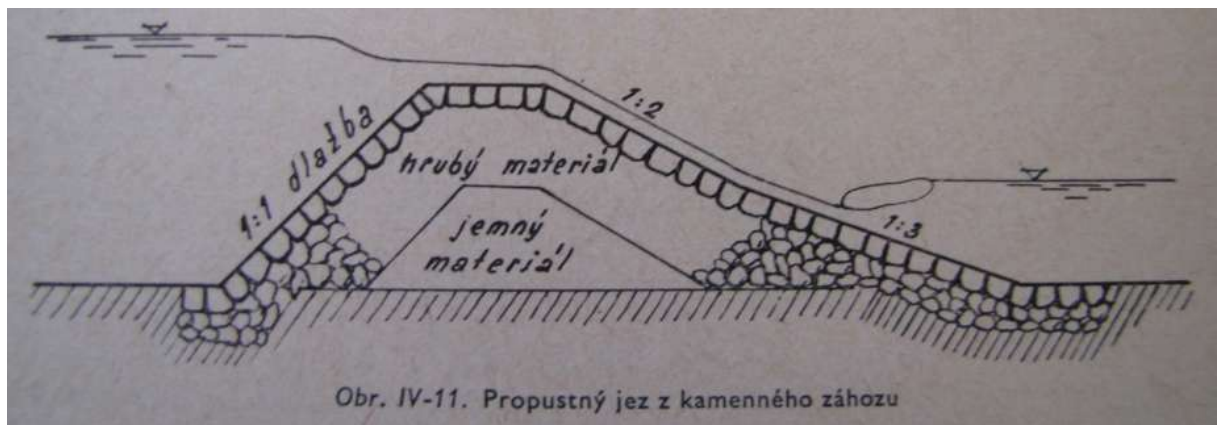
Obr. 30 Srubový jez střežovitěho tvaru (Čábelka, Kunštátský, 1966)

Povrch skříně dřevěného srubu je možno chránit dlažbou z kamene nebo fošnovým krytem, pod něž se někdy vkládá vrstva jílu, aby se zmenšila

propustnost. Jezové těleso se připojí k břehům břehovými srubky. Při dobrém udržování je životnost srubových jezů dosti dlouhá, protože i jejich netěsnost lze podstatně omezit, jsou s nimi celkem dobré zkušenosti. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ, 1966)

Kamenné pevné jezy

Jezy z kamenného záhozu jsou nejstarší, nejjednodušší a nejlevnější pevná vzdouvací zařízení vůbec. Vytvářely se jako hráze z lomového kamene, položené napříč toku, které umožňují určité vzduť horní vody. I když se do jejich jádra ukládá jemnější, méně propustná zemina, chráněná při povrchu hrubším materiálem a nakonec i dlažbou z velkých kamenů, popř. i cementovou maltu, přece je jejich těleso aspoň zpočátku velmi propustné. Protože kromě toho jednotlivé i velké kameny mohou být ze záhozu odnášeny velkou vodou i ledy a protože podloží pod záhozem není nijak chráněno před prolomením a rovněž i dno za ním před vymíláním, jsou záhozové jezy použitelné zpravidla jen jako nízké dočasné vzdouvací stavby, které však vyžadují poměrně velké udržovací náklady. Použitý kámen má být houževnatý a odolný proti střídavému zmrazování a rozmrazování za přítomnosti vody, zvláště pokud přijde do krycí vrstvy. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ 1966)



Obr. 31 Propustný jez z kamenného záhozu (Čábelka, Kunštátský, 1966)



Obr. 32 Kamenný jez na řece Svatavě (autor Rašková E., 2014)

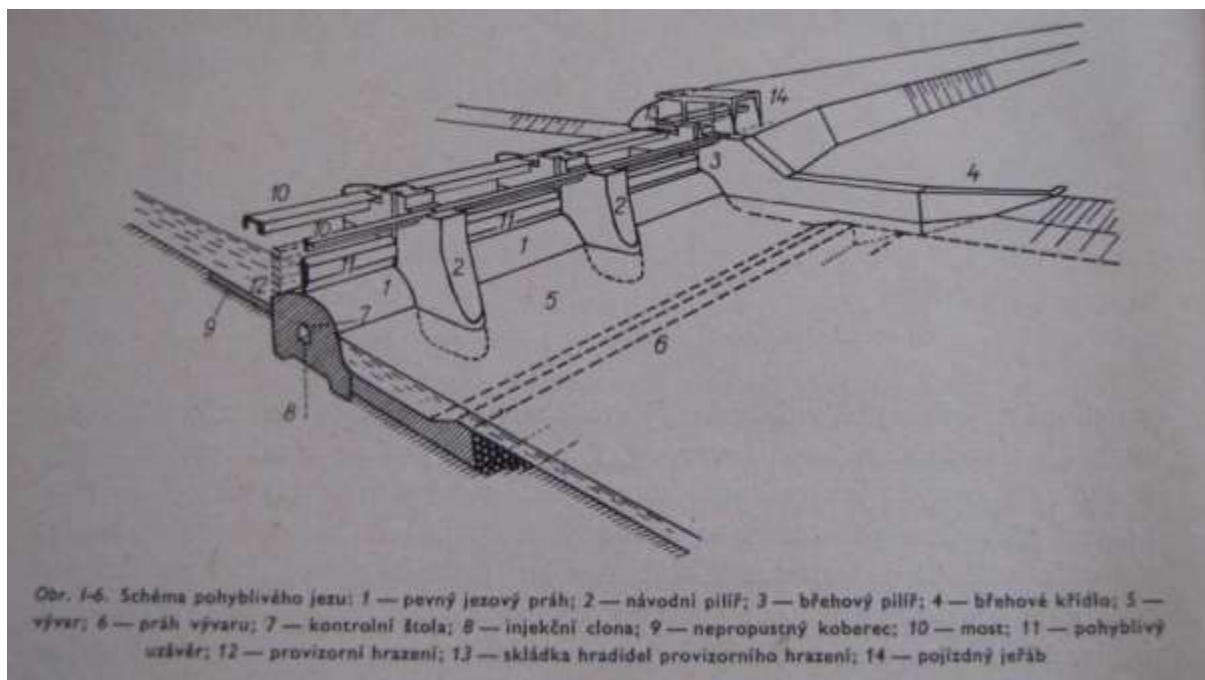
Jez pohyblivý

Jez pohyblivý vzdouvá vodu pohyblivými hradíci tělesy jezových uzávěrů, která dosedají nebo jsou uložena na pevnou spodní stavbu mezi jezovými pilíři. Hřbet spodní stavby jezu leží v úrovni dna horní zdrže, nebo je nad tuto úroveň vyvýšený. Pohyblivými hradíci tělesy jezových uzávěrů lze podle potřeby manipulovat, tj. zvedat je nahoru, spouštět dolů, sklápět, otáčet apod., čímž se uvolňuje průtočný profil pro převádění vody jezem tak, aby se hladina vzduté vody v jezové zdrži udržovala na potřebné, zpravidla stálé úrovni. Za průtoku velké vody se jezové uzávěry úplně vyhradí, takže se celý průtočný profil pohyblivého jezu nad jeho spodní stavbou uvolní.



Obr. 33 Pohyblivý jez Štvanice (autor Czechatlas, 1999)

Pohyblivé jezy je možno dělit podle různých hledisek: podle způsobu ovládnání a funkce hradicích těles jezových uzávěrů, podle jejich členitosti, podle způsobu přenášení zatížení z hradicích těles na nepohyblivé části jezu, podle tvaru hradicích těles a podle způsobu jejich pohybu při manipulaci.



Obr. 34 Schéma pohyblivého jezu (Čábelka, Kunštátský, 1966)

Na jezových pilířích jsou obvykle uloženy pohybovací mechanismy nebo jiná zařízení na ovládání jezových uzávěrů, dále obslužní lávka nebo i komunikační most.

Pohyblivé jezy mají v půdoryse nejčastěji osu přímou, kolmou na směr toku, a jen zřídka obloukovou o velkém poloměru. Velkou výhodou pohyblivých jezů proti pevným jezům je možnost udržovat hladinu vzduté vody na potřebné úrovni a snadněji převádět splaveniny i ledy přes jez. Proto jsou pohyblivé jezy zvláště výhodné pro řeky v rovinatém území s nižšími břehy.

V některých případech lze jez řešit i ze dvou částí umístěných vedle sebe, z nichž jedna je vytvořena jako jez pevný a sousední jako jez pohyblivý. Tak dostáváme tzv. jez smíšený, jehož vzdutá voda nekolísá při změnách průtoku v tak velkém rozmezí jako u jezů pevných. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ 1966)

Pokloповé jezy

Pokloповé jezy mají uzávěr v každém poli tvořen jedním nebo několika poklopy a jejich pohybovacím zařízením, ovládaným ručně nebo mechanicky. Je-li každé jezové pole hrazeno jediným poklopem, mluvíme o pokloповém jezu hradicím tělesem celistvým, je-li v každém jezovém poli řada poklopů vedle sebe, je to pokloповý jez s uzávěrem členěným (děleným) po šířce. Poklop je hradicí těleso deskovitého tvaru, popř. v příčném řezu vhodně zaoblené z důvodů hydraulických nebo statických, které se při manipulaci pohybuje otáčením (sklápěním nebo vyklápěním) kolem vodorovné osy umístěné v jeho hradicí stěně nebo v bezprostřední blízkosti této stěny.



Obr. 35 Poklopový pohyblivý jez (autor město Česká Lípa)

Podle způsobu otočného uložení poklopů vzhledem jak k spodní stavbě jezu, tak i k hladině vzduté vody rozeznáváme:

- a) Poklopy na dolním okraji otočně připojené ložisky na spodní stavbu, mohou být členěné nebo celistvé a pak je jmenujeme klapky;
- b) Poklopy otočně uložené nad pevnou spodní stavbou, ale přitom pod úrovní hladiny vzduté vody; vodorovná osa otáčení je umístěna mezi dolní a horní hranou hradicí stěny poklopu;
- c) Poklopy s vodorovnou osou otáčení, umístěnou nad hladinou vzduté vody a přitom v horní hraně poklopů. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ 1966)

Stavidlové jezy

Stavidlové jezy mají pole hrazena buď řadou menších stavidel, která jsou umístěna vedle sebe a nad sebou a opřena o pevné nebo pohyblivé slupice, rozdělující každé pole po šířce na řadu menších otvorů, nebo celistvým, popř. po výšce děleným stavidlovým hradicím tělesem, které je zasunuto do drážek (zářezů) jezových pilířů, takže uzavírá celou šířku pole. Stavidla jsou hradicí tělesa zpravidla s rovinnou hradicí stěnou, vyrobená z různého konstrukčního materiálu (dřeva, oceli, apod.), která se při manipulaci pohybují nahoru nebo dolů ve svislých nebo málo odkloněných drážkách pilířů nebo slupic, do nichž se přenáší jejich zatížení od vodního tlaku buď třecími (opěrnými) plochami, nebo válečky, koly, popř. podvozky.

Pohyblivé jezy, jejichž jednotlivá pole se hradí řadou menších stavidel opřených o slupice, nazýváme *stavidlové jezy členěné*; jsou-li jejich slupice uloženy svými horními koni na přemostění jezu, na které se přenáší část vodního tlaku, dostáváme *stavidlové jezy mostové*. U obou těchto typů se hladina horní vody reguluje vyjímáním nebo zasouváním jednotlivých stavidel. Stavidlové jezy se stavidly jednoduchými, s nasazenou klapkou i dvoudílnými patří mezi jedny z nejrozšířenějších pohyblivých jezů. Jsou vhodné pro řeky nesoucí splaveniny i pro oblasti s klimaticky náročnými podmínkami. (ČÁBELKA, KUNŠTÁTSKÝ 1966)

Výhody stavidel jsou:

1. Odolnost proti nárazům plovoucích předmětů a ledů, docílená jejich robustní konstrukcí;
2. Přístupnost a přehlednost všech pohyblivých částí, neboť při vytaženém stavidle neleží žádná jeho část pod vodou;
3. Možnost regulace průtoků (hladiny vzduté vody) jak přepadem (jemná regulace, převádění plovoucích nečistot a ledů), tak i výtokem (proplachování splavenin usazených před jezem);
4. Možnost použít pro hrazení velkých světých šířek a značných výšek vzdutí

Nevýhody stavidlových jezů jsou:

1. Velká spotřeba oceli na konstrukci stavidel, která bývá 700 až 1200 kg na 1 m² hrazené plochy;
2. Drážky v pilířích, rozrušující proudění a vyvolávající nutnost budovat robustní, široké a u starších typů stavidel i příliš vysoké jezové pilíře;
3. Velký počet citlivých valivých prvků, oboustranná a velká zdvihadla, která musí zvládnout velké zdvihové síly a jsou proto i velmi nákladná.

Nejcitlivější prvky při provozu jsou těsnění a podvozky stavidel, a to hlavně v zimě.



Obr. 36 Stavidlový jez na řece Svatce (autor Rašková E., 2014)

9. Závěr

Stabilizační prvky v říčním korytě jsou hlavním tématem této bakalářské práce. Stabilizace dna upravovaného koryta je založena především na zachování podélných nerovností nivelety dna. V práci jsou uvedeny obecné důvody stabilizace, další část již řeší jednotlivé stabilizační prvky, jejich typy, význam a využití. Nejdůležitější prvky jsou podrobně popsány a doplněny o fotografie a ilustrace.

Bylo navrženo opatření ke zmenšení podélného sklonu dna proti hloubkové erozi příčným prahem, aby došlo ke snížení energie proudící vody a nebylo nutné opevnění koryta. Proto bylo navrženo zpevnění příčným prahem, který podle literatury odpovídá přírodnímu principu vývoje koryta. Prah je navržený jako kulatina stabilizovaná pomocí dřevěných pilot a zasazená do břehu. Přepadem vody zvyšuje turbulenci, proto je potřeba opevnit podjezí rovnaninou z kamenů, aby nedocházelo k erozi. Je možné využití místního kamene a vytvořit tak přírodě blízkou stavbu. Tato možnost je navíc ekonomicky výhodnější než podélné opevnování dna. Po zpevnění prahem došlo ke zmenšení podélného sklonu a snížení energie proudící vody.

Tuto práci je pak možno využít jako teoretický základ pro navrhování jednotlivých opatření na určitých tocích.

10. Summary

The stabilizing elements in the river bed are the main topic of this thesis. Stabilization of river bed is based primarily on maintaining longitudinal leveling inequalities bottom. The thesis presents a general reason for this stabilization, another part has been solved by individual stabilizing elements, their types, meaning and use. The most important elements are described in detail and accompanied by photographs and illustrations.

It has been suggested measures to reduce the longitudinal slope of the cross against deep erosion threshold in order to reduce the energy of flowing water and it was not necessary fortifications bed. Therefore, it was suggested strengthening cross the threshold, which in the literature is natural principles of development trough. The threshold is designed as a wooden timber stabilized using a pilot set in the bank. Spillway turbulence increases, hence the need to fortify the rockfill weir of stones to prevent erosion. It is possible to use local stone to create a nature nearby buildings. This possibility is also more economical than the longitudinal fortification bottom. After hardening threshold was to reduce pitch and the energy of flowing water.

This work can then be used as a theoretical basis for designing the measures on certain courses.

11. Použitá a doporučená literatura:

1. ABRAMSON, L., E., LEE, T., S., SHARMA, S. and BOYCE, G., M. 2002 Slope stability and stabilization methods. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-38493-3.
2. BUDHU, M., 2000. Soil Mechanics and Foundations, New York, John Wiley Sons, pp. 560
3. ČÁBELKA, J., KUNŠTÁTSKÝ, J., 1966. Jezy. Vydání první. Státní nakladatelství technické literatury Praha 1, 556 s. ISBN 04-708-66
4. ERBENOVÁ, A., BOŠTÍK, J., 2005. Zvýšení stupně stability břehu vodní nádrže vlivem kořenového systému rostlin, In. Proceedings Lidé, stavby a příroda, Akademické nakladatelství CERM, Brno, s. 14-18
5. ELLIOT, Hannah S a Lucas E MARTIN, 2011. River ecosystems: dynamics, management and conservation. New York: Nova Science Publishers, xi, 327 s. ISBN 978-1-61209-145-7.
6. GEBLER, R-J., 1991. Dnové rampy a rybí přechody, Walzbachtal, 121 s.
7. GRAHAM B.F.ET BORMANN F.H., 1966. Natural root grafts. Bot. Rev. 32, p 255-292.
8. GRAY, H., D., SOTIR, B., R., 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope stabilization., 1sted. John WileySons, ISBN 0-471-04978-6.
9. HAŠKOVÁ, L., 2006. Biokoridory – Hydraulické dimenzovanie ojedinelých kameňov osadených v koryte, příspěvek 8. Odborné konference doktorského studia – Juniorstav 2006, Díl 5: Vodní hospodářství a vodní stavby, Brno s. 158-164, ISBN 80-214-3111-3
10. HOLÝ, M., 1994. Eroze a životní prostředí, Praha 1994, 383 s
11. CHMELAŘ, J., 1964. Stručný přehled vrb s ohledem na použití pro vegetační zpevňování břehů vodních toků a nádrží. In Vegetační problémy při budování vodních děl, ČSAV Praha, s. 55 – 64.

12. JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M., 2002. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 186 s. ISBN 80-214-2204-1
13. JANDORA, J., UHMANNOVÁ, H., 1999. *Základy hydrauliky a hydrologie – Příklady*, CERM, Brno, 119 s.
14. JUST, T. a kol., 2005. *Vodohospodářské revitalizace*, Praha 359 s.
15. KÖSTLER, J. N., BRÜCKNER, E. ET BIBELRIETHER, H., 1968. *Die Wurzeln der Waldbäume*. P. Parey Verlag, Berlin-Hamburg, 284 s.
16. KONOLD, W., 1994. *Historische Wasserwirtschaft: im Alpenraum und an der Donau*. Stuttgart: Konrad Wittwer, vii, 592 p. ISBN 3-87919-174-3.
17. KOUTNÝ, L., 2003. *Stabilní úpravy toků v přírodních podmínkách*. MZLU v Brně: FOLIA, 52 s.
18. KUTÍLEK P. A KOL., 1984. *Opevňování břehů vodními a pobřežními rostlinami*, Hydroprojekt Brno, Vývoj 6. 120 s.
19. LEČOVÁ, V., KOUŘIMSKÁ, P. MIČA, L., 2004. *Flood Control from Geotechnical point of View*, International Conference NoDig 2004, Hamburg, Germany
20. LOEW, J., 1995. *Rukověť projektanta Místního územního systému ekologické stability*, ČÚOP s. 200
21. MALEŇÁK, J., PODSEDNÍK, O., ŠLEZINGER, M., 2002. *Vodní stavby: úpravy toků, jezy, vodní cesty a plavba. Úpravy toků, jezy, vodní cesty a plavba. I*. Brno: CERM, 130 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2165-7
22. MAREŠ, K., 1997. *Úpravy toků: Navrhování koryt*. Druhé vydání. Praha: ČVUT, 210 s. ISBN 80-01-00903-3.
23. MARHOUN K. ET KUTÍLEK P., 1988. *Ochrana břehů nádrží proti abrazi*. Hydroprojekt Brno, 145s.
24. MACURA, L., 1966. *Úpravy tokov*, SVTL Bratislava 639 s.

25. MARHOUN, K., 1991. Zásady revitalizace vodních toků, Aquatis Brno 140 s.
26. MARHOUN, K., (1982) Dřevinný vegetační doprovod vodních toků, úkol 115 s. MLVH č.8
27. MARHOUN, K., 1996. Revitalizace říčních systémů – komentáře, Brno 159 s.
28. MATĚJÍČEK, J., 1998. Povodeň v povodí Moravy v roce 1997, Brno
29. MIČA, L., 2005. Vliv vegetace a geosyntetického opatření na stabilitu břehu, In. Proceedings Lidé, stavby a příroda, Akademické nakladatelství CERM, Brno, str. 39-44
30. MIČA, L., VANÍČEK, J., 2004. Použití geosyntetických materiálů ve vodním stavitelství, 4. Vodohospodářská konference 2004, Akademické nakladatelství CERM, str. 300-305
31. MOTTL J. ET ŠTĚRBA S., 1986. Biologická ochrana břehů vodních toků a nádrží keřovými vrbami, Hydroprojekt Brno, 78 s.
32. NOVÁK L., IBLOVÁ M., ŠKOPEK V., 1986. Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. SNTL Praha. 220 s.
33. PAŠEK, J., MATULA, M. a kol., 1995. Inženýrská geologie. Česká matice technická Praha.
34. PATOČKA, C., MACURA, L., 1989. Úpravy toků. Státní nakladatelství technické literatury Praha 1, 400s. ISBN 80-03-00203-6
35. PETSCHALLIES, G., 1989. Entwerfen und Berechnen in Wasserbau und Wasserwirtschaft, Wiesbaden, Berlin: Bauverlag GmbH, ISBN: 3-7625-2687-7
36. PIŠKULOVÁ, H., 2009. Stabilizace vybraných břehových území VD Nádrž Brno s využitím biotechnických stabilizačních metod. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 57 s.

37. POWRIE, W., 2002. Soil Mechanics. Concepts & Applications, Second Edition, SPON Press, London
38. RAPLÍK, M., VÝBORA, P., MAREŠ, K. 1989. Úprava tokov: vysokoškolská učebnica pre stavebné fakulty vysokých škôl. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 639 s.
39. ROUSE, H., 1950. Engineering hydraulics, Wiley, New York, 1039s.
40. SCHOKLITSCH, A., 1930. Der Wasserbau. Springer – Wien, 1198 s.
41. ŠIMÍČEK, V., 1999. Břehové a doprovodné porosty vodních toků, MZeČR, Agrospoj, Praha, 102 s
42. ŠIMEK, J., JESENÁK, J., EICHLER, J., VANÍČEK, I., 1990. Mechanika zemin, SNTL Praha
43. ŠLEZINGR, M., 2002. Abrasion der Ufer, Brno – Dresden 159 s.
44. ŠLEZINGR, M. ET ÚRADNÍČEK, L., 2003. Bankside trees and shrubs. CERM Brno pro BOKU Wien, 2003. 130 s.
45. ŠLEZINGR, M., 2004. Břehová abraze – příspěvek k problematice zajištění stability břehů, Akademické nakladatelství CERM Brno – druhé vydání
46. ŠLEZINGR, M., 2005. Hydrotechnické stavby – studijní opora v elektronické podobě, VUT Brno
47. ŠLEZINGR, M., 2005. Stabilizace říčních ekosystémů, Akademické nakladatelství CERM Brno, 350 s.
48. ŠLEZINGR, M., 2010 a. Opevňovací stavby v říčním korytě - horní tok. In sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference Krajinné inženýrství Praha: ČSKI, 2010, s. 129-133. ISBN 978-80-903258-9-0
49. ŠLEZINGR, M., 2010 b. Bank stabilization of river and reservoir. In People, Building and Environment Vydání první. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2010, s. 419-422. ISBN 978-80-7204-705-5

50. ŠLEZINGR, M., 2010 c. Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků. Vydání první. VUT v Brně, nakladatelství VUTIUM, 255 s. ISBN 978-80-214-3942-9
51. ŠLEZINGR, M., 2010 d. Říční typy – horní tok. Úvod do problematiky úprav toků. Vydání první. Ediční středisko MZLU v Brně, 169s. ISBN 978-80-7375-460-0
52. ŠLEZINGR, M., 2011. Břehová abraze: možnosti stabilizace břehů. Vydání první. Ediční středisko MZLU v Brně, 172s. ISBN 978-80-7375-566-9
53. ŠVECOVÁ, A., ZELEŇÁKOVÁ, M., 2005. Vodné stavby. Vydala SF TU Košice, 200 s.
54. TICHÁ, S. ET ÚRADNÍČEK, L., 2004. Kořeny – základ protierozního působení dřevin,. In Cášková K., Hyanková E., Jandora J., Ručka J. eds.: 4. vodohospodářská konference 2004, Sborník příspěvků, Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, Sešit 6 : 498- 504, CERM Brno, 2004, ISBN 80-7204-360-9
55. TLAPÁK, V., HERYNEK, J., 2001. Úpravy vodních toků a hrazení bystrin. Vydání první. Ediční středisko MZLU v Brně, 150s. ISBN 80-7157-551-8
56. ÚRADNÍČEK, L., 2001. Využití *Salix fluviatilis* Nutt. v ochraně břehů proti abrazi. In Julínek T.(ed.), Posouzení vlivu vegetačního doprovodu na zvýšení stability břehů údolních nádrží se zaměřením na prevenci vzniku a rozvoje břehové abraze, Sborník referátů z mezinárodního kolokvia, Econ publishing, Brno, pp 58-62.
57. VALTÝNI, J. ET KALISKÝ, A., 1990. Ekologické úpravy bystrinných tokov. Vyd. Příroda pro VÚLH ve Zvolenu, Bratislava, ISBN 80-07-00304-5
58. VÁLEK, Z., 1977. Lesní dřeviny jako vodohospodářský činitel, SZN, Praha

59. VANÍČEK, I. A KOL., 2001. Armované zeminy – mezní stavy při aplikaci na zemní svahy, opěrné stěny a mostní opěry, Akademické nakladatelství CERM, Brno
60. VLČEK, V. a kol., 1984. Zeměpisný lexikon ČSR – Vodní toky a nádrže, Academia Praha
61. WEIGLOVÁ, K., 1998. Mechanika zemin, 220 s. CERM Brno }
62. WILDE, S. A., 1958. Forest Soils: Their protection and Relation to Silviculture, New York, Donald Press
63. WU, T. H., 1995. ‘Slope stabilization’, in R. P. C. Morgan and R. J. Rickson (eds), Slope
64. ČSN 75 0110, Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydrogeologie, 2010
65. ČSN 75 0142, Názvosloví protierozní ochrany, 1992
66. ČSN 75 1400, Hydrologické údaje povrchových vod, 1991
67. ČSN 75 2101, Nové vydání, Ekologizace úprav vodních toků, 2009
68. TNV 75 2102, Úpravy potoků, 2010
69. TVN 75 2103, Úpravy řek, 2014
70. Zákon ČNR č.114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny
71. Zákon č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon)