

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



Bakalářská práce

Stavební materiály a technologie používané
při úpravách bystřin a jejich ekologický
dopad

Praha, duben 2008

Bakalář: Lukáš Hamák

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Křovák CSc.

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Stavební materiály a technologie, používané při úpravách bystřina a jejich ekologický dopad, jsem vypracoval samostatně za použití uvedené literatury a odborných konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V Praze dne 30.4. 2008

.....

Děkuji panu Ing. Františku Křovákovi za konzultace a příjemné vedení bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval ochotným pracovníkům povodí Ohře, konkrétně panu Ing. Martinu Motlíkovi za poskytnutí potřebných podkladů pro mou bakalářskou práci.

Souhrn

Trendem současné doby je ekologické uvědomování. Toto uvědomování je patrné ve všech oblastech lidských činností. Vodní hospodářství nevyjímaje. Proto jsem se zaměřil v této práci nejen na účelové hledisko při používání stavebních materiálů a objektů z nich vzniklých, ale i na hledisko ekologické. V práci jsou rozebrány a porovnány úpravy bystřin technické i biotechnické. Jsou zde uvedeny úpravy vhodně použité, respektující přirozený vývoj toku, jeho ekologické funkce, stejně jako vodohospodářský význam. Také jsou v práci uvedeny úpravy, které jsou mnohdy prováděny až příliš klasicky a někdy dokonce i nevhodně. Cílem práce není hodnotit, které úpravy jsou správné, ale poskytnout na ně nestranný pohled.

Summary

At present we can see development trend to ecological thinking of our society. It can be seen in all spheres of human action including a water system. That's why I have focused in not only on a purpose point of view in using building materials and objects that are built of them but also on ecological aspects. In this essay there are analyzed and compared technical and biotechnical construction works of gills. Here are mentioned constructions that are properly used and that respect the natural progress of the river, its ecological function and water utilization importance. There are also mentioned constructions which are made too classically, even inappropriately. The purpose of this essay isn't an evaluation of those construction works (if they are proper or not) but giving impartial eye view.

Obsah

1. Úvod.....	6
1.1. Hrazení bystřin v Krušných horách.....	7
1.2. Historický přehled hrazení bystřin.....	9
2. Stavby hrazení bystřin v Krušných horách.....	12
2.1. Zásady hrazení bystřin.....	12
2.2. Používané stavební materiály, jejich vlastnosti, požadavky, použití.....	14
2.2.1. Kámen a kamenivo.....	14
2.2.1.2. Použití kamene a kameniva.....	16
2.2.2. Beton.....	23
2.2.2.2. Použití betonu.....	26
2.2.3. Dřevo.....	29
2.2.3.2. Použití dřeva.....	31
2.2.4. Malty.....	34
2.2.4.2. Použití malt.....	36
3. Rozbor konkrétních úprav, jejich technologií a použitých materiálů.....	37
3.1. Rekonstrukce Loučenského potoka.....	37
3.2. Revitalizace Chomutovky.....	42
4. Závěr.....	46

Od pradávna lidé využívají vodní toky. Ty jsou jako tepny, kolem nichž se soustřeďují lidská obydlí. Známe mnoho funkcí vodních toků, které lidé využívají. Uvedu-li několik případů, pak to budou zejména: umožnění dopravních spojení různých území, zavlažování pozemků závlahovými kanály. Mají krajinnou funkci. Dále také přispívají k regulaci vodního režimu přilehlého území. (Kovář P., 1988)

V této práci se zaměřím na velmi charakteristické vodní toky a to na bystřiny. Konkrétněji potom na bystřiny Krušných hor. Na jejich úpravy, použité stavební materiály a technologie. Dále pak na ekologický dopad použitých stavebních materiálů a technologií. Cílem práce je vytvořit střizlivý a objektivní přehled o používaných stavebních materiálech, jejich technologiích i jednotlivých úpravách, s ohledem na místní podmínky a vhodnosti způsobu použití.

Definování bystřin je složité, protože pro ně neexistuje definice, která by je jednoznačně popsala. Přesto však známe několik ukazatelů, které nám pomáhají při jejich určování. Snad nejdůležitějším ukazatelem je bystřinný splaveninový režim. V nepravidelném podélném sklonu dna se střídají úseky se silnou erozí (nebezpečnou výmolvou) s transportní, nebo sedimentační činností splavenin. Při aktivní erozi materiálu dna a břehů, je potom tento materiál transportován v podobě splavenin do nižší části toku, popřípadě splaveninami poškodí i sběrné toky, do kterých ústí. Další typickou vlastností bystřin je rozkolísanost průtoků. To znamená poměr minimálního a maximálního průtoků. V ČR je znám poměr rozkolísanosti až 1:2000 (Ostravice). Dalším typickým znakem je střídání tůňek a peřejí, k němuž dochází střídáním úseků o různé sklonitosti. Bystřiny jsou toky s malým povodím. Podrobněji jsou bystřiny charakterizovány **indexem bystřinnosti K_b** :

$$K_b = \frac{H_s \cdot O \cdot V_s \cdot P \cdot E \cdot \sqrt{F+1}}{L \cdot \sqrt{F_v+1}}$$

Kde:

- H_s hustota hydrografické sítě (km/km²)
- O délka rozvodnice (km)
- V_s střední výškový rozdíl povodí (km)
- P součinitel závislý na propustnosti půd (viz norma)
- E součinitel vyjadřující rozsah eroze (viz norma)
- F plocha povodí (km²)
- L délka hlavního toku (km)
- F_v plocha protierozně účinného vegetačního krytu (km²)

Za bystřinu se pokládá vodní tok, je-li hodnota $K_b \geq 0,1$. Za těchto podmínek se návrhové práce řídí ČSN 75 2106 – Hrazení bystřin a strží. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Bystřiny v Krušných horách

Krušné hory, dříve nazývané také Rudohoří je pohoří ležící na severozápadě české republiky. Většina pohoří leží v německém Sasku, s nímž Česká republika sousedí. Krušné hory tvoří souvislou horskou oblast v délce přibližně 130 kilometrů a rozlohou 1607 km². Nejvyšší horou je zde Klínovec vysoký 1244 metrů nad mořem.

Geologický vznik Krušných hor patří do paleozoika, kdy se vytvořily prvotní usazeniny a vyvřeliny. Ty během horninotvorných procesů metamorfovali v šedé a červené ruly. (Soukup V., David P., 2001)

Krušné hory patří k průmyslovým oblastem České republiky. V minulosti zde bylo mnoho povrchových dolů, které zásadně ovlivnily krajinu a její funkci. Jako názorný příklad postačí takzvaná „měsíční krajina“ v okolí Chomutovska a Mostecka. Kvůli těžení rud, byly vykáčeny původní smíšené lesy a nahrazeny smrkovými monokulturami. Ty ovšem nesnesly emisní vliv Krušných hor a začaly umírat. V poslední době jsou tyto holiny postupně zalesňovány odolnějšími dřevinami a to smrkem pichlavým, břízou a modřínou. Nejnovější studie ovšem ukazují, že tyto dřeviny také umírají v důsledku klimatických účinků Krušných hor. Tím je v budoucnu ohrožena i vodohospodářská a půdoochranná funkce lesů v Krušných horách. (Stieberová E., 2007)

Bystřiny jsou stejně jako kdekoli jinde, tak i v Krušných horách velice specifickým biotopem. Ve značně okysličené, chladné a rychle proudící vodě nedokáže přežít mnoho organismů. (Bratrych V., 2005) Charakteristickými rybami jsou tu pstruh potoční (*Salmo trutta fario*), vranka obecná (*Cottus gobio*), střevele potoční (*Phoxinus phoxinus*). (Just T., 2005) Z mikroorganismů zde můžeme najít rozsivky a sinice dále pak drobné organismy jako jepice potoční (*Ecdyonurus versus*), chrostík bystřinný (*Rhyacophila septentrionis*). Z vegetace vyšších rostlin jsou dominantními mokřadní mechorosty a vodní rostliny. (Bratrych V., 2005)

Správu bystřin v Krušných horách obstarávají: středisko Lesů České republiky se sídlem v Teplicích, správa povodí Ohře a Povodí Ohře s hlavním sídlem v Chomutově. Jsou to právě bystřiny, jejichž malé povodí trpí situací lesů v Krušných horách, popsanou výše. Pakliže je lesnatost povodí nedostačující, je vliv plošné eroze v povodí o to větší. To vyplývá z již uvedeného indexu bystřinnosti. Aktuální soupis bystřin v Krušných horách v současnosti neexistuje.

V srpnu 2002 byly Krušné hory, stejně jako většina území České republiky postiženy katastrofální povodní. Byly poškozeny stávající

objekty nejen bystřin a sběrných toků, ale nemalé škody se přenesly do lidských obydlí. Ještě dnes jsou následky těchto povodní odstraňovány.

Historický přehled hrazení bystřin

Již od starověku si někteří význační jedinci všímali zákonitostí mezi průběhem počasí, změnami odtoků zapříčiněnými dešťovými srážky a pohybem splavenin. Právě tokům, jež jsou charakteristické svou rozkolísaností průtoků, výrazným pohybem splavenin a poměrně malou plochou povodí, začali věnovat svou pozornost. Těmto tokům říkáme bystřiny. Jsou to většinou toky horských oblastí a mají zcela odlišný charakter od vodních toků nížin.

Od počátku 19. století se připravoval císařský patent, č. 250 ř. z. ze dne 3. prosince 1852, v němž byl vydán nový lesní zákon. V tomto zákoně bylo pamatováno na ochranu zdraví a majetků (veřejný zájem). *„Doplňování těchto úřadů odborným lesním personálem však trvalo řadu let, byli to lesní inspektoři s přidělenými lesními techniky, kteří zajišťovali i službu pro hrazení bystřin“.* (Bělský J., 2004)

Přesnější organizační strukturu a řád dostává hrazení bystřin až v roce 1884, když jsou zřízena lesnicko-technická oddělení pro hrazení bystřin. Dále byly vydány 30. června 1884 zákony č. 116, 117, které se týkaly: zvelebení zemědělství stavbami vodními a opatřeními k neškodnému svádění horských vod. Tyto zákony byly posléze doplněny:

- zákonem z 18. prosince 1885 č. 2/1886 ř. z., o úpravě a předkládání projektů podniků k neškodnému svádění horských vod (hrazení bystřin)

- zákonem ze 7. února 1888 č. 17 ř. z. o přidělování státních orgánů k projektování a ke správě staveb pro hrazení bystřin.

Výše uvedené zákony platily pro celou Rakousko-Uherskou monarchii. Potřeby prací a opatření však bylo nutno upravit pro jednotlivé země monarchie. Proto byly v českých zemích zřízeny dvě expozitury:

- v roce 1906 expozitura v Opavě pro Slezsko
- v roce 1909 expozitura v Brně pro Moravu

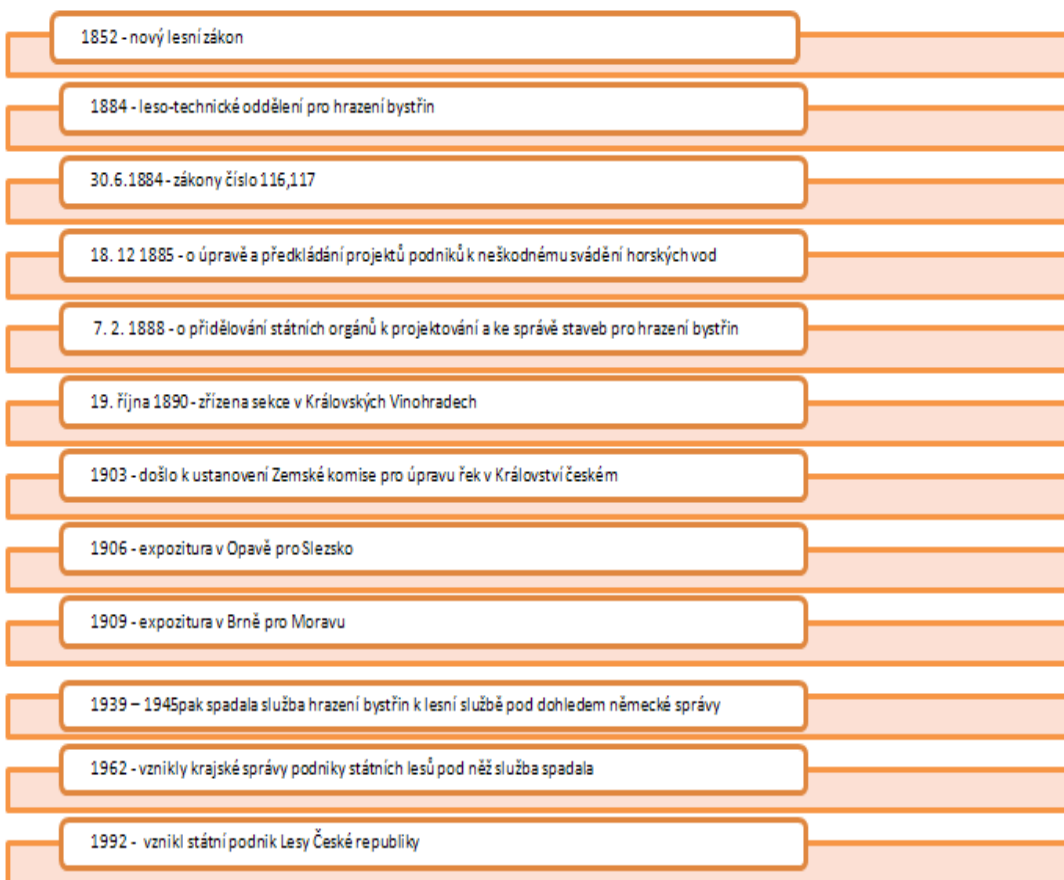
O území v Čechách se starala sekce B se sídlem v Královských Vinohradech, která byla zřízena 19. října 1890.

V roce 1903 došlo k ustanovení Zemské komise pro úpravu řek v Království českém. Služba hrazení bystřin si počínala dlouhodobě velice úspěšně. Dokonce i v místech, kde hrozilo vylidnění, úspěšně asanovala biologicko-technickými postupy. Legislativa hrazení bystřin zajistila účelnou spolupráci mezi odborníky lesního a vodního hospodářství. Dále zajistila obnovu všech výrazně postihovaných oblastí bystřin.

Legislativa po vzniku samostatného českého státu byla ovlivněna zákonem č. 125/1927 Sb., podle něhož byla v Československé republice provedena změna organizace politické správy. Byly vytvořeny dva zemské obvody pro země České a Moravsko-Slezské. Dosavadní státní správa a zemská samospráva byly sloučeny do zemských úřadů a do okresních úřadů. Ačkoliv tento zákon byl důležitý pro chod správy hrazení bystřin, pracovníci této správy byli přiděleni do nových organizačních celků, avšak svoji práci prováděli nadále. Nová organizace politické správy v roce 1928 znamenala počátek sestupu nových úprav bystřin v Čechách (ne však na Moravě a ve Slezsku).

Do válečných let 1939 – 1945, byla organizační struktura poměrně ustálená. Ve válečném období pak spadala služba hrazení bystřin k lesní službě pod dohledem německé správy. Po roce 1945 se časté organizační úpravy státní správy přenášely i do organizačních úprav

služby. V roce 1962 vznikly krajské správy podniky státních lesů, pod něž služba spadala. Tyto podniky však neměli dlouhé trvání. V roce 1992 vznikl státní podnik Lesy České republiky, který rušil platnost krajských správních podniků. Pod podnik Lesy Č. r. spadá služba dodnes. Podnik má oblastní správy toků v Benešově, Brně, Frýdku-Místku, Hradci Králové, Plzni, Teplicích a Vsetíně. (Bělský J., 2004)



1852 - nový lesní zákon
1884 - leso-technické oddělení pro hrazení bystřin
30.6.1884 - zákony číslo 116,117
18. 12 1885 - o úpravě a předkládání projektů podniků k neškodnému svádění horských vod
7. 2. 1888 - o přidělování státních orgánů k projektování a ke správě staveb pro hrazení bystřin
19. října 1890 - zřízena sekce v Královských Vinohradech
1903 - došlo k ustanovení Zemské komise pro úpravu řek v Království českém
1906 - expozitura v Opavě pro Slezsko
1909 - expozitura v Brně pro Moravu
1939 – 1945 pak spadala služba hrazení bystřin k lesní službě pod dohledem německé správy
1962 - vznikly krajské správy podniky státních lesů pod něž služba spadala
1992 - vznikl státní podnik Lesy České republiky

Obr. 1. Stručný přehled Historie hrazení bystřin

Stavby hrazení bystřin v Krušných horách

Jak již bylo napsáno, bystřiny jsou velice specifické vodní toky. Jejich úpravami se snažíme docílit především retenci vody a splavenin při povodňových průtocích. Tím chráníme nejen samotné bystřiny, ale i sběrné toky, do nichž ústí. Dále jde o zachování průtočného profilu koryta, snažíme se zabránit vybřežení bystřin. Důsledky tohoto vybřežení jsou patrné v celém zaplaveném území. Jde o ochranu nejen lidských obydlí a komunikací.

Koryta bystřin tedy navrhujeme zpravidla na povodňové průtoky. (Kovář P., Křovák F., 2002). Dále se při navrhování a provádění staveb používaných při úpravách bystřin snažíme, pokud je to možné, zachovat ekologickou hodnotu toku. Je proto nutné držet se zásad hrazení bystřin. (Just T., 2005)

Zásady hrazení bystřin

Prakticky po celou dobu 19. a 20. století byly nejvýraznějšími vodohospodářskými úpravami v krajině úpravy technické. Hlavní úloha těchto technických zásahů do přírody byla ochránit území před povodní. Jednalo se především o úpravy založené na soustředování povodňových průtoků do kapacitních koryt a hrázových systémů. Pravdou je, že mnohdy vedly tyto úpravy k nahrazení původně přírodních koryt umělými, výrazněji tvarově zjednodušenými.

Tyto zásahy se ukázaly jako přírodě všeobecně velmi nepříznivé. Postupem času se ukázalo, že tyto úpravy jsou jednostranné a do jisté míry nepříznivé i z hlediska vodního hospodářství. Soustředění povodňových průtoků do kapacitního koryta má sice lokální ochranný účinek, ale vede ke koncentrovanému průběhu povodňové vlny a zrychluje její prostup do nižších částí povodí. (Just T., 2005).

Musíme proto řešit odtokové poměry v povodí komplexními technicko-biologickými úpravami. Nepříznivé účinky, které se nedají zvládnout biologickou úpravou, odstraníme technickými úpravami. Každá vodohospodářská úprava, stejně tak jako vlastní dílo, by měla být pečlivě, citlivě, komplexně naplánována, realizována a provozována. Komplexností nerozumíme jenom systematické zásahy od ústí až po pramennou oblast. (Tlapák, Herynek, 2001)

Zásady hrazení bystřin:

- úprava odtokových poměrů v povodí
- protierozní úprava erodovaných ploch
- úprava (nebo revitalizace) koryta a pobřežních pozemků
- zlepšení stavu narušených biotopů a vytváření biokoridorů
- protipovodňová ochrana zástavby a cenných ploch
- zaústění přítoků a odbočení náhonů
- zabezpečení dostatku kvalitní disponibilní vody
- zabezpečení požadavků na ostatní funkce toku (chov ryb, funkce biokoridoru, břehové porosty)
- zajištění optimální hladiny podzemních vod v údolní nivě

Opevnění bystřin máme v zásadě dvojí. Vegetační a nevegetační. Z nevegetačních opevnění nutno dát přednost druhům poddajným (zához, pohoz...) před tuhými opevněními (beton, dlažba). (ON 73 6821)
Pro použití nevegetačních opevnění máme dále takováto kritéria:

- Chemické složení vody – v agresivním prostředí není vhodné použití cementu.
- Výška hladiny při provádění opevnění – pokud je hladina nad základovou spárou více jak 10 cm, pak je vyloučeno provádění dlažeb a štětování.
- Chod splavenin – pokud je větší chod hrubých splavenin, tak také nejsou vhodná opevnění z betonu
- Umožnění komunikace vody podzemní s vodou v toku, či naopak utěsnění koryta
- Blízkost materiálových zdrojů (ON 73 6821)

Používané stavební materiály

Stavební materiály jsou základní součástí stavebních konstrukcí. Tyto součásti pak ve výsledku mají většinou rozhodující vliv na vlastnosti, použitelnost konstrukcí i celé stavby. (Adámek J., et al. 1997)

Kámen a Kamenivo

Přírodní kámen se jako stavební materiál používal od pradávna. Zdrojem kamene je zemská kůra, která horninové nerosty obsahuje. Pro své nenahraditelné vlastnosti se stal jedním z hlavních stavebních materiálů, který používáme dodnes. K jeho nejvýznačnějším vlastnostem patří:

- Pevnost
- Hutnost
- Odolnost proti vlivům povětrnosti
- Odolnost proti ohni

Ovšem kámen má jako stavivo i své zápory:

- Vysoká hmotnost
- Omezená možnost strojového opracovávání (Adámek J., et al., 1997)

Kámen používaný pro opevnění má být I. třídy. Tento kámen má mít pevnost $R_{c\ m\ n} = 110$ MPa a nasákavost $n_{max} = 1,5$. (ON 73 6821) Dále musí mít součinitel odolnosti proti mrazu při 25 zmrazovacích cyklech (+20 až – 20) 0,75. (Adámek J., et al., 1997) Musí být trvanlivý, odolný proti obrusu a proti agresivitě vody (říční i podzemní). Měrná hustota má být nejméně $2,15$ t/m³. (ON 73 6821).

Volba druhu kamene a kameniva závisí na konkrétních podmínkách upravovaného toku. Ne na každé území je vhodné dovážet například lomovou žulu. (Just T., 2005)

Kamenivo vzniká drcením kamene na menší zrna. (Adámek J., et al. 1997)

Podle ČSN 72 1510 je kamenivo definováno jako - anorganický, zrnitý, sypký, přírodní nebo umělý materiál, jehož zrna musí propadnout kontrolním sítem o velikosti 125 mm.

Z výše uvedené definice vyplývá i základní dělení kameniva. Základní dělení tedy máme podle vzniku na přírodní a umělé. Přírodní kamenivo je z přírodních ložisek, z naplavenin řek a z horských sutí. Také ho můžeme získat drcením kusového kamene. Umělé kamenivo naproti tomu získáváme z průmyslových nebo stavebních odpadů, nebo je záměrně vyrábíme. Takové kamenivo používáme raději pro výrobu betonů. (Dvořák, 1996)

Kamenivo používané pro podsypy, pohozy, záhozy a jiné, musí být I. třídy.(ON 73 6821)

Použití kamene a kameniva

Kámen

Pro použití kamene většinou potřebujeme stanovit velikost efektivního zrna d_s . Tuto velikost odvodíme buďto z křivky zrnitosti, nebo výpočtem podle výrazu: $d_s = \frac{\sum d_i * p_i}{100}$

Kde d_i průměr zrna jednotlivých frakcí (m)

p_i procentické zastoupení jednotlivých frakcí (% hmotnostní nebo objemová)

Kámen používáme:

A) PRO OPEVNĚNÍ DNA A SVAHŮ

Opevnění kamennou dlažbou – klasický typ opevnění. Používáme hrubé kopáky, lomový kámen, či kámen místní (nasbíraný v korytě nebo v jeho okolí). (Kovář P., Křovák F., 2002). Opevnění je to velmi odolné. Jeho nevýhodami je ovšem velká nákladnost a malá nepřizpůsobivost. Je-li povrch tohoto opevnění jednou porušen, může začít přestat plnit svou funkci. Další nevýhodou je malá členitost povrchu dlažby. Přesto jde o hojně využívaný způsob opevnění, zvláště v intravilánech obcí. (Just T., 2005)

Opevnění kamennou dlažbou rozlišujeme na:

Dlažbu na sucho – dlažební kámen je vyklínován úlomky kamene v tloušťce 0,2 – 0,5 m.

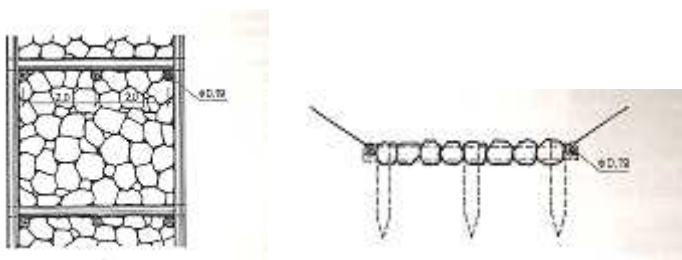
Dlažba do cementové malty – tento typ opevnění je nejodolnější, proto se používá v nejvíce namáhaných místech. (Kovář P., Křovák F., 2002)



Obr. 2. Dlažba do cementové malty použitá jako opevnění v intravilánu města (zdroj – archiv POH)

Dlažba ze sbíraného kamene – toto opevnění je oblíbené pro svou nízkou pořizovací hodnotu. Využíváme ho hlavně v horních částech bystřin, kde je terén málo přístupný. Použití tohoto opevnění nám zaručí vyšší drsnost a přírodní vzhled opevnění.

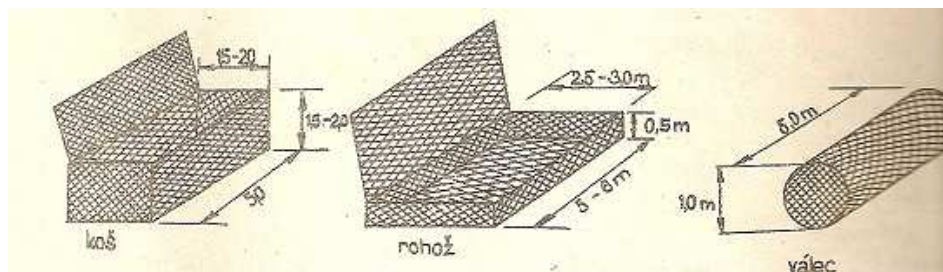
Dlažba do dřevěného roštu – používáme převážně ve sklonitých úsecích bystřin. Místní sbíraný neopracovaný kámen se ukládá do dřevěných roštů, zajištěnými pilotami za dřeva.



obr. 3 – dlažba do dřevěného roštu – půdorys, řez

Drátokamenná opevnění – toto opevnění získává v poslední době značnou oblibu. Jeho velikou výhodou je možnost využití místního kamene. Kámen se rovná do těles gabionů, které jsou vzniklé ze svařovaných, nebo spletených drátů. Pro opevnění používáme buďto

drátokamenné koše či matrace. Z těchto konstrukcí můžeme mimo plošného opevnění provádět i liniová opevnění a objekty. (Kovář P., Křovák F., 2002).



obr. 4 – drátokamenné opevnění – koš, matrace (rohož), válec

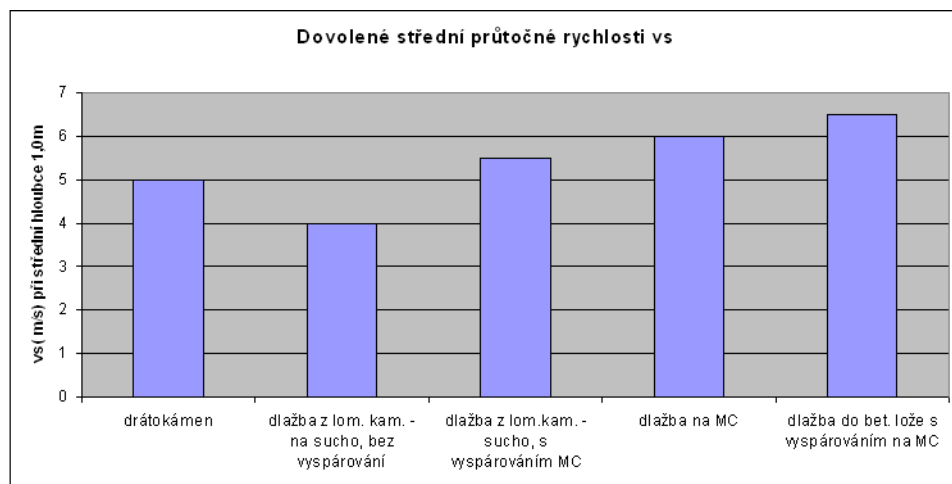
Kamenná rovnanina – pro toto opevnění se doporučují kameny o velikosti nejméně 20 cm. (ON 73 6821) Zhotovuje se z neopracovaného kamene, přičemž se může využít i vhodný místní kámen. (Kovář P., Křovák F., 2002) Provádí se kladením na sucho s vazbou v příčném i podélném směru. (ON 73 6821) Vyklínování návodní strany se provádí štěrkem. (Kovář P., Křovák F., 2002) Výhodou kamenné rovnaniny je její tvárnost oproti tuhému opevnění. V případě poruch podloží se nehroučí, naopak se přizpůsobuje. (Just T., 2005)

Opevnění kamennou dlažbou patří mezi takzvaná tuhá opevnění. Tyto opevnění jsou nevhodná zejména na násypch, a převážně tam kde můžeme očekávat deformaci koryta. (ON 73 6821) Kritéria o vhodnosti použití nevegetačního tuhého opevnění jsou uvedeny výše v kapitole 2.1 zásady hrazení bystřin.



Obr. 5. Na obrázku je opevnění kamennou rovnatinou s využitím místních zdrojů zajištěné pasy z lomového kamene na cementovou maltu (zdroj – archiv POH)

Opěrné zdi – používají se pro hrazení bystřin, převážně v zastavěných oblastech. V těchto oblastech většinou není dostatek prostoru pro větší sklon svahů.



Graf 1. – Dovolené střední průtočné rychlosti v_s (Kovář P., Křovák F.,2001)

B) PŘÍČNÉ OBJEKTY

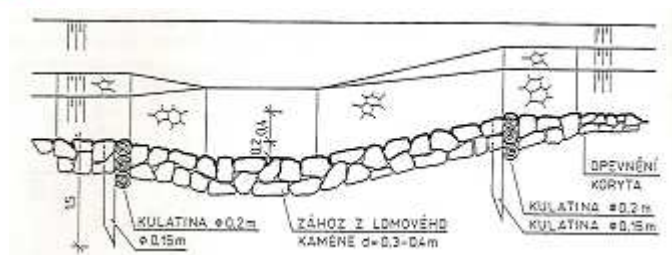
Jsou objekty, jejichž funkcí je zajištění nivelety dna, úprava podélného sklonu a zachycování, usazování splavenin. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Pasy – jsou objekty, které rozdělují dno na kratší úseky. Hloubka založení je větší, než hloubka předpokládaných výmolů. Pasy poskytují oporu splaveninám a tím se stávají přirozeným vývojem přepadovými objekty. (Kovář P., Křovák F., 2002) Kamene využíváme u kamenných pasů na sucho i na cementovou maltu a drátokamenných pasů. (Kovář P., 1988)

Prahy – jsou objekty, které při nízkých průtocích snižují sklon čáry energie, rychlost vody a průtočnost koryta. Při vyšších průtocích jsou zaplavené vodou. Kámen jako stavební materiál využíváme stejně jako u prahů a stupňů. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Stupně – patří mezi nejvýznamnější objekty na tocích. Stabilizují podélný sklon dna nivelety. Ovlivňují podstatně režim proudění vody v korytě toku. (Kovář, 1988). V bystřinách s výraznou populací ryb se zřizují stupně vysoké 0,4 – 0,1 m. Tyto stupně tvoří hluboké vývavy i bystřinného proudění a umožňují migraci ryb. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Skluzy – balvanité vznikly odvozením z přirozeně vznikajících větších sklonů. Vytvářejí přírodě blízký vzhled úprav. Jejich další výhodou je i nízká náročnost na kvalifikovanou pracovní sílu, kratší lhůta výstavby a nižší investiční náklady. Jsou tvořeny hrubými valouny a kameny. (Kovář, 1988) Přejít do volného terénu má mít co nejpřirozenější charakter. (Kovář P., Křovák F., 2002) Balvanité skluzy byly poprvé použity v Rakousku v padesátých letech. (Kovář, 1988)



Obr. 6. Balvanitý skluz (Kovář P., Křovák F., 2002)

Přehrážky – jsou příčné objekty s přelivnou hranou nad úrovní dna. (PN 48 2506) Rozdělujeme je na retenční a konsolidační. Retenční přehrážky se staví jako závěrné objekty nad souvisle provedenými úpravy. Jejich funkcí je zamezit přesunu splavenin do nižších částí toku. Konsolidační přehrážky slouží k zamezení dalšímu prohlubování koryta bystřin. Zachycují velké nánosy splavenin a poskytují oporu podemletým svahům. (Kovář P., Křovák F., 2002) Kámen jako hlavní stavební materiál je použit v přehrážkách z kamenného zdiva na sucho, drátokamenných a z kamenného zdiva na cementovou maltu.

C) RYBÍ ÚTULKY

Úpravy toku mají mnohdy nepříznivý vliv na migraci, pohyb a život rybí populace. Hladké a vyrovnané opevněné břehy často neposkytují rybám vhodné skrýše a útulky. Z tohoto důvodu se nechávají některá odříznutá ramena nezasypaná. Tyto ramena pak slouží jako rybí útulky. V praxi se osvědčily i rybí útulky zbudované přímo v upraveném korytě. Kámen pak používáme v jakýchsi kamenných komůrkách, s průřezem 30 × 40 cm a délkou 1,2 až 1,5 metru. U bystřin se však často zanášejí, proto je musíme pravidelně pročišťovat. (Kovář P., 1988)

D) USMĚRŇOVACÍ OBJEKTY

Slouží k usměrnění proudnice na širokých štěrkovištích. Dělíme je na výhony a odháňky.

Výhony jsou objekty, které usměrňují průtok do požadované trasy. Usměrnování proudu je proces probíhající dlouhodobě, proto bychom je měli budovat postupně.

Odháňky jsou krátké výhony. Jejich spojením zhlaví vzniká hráz jako spojení budoucích břehů koryta. Kámen používáme v odháňcích i výhonech, drátokamenných a kamenných. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Kamenivo

Pohoz – nevegetační druh opevnění tvoření z říčních oblázků, valounů, kameniva, lomového kamene. Celková tloušťka pohozu je nejméně 15 cm a doporučená tloušťka je alespoň třikrát větší než efektivní velikost zrna. Používáme ho pro opevnění dna i svahů. (ON 73 6821)

Zához – charakterem se blíží kamenným skluzům. (Just T., 2005). U záhozů nesmí být použito zaoblených valounů, nebo plochých prvků. (ON 73 6821).

Zához i pohoz považujeme za tvárná opevnění, která jsou nejvhodnější k revitalizacím. Je dobré je doplňovat jednotlivými velkými kameny, které koryto rozčleňují. Některé je vhodně k udržení stability zapustit do dna či svahů. Samotné velké kameny vložené do koryta nelze ovšem považovat za stabilizaci, spíše naopak, nesoudržný materiál kolem nich je odplavován a vznikají výmoly. (Just T., 2005)

Beton

Beton je stavivo ze směsi drobného a hrubého kameniva a vody, které vznikne ztvrdnutím cementové kaše - cementu a vody. Kromě těchto složek může také obsahovat přísady nebo příměsi.

Velkou výhodou betonového staviva je jeho nesmírná tvárnost v úvodních fázích. Z betonů můžeme vytvořit konstrukční prvky téměř libovolných tvarů. Po krátké době dochází k zatuhnutí betonové směsi a posléze k jejímu zatvrdnutí. (Adámek J., et al., 1997)

Další významnou vlastností betonu je jeho pevnost. Pevnost betonu v tlaku je základní vlastnost pro kterou ho používáme. Zkouší se na krychlích o hraně 150 mm a nabývá hodnot od 3,5 do 43,0 MPa. Pevnost betonu v tahu je až 25x menší než pevnost v tlaku a nabývá hodnot od 0,55 do 2,5 MPa. Ta je ovlivněna velkým množstvím faktorů. Nejdůležitější faktory:

- kamenivo - používáme kvalitní, neztvrdlé kamenivo
- cement – Nejnižší doporučená dávka cementu u vodotěsných betonů je 260 kg/m^3 . Nejvyšší doporučená dávka cementu je 400 kg/m^3
- voda - větší množství vody, než je optimální snižuje pevnost betonu (1 l na m^3 snižuje pevnost o 0,3 - 0,5 MPa)
- přísady a příměsi - při dodržení správného dávkování nedojde ke snížení pevnosti betonu
- vliv mísení - udávaná doba optimálního mísení je u nenuceného mísení 90 sec. a nuceného mísení 60 sec. Pokud by mísení trvalo déle, došlo by k rozmísení směsi a naopak při kratší době k nedokonalému promísení
- vliv dopravy - při dopravě betonové směsi na delší vzdálenosti by mohlo dojít k rozmísení, a proto používáme stabilizátory a vhodné dopravní prostředky (autodomíchávače apod.)

- stáří betonu - největší nárůst pevnosti je během prvních 28 dnů a následně pořád nepatrně roste
- vliv ošetřování - musíme dodržet správné postupy ošetřování směsi
- vliv zmrznutí při betonáži:
 - ihned po uložení a zpracování - tento stav nijak neovlivňuje výslednou pevnost (vznikne „betonová konzerva“ a po rozmrznutí začne hydratace od počátku)
 - v průběhu prvních 7 dnů - výsledný beton je nepoužitelný, ztrácí zhruba 90 % své pevnosti
 - mezi 7. a 21. dnem - pokles pevnosti se pohybuje mezi 25 - 70 % (nelze počítat s plným zatížením konstrukce, nutné vyjádření statika)
 - mezi 21. a 28. dnem - pokles pevnosti je do 10 %
- vliv zpracování (zhutnění) - dokonale zhutněný beton má pevnost až o 50 % větší než betony nezhutněné. (Dvořák, 1996)

Vystavíme-li betonovou konstrukci krátkodobému přípustnému zatížení, tak zjistíme, že beton má další významnou vlastnost a tou je jeho pružnost. Velikost přetvoření závisí na velikosti napětí, přetvářených vlastnostech kameniva a cementového kamene, na hutnosti, vlhkosti a stáří betonu. Přetvoření není úměrné napětí. Základní přetvárnostní charakteristikou je modul pružnosti - E .

$$E = \sigma / \varepsilon$$

σpoměr napětí

εpoměrná deformace

Hookeův zákon platí v oboru pružných deformací.

V oblasti nepružných deformací se stanovuje:

Modul přetvárnosti.....poměr napětí k celkovému poměrnému přetvoření

Modul stlačitelnosti.....používáme ho, jde - li o tlakové namáhání

Součinitel příčného roztažení.....poměr mezi příčnou a podélnou deformací osově namáhaného tělesa. (Adámek J., et al, 1997)

Vlastnosti, na které si u betonových konstrukcí musíme dát veliký pozor, jsou objemové změny betonu.

Nejvýraznějšími objemovými změnami jsou:

- smršťování - změna probíhající při hydrataci (trvá zhruba 1 rok a nejvíce v prvních 28 dnech), jde výrazně snížit správným ošetřováním konstrukce
- nabývání na objemu - dochází k němu při tuhnutí a tvrdnutí pod vodou, není nebezpečné a je nižší než u smršťování
- dotvarování - jde o změnu objemu konstrukce vlivem dlouhodobého zatížení konstrukce (probíhá 3 - 5 let od zatížení konstrukce)
- tepelné změny - jde o změny vyvolané tepelnou roztažností materiálů, proto používáme dilatačních spár pro minimalizování těchto změn.

Další vlastnosti betonů:

Vodotěsnost – zásadní vliv má obsah cementu, míra zhutnění a množství záměsové vody. Lze ji zvýšit přísadami.

Mrazuvzdornost – je ovlivněna množstvím dutin a pórů ve struktuře betonu.

Trvanlivost – nejvíce škodí cykly zmrazování a rozmrazování (Dvořák, 1996)

U hrazení bystřin používáme nejvíce betony vodotěsné. Takové betony odolávají stálému nebo dlouhotrvajícímu účinku vody. Zamezují možným průsakům. Nepropustnosti dosahujeme vhodným granulometrickým složením kameniva. Přísadami zvyšujeme těsnící účinek a pohyblivost směsi (Vusal, Tricosal III, Kortan). Vhodným poměrem jemných částic pojiva a drobného kameniva ku hrubému

kamenivu docílíme kompaktnost betonu bez dutinek a tím i jeho nepropustnost. (Dvořák, 1996)

Použití betonu

Stejně jako kamenné konstrukce, patří i betonové konstrukce mezi tuhé opevňovací prvky, proto jich využíváme jen v případech, kdy již není možné využít pružnější a přirozenější druh opevnění. To zejména v případech, kdy dynamické účinky proudící vody překročí odolnost vegetačního opevnění. Vždy dáváme přednost přírodním materiálům před umělými a dbáme přitom na kvalitu (samočištění) vody. (PN 48 2508).

A) OPEVNĚNÍ

Beton používáme v opevnění koryt bystřin zejména u těchto druhů:

Zához prolitý betonem

Dlažby do betonového lože – dlažební kámen se klade do betonového lože.

Betonové dlažby – z tvárnic nejmenší tloušťky 10 cm. Mohou být prováděny jak na sucho, tak na cementovou maltu s vyspárováním.

Betonové dlažby zhotovené na místě – betonáž provádíme na řádně odvodněný podklad a oddělujeme dilatačními spárami. (PN 48 2508).

Nábřežní zdi – mohou být stejně jako kamenné i betonové či železobetonové

Betonové desky a tvárnice, dříve hojně používané, jsou z hlediska ekologie vodního toku velmi nevhodné. Neumožňují zvýšit ekologickou hodnotu upravovaného toku a blokují jeho přirozený vývoj. (Just T., 2005)



Obr. 7. Použití betonových tvárnic na opevnění vodních toků

(Just T., 2005)

Železobetonové prefabrikované sruby – srubová stěna skládající se z betonových prefabrikátů je umístěna na základové betonové desce. (ON 73 6821)

Druh opevnění	tloušťka (m)	vs (m/s) při střední hloubce 1,0m
betonová dlažba z dlaždic	0,2	4,5
beton na svahu s dil. spárami	0,2	5,5
Vylehčené betonové tvárnice	-	3
opěrné zdi z železobetonu	B 12,5	12

Tab. 1 - Dovolené střední průtočné rychlosti vs (Kovář P., Křovák F., 2002)

B) PŘÍČNÉ OBJEKTY

Pásky- jsou také i betonové, výjimečně i z betonových prefabrikátů (Kovář P., Křovák F., 2002)

Stupně – jsou příčné objekty, na jejichž stavbu můžeme použít beton. Při konstrukci zděných a betonových stupňů však musíme ponechat otvory, sloužící k odvedení vody z návodní strany

Skluzy – Skluz má betonové základy a skluzovou plochu z kamenné dlažby na cementovou maltu.

Přehrážky – na konstrukci přehrážek můžeme využít velké množství materiálů, které volíme dle vhodnosti. Z betonových materiálů, můžeme využít betonu prostého i železobetonu. Časté je také využití betonových prefabrikátů. Betonové materiály můžeme při konstrukci přehrážek kombinovat i s jinými stavebními materiály. (Kovář P., Křovák F., 2002). Například jádro přehrážky může být postaveno z prostého betonu a obloženo kamenným zdivem. (Dvořák, 1996).



Obr. 8. Přehrážka chrání vodní tok Bystřici před zanášením splaveninami, vznikla kombinací betonového jádra, kamenného obkladu z lomového kamene na maltu cementovou a přelivné hrany ze žulových kvádrů. (zdroj – archiv POH)

Dřevo

Dřevo stejně jako výše zmiňovaný kamenný materiál využíval člověk již v nejstarších dobách. Nejprve ho využíval ke stavbě lidských obydlí, kde dřevo tvořilo nosné části. Historicky jsou takové stavby zaznamenány v Číně z doby 5000 let před naším letopočtem. Pravděpodobně nejstarší dřevěnou stavbou je Japonský chrám Horyuji – Nara, jenž byl postaven v sedmém století.

Dřevo řadíme mezi takzvané obnovitelné zdroje. Česká republika je jedním ze států, které jsou poměrně vysoce zalesněny a to přibližně 35%.

Dřevem se dle platné definice rozumí rostlinné pletivo, ve kterém buněčné stěny obsahují lignin. Rostliny, u kterých je převážná část pletiv (především v nadzemních osách – kmeny, větve a kořeny) signifikovaná, se nazývají dřeviny.

Dřeviny rozdělujeme do dvou skupin – jehličnaté a listnaté. Jejich zastoupení je v současné době v České republice: 78% jehličnaté stromy, 22% listnaté stromy. Z jehličnanů je v ČR nejvíce zastoupen smrk (55%), borovice (15,6%) a z listnatých dřevin buk (13,8%) a dub (6,4%). (Adámek et al, 1997)



Graf č.2. Chemické složení dřeva (Adámek et al, 1997)

Mezi vlastnosti dřeva pro které si ho jako stavebního materiálu velmi ceníme patří:

- Velmi dobrá pevnost – to i při malé objemové hmotnosti
- Malá tepelná vodivost
- Lehká opracovatelnost
- Estetický vzhled

Mezi jeho zápory patří:

- Podléhání živočišným a biologickým škůdcům
- Podléhání atmosférickým vlivům
- Hořlavost
- Nestálost svého tvaru při působení vlhkosti

Pro výrazné zápory dřevin je jejich použití často značně náročné na ošetřování a údržbu. (Adámek J., et al, 1997)

dřevo	ρ_v kg*m ⁻³	R _c (tlak) MPa	R _t (tah)	R _t (Ohyb)	E Gpa	λ W*m ⁻¹ *K ⁻¹	α 10 ⁻⁶ K ⁻¹
měkké	400 - 800	30 - 60	40 - 130	45 - 130	10 - 14	0,13 - 0,21	3,5 - 5,5
tvrdé	650 - 1000	40 - 85	55 - 170	55 - 170	12 - 16	0,17 - 0,25	3,5 - 5,5

Tab. 2. Základní vlastnosti dřeva (Adámek et al, 1997)

Dřevo používané pro hrazení bystřin (zejména pak na opevnění břehů) má být vyschlé a zdravé. Nejvhodnější pro použití opevnění je dřevo ze zimní těžby. Pro opevňovací konstrukce jsou vhodné tyče 3. až 4. Třídy, obzvláště potom tyče smrkové. Kulatinu můžeme v některých případech použít i z listnatých dřevin, nejvhodnější je kulatina smrková. Borovou a modřínovou kulatinu z hospodářských důvodů nevyužíváme. (ON 73 6821) Používání kořenícího vrbového materiálu bylo v minulosti velmi rezervované, kvůli obavám ze zarůstání průtočného profilu. Dnes

však již víme, jak jsou účinné a přitom ekonomicky velmi výhodné konstrukce vzniklé z vrbového materiálu. (Just T., 2005)

Použití dřeva

A) VEGETAČNÍ OPEVNĚNÍ VYUŽÍVAJÍCÍ DŘEVĚNÉ PRVKY:

Osázení vrbovými řízký – jde o pružné vegetační opevnění, které se provádí po celé délce svahu na místech méně namáhaných. (Kovář P., Křovák F., 2002) Vrbové řízký jsou z řezaného proutí (řežou se kolmo na osu větve) o průměru 1 až 3 cm a o délce 30 až 50 cm. Před výsadbou je vhodné je na 24 hodin máčet ve vodě. Vysazují se nad hladinu 210 až 180 denní vody. Vysazují se do děr připravených průbojníkem ve sponu 30 cm. (ON 73 6821) Opevnění vrbovými řízký vyžaduje pravidelnou údržbu, aby nedošlo k zmenšení průtočného profilu koryta bystřin. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Haťové povázky – je opevnění vzniklé z vrbových prutů až 2 cm silných, libovolné délky, svázaných drátem o průměru 2 – 5 mm. Celkový průměr je 8 – 12 cm.

Haťové válečky – jsou zhotovovány stejným způsobem jako haťové povázky, liší se celkovým průměrem, který je 12 – 20 cm. (ON 73 6821)

Haťové válce – jsou převážně z vrbových prutů tloušťky 2 – 4 cm, v případech potřeby je ovšem můžeme nahradit klestem dubu, lísky, olše, modřínu, borovice a ostatními jehličnatými dřeviny. Průměr válce je 20 – 60 cm, délka je libovolná. (ON 73 6821)

Jak haťové válce, tak i haťové povázky a řízký se používají hlavně při zajišťování pat svahů a břehových nátrží. (Kovář P., Křovák F., 2002)

Haťoštěrkový válec – je haťový válec doplněný štěrkovou a kamennou výplní. Průměr válce je 80 cm až 1 metr.

Zápleťový plůtek – je tvořen kůly plůtku o průměru 8 – 10 cm z vrbového neštípaného materiálu, v případě potřeby je opět možno použít i materiál z jiných listnatých a jehličnatých dřevin. (ON 73 6821) Kůly jsou proplétané vrbovým klestem. (Kovář P., Křovák F., 2002). Může být jednořadý nebo dvouřadý. (ON 73 6821)

Vrbová krytina – vzniká z prutů délky dvou až tří metrů, které jsou páleným drátem připevněné šachovnicově k zaraženým kolíkům. V některých případech se dá kombinovat se zápleťovým plůtkem.

Haťoštěrkové stavby – v současnosti málo používané opevnění břehů a břehových nátrží, především pro jeho pracnost a náročnost na množství používaného vrbového materiálu. (Kovář, Křovák, 2002)

B) NEVEGETAČNÍ OPEVNĚNÍ:

Dlažba do dřevěného roštu – je sbíraný neopracovaný kámen ukládaný do dřevěných roštů, zajištěných dřevěnými pilotami. Používáme ve sklonitých úsecích bystřin. (ON 73 6821)

Laťový plůtek – tvoří opevnění skládající se ze smrkových výřezů o průměru 0,1 až 0,12 metrů, používáme jej k zabezpečení paty svahů na těch tocích, kde se setkáváme s větším sklonem a hrubšími posouvajícími splaveninami. Smrkové výřezy se přibíjí k pilotům, které zapouštíme do paty svahu a následně zasypeme za laťovou stěnu zeminu. Životnost tohoto opevnění závisí na době zatopení vodou. (Kovář P., Křovák F., 2002) Nevýhodou tohoto opevnění je vytvoření nepřírodního příčného průřezu s nedostatkem úkrytů. Toto opevnění je i s omezenou možností dotváření. (Just T., 2005)



Obr. 9. Opevnění koryta laťovým plůtkem (Just. T., 2005)

Srubové stěny – objekty, sloužící ke stabilizaci břehových nátrží a jako opěrné zdi. Skládají se z podélných a příčných kulatin, které jsou spojeny hřeby, nebo ocelovými skobami. (Kovář, Křovák, 2002) Výplň srubových stěn se provádí ze sbíraného kamene, lomového kamene, popřípadě z lomového odpadu. Korunu stěny tvoříme vybraným kamenem, vzájemně vyklínovaným. (ON 73 6821)

C) PŘÍČNÉ OBJEKTY:

Stupně – mohou být stejně jako zděné, betonové, kamenné, tak i dřevěné. (Kovář P., Křovák F., 2002) Požadavky na použité dřevo jsou uvedeny v normě ON 73 6821, podle které má být použité dřevo zpravidla zdravé a vyschlé. Nejčastěji používáme smrkové dřevo. Často používané dřevěné stupně mají také své nevýhody. Ačkoliv je dřevo jako stavební materiál z ekologického hlediska velmi populární a využívané, v praxi dochází k ztrátě funkčnosti stupňů z dřevěné kulatiny, protože voda si často najde cestu pod nimi, kolem nich, nebo nad nimi. (Just T., 2005)



Obr. 10. Staveň z kulatiny, postavený v počátcích revitalizačních pokusů (Just. T., 2005)

Prahy – požadavky na použité dřevo jsou stejné jako u stupňů. Dopadiště můžeme opevnit klestem, dřevem, kamenem.

Pasy – z nichž prahy konstruujeme, jsou stejné jako u prahů a to: kamenné zdivo, beton, kamenná rovnanina, drátokamenné gabiony a dřevo. Požadavky na použité dřevo jsou také stejné jako u prahů a stupňů.

Přehrážky – dřevo při stavbě přehrážek využíváme u srubových konstrukcí. (Kovář P., Křovák F., 2002) Požadavky na dřevo se opět řídí normou ON 73 6821, podle které používáme dřevo vyschlé a zdravé.

Malty

Malty jsou dalším velice používaným stavebním materiálem, který využíváme. Tento materiál slouží k spojování stavebních prvků, k ochraně a úpravě povrchů staveb, k těsnění dutin, spár, k izolaci před teplotami, vodou, agresivnímu prostředí a k ochraně výztuže. Maltami nazýváme směsi vzniklé smíšením pojiva, plniva, vody a přísad.

Pro výrobu malt využíváme převážně těchto hmot:

- Hydraulické, vzdušné vápno a vápenný hydrát
- Směsné hydraulické pojivo
- Portlandský cement, portlandský struskový cement, bílý cement, vysokopecní cement
- Různé druhy sádry
- Přírodní kamenivo, vysokopecní struska, granulovaná struska, škvára, popílek, teracové drtě, uměle vyrobená pórovitá kameniva, slévárenský písek
- Přísady a příměsi
- Záměsová voda

Pro záměsovou vodu platí stejné požadavky jako u betonu kapitola 0

Frakci kameniva volíme podle použití malt. Pro účely úprav vodních toků nás zajímá frakce:

0 – 4 mm – pro malty na zdění a kladení dlažeb (Adámek J., et al. 1997)

Pro účely úprav vodních toků se nedoporučuje při výrobě malt využívat portlandský cement, ale využívat cementy s větší odolností proti agresivním účinkům vody, a to cementy například železoportlandský a vysokopecní.(ON 73 6821). Nejčastěji používané malty jsou cementové.

Cementové malty se vyrábějí z cementu, vody, plnivem je nejčastěji říční písek, popřípadě můžeme využít dalších příměsí a přísad (například k urychlení tuhnutí a tvrdnutí).

Značka malty	0	0,4	1	2,5	5	10	15
Minimální pevnost v tlaku v 28 dnech (MPa)	-----	0,4	1,0	2,5	5, 0	10, 0	15, 0
Minimální pevnost v tahu v 28 dnech (Mpa)	-----			0,8	1, 3	2,2	3, 0
Objemová hmotnost v suchém stavu (kg/m ³)	-----			≥1200		≥1500	
Modul pružnosti (Mpa)	-----			-----	≥10000		

Tab.3. Vlastnosti cementové – zdící malty (Adámek J., et al. 1997)

Pro zlepšení mrazuvzdornosti a vodotěsnosti, můžeme použít provzdušňovací malty. Tyto malty jsou směsicí cementu, písku, vody a provzdušňovací přísady. Vzduch je v kapilárách ve formě mikroskopických bublinek, které pomáhají zlepšit zpracovatelnost malty a velmi ovlivňují vodotěsnost i mrazuvzdornost. (Adámek J., et al., 1997). Takovéto malty mají dokonce lepší vodotěsnost než dokonale zhutněné malty. Příkladem provzdušňovací přísady je například Vusal. Tato přísada působí zároveň jako plastifikátor. Zlepšuje plastičnost, ale také snižuje nasákavost plniva a to až o 50%. (Dvořák j., et al., 1996).

Použití Malt

Opevnění kamennou dlažbou na MC – dlažba se ukládá do lože z cementové malty, jejíž tloušťka je 0,1 až 0,25 m. (Kovář, Křovák, 2002). Spáry se zalijí cementovou maltou. Šířka spar má být průměrně 2 cm, maximálně 4 cm. Je-li kámen ovšem méně ložný je ojediněle možné připustit i spáry širší. (ON 73 6821). Jde o klasické opevnění používané v nejvíce exponovaných místech. (Kovář, Křovák, 2002).

Dále cementovou maltu používáme **na zděné příčné objekty** – stupně, prahy, pasy, přehrážky. (Kovář, Křovák, 2002). Dbáme přitom na stejné požadavky jako u zdiva na cementovou maltu, zejména na správný poměr složek cementové malty, dobu míšení, dobu zpracovatelnosti, teplotu při zpracovávání, použití správných přísad a příměsí, správnou dopravu a ošetřování. (Adámek J., et al., 1997)

Rozbor konkrétních úprav, jejich technologií a použitých stavebních materiálů

Cílem této kapitoly je přiblížit úpravy bystřin v Krušných horách, jejich problematiku a řešení. Pro tuto práci jsem si vybral v minulosti realizované projekty a to rekonstrukce Loučenského potoka a revitalizaci Chomutovky.

Rekonstrukce Loučenského potoka

Loučenský potok se nachází v území Krušných hor nedaleko obce Most. Potok prochází extravilánem obcí Loučná u Litvínova a Lom u Mostu. (příloha – obr. 1) Rekonstrukce tohoto potoka byla provedena z důvodu nekapacitnosti koryta.

Rekonstruovaný úsek byl v délce 247 metrů, ř. km 3,060 – 3,307. Koryto potoka v tomto úseku bylo neupraveno a docházelo zde k mnoha místním břehovým nátržím, tím i ke změně trasy koryta. Koryto je v těchto 247 metrech v silném spádu s výrazným pohybem šterkopískových sedimentů. Úsek se nachází v nezastavěné oblasti, kde sousedí levý břeh s ploty soukromých zahrad a pravý břeh s lesními pozemky, na kterých rostou převážně smrky a modřiny již v mýtním věku. (Pešková, 2002)



Obr. 11. Současný stav neupraveného koryta Loučenského potoka

Identifikační údaje Loučenského potoka	
Průměrný sklon	4 – 5%
Plocha povodí	2,8 km ²
Délka úpravy	247 m
Hydrologické označení	1-14-01-061
Návrhový průtok	4,4 m ³ /s

Tab. 4. Základní identifikační údaje Loučenského potoka (Pešková I., 2002)

Rekonstrukce koryta byla provedena přírodě blízkým způsobem. Bylo v celé délce opevněno kamennou dlažbou, opřené o kamennou patku. (Pešková, 2002). Kamennou patku používáme v místech, kde můžeme očekávat větší vymílání u paty svahu (Kovář P., 1988), což v tomto úseku vzhledem k vytvořeným nátržím očekáváme.

Konstrukce koryta je miskovitého tvaru, což je tvar, který nejvíce odpovídá přirozenému tvaru koryta bystřin. Morfologicky připomíná kotlinu toků s přímým nebo divočícím korytem, kde je dostatek erodovaného materiálu. (Just T., 2005). V místech největšího tangenciálního napětí vyvolává zvýšené soustředění průtoků, proto je miskovitý tvar vhodný převážně u opevněných toků. (Kovář P., Křovák F., 2002) Dlažba na cementovou maltu, která byla u rekonstrukce Loučenského potoka použita zajistila dostatečné odolávání profilu a zamezila vzniku nátržím. Touto dlažbou byl ovšem souvisle opevněn celý rekonstruovaný úsek o délce 247 metrů. Tím činí rekonstrukci značně nákladnou. Dlažbu z lomového kamene je vhodné mimo zastavěné území používat spíše jako speciální doplněk. (Just T., 2005)

Zmírnění podélného profilu je v projektu řešeno soustavou zděných příčných stupňů na maltu cementovou. (Pešková I., 2002) Řešení soustavou stupňů je určitě ekologicky správnější, než konstruování jednoho většího stupně. Také lépe udržují hladinu podzemní vody. (Kovář, Křovák, 2002). Stupně jsou v zrekonstruované části tři, výšky $SO_2 = 0,80$ m, $SO_5 = 1,20$ m, $SO_7 = 1,0$ m. Stupně byly založeny do hloubky jednoho metru. Návodní sklon je 10:1, šířka v koruně 0,5 m. Zavázány jsou do rostlého terénu v délce dvou metrů. Dopadiště z lomového kamene pokládaného do betonového lože stabilizují zajišťovací prahy z lomového kamene na cementovou maltu. Tyto prahy jsou opět založeny v hloubce jednoho metru a šířka základové spáry je 0,5 m. Práh je také zajištěn v březích, konkrétně do délky 1,5 m. (Pešková I., 2002).



Obr. 12. Rekonstrukce Loučenského potoka, na fotce z 28.4.2008. Můžeme na obrázku vidět provedenou rekonstrukci po pár letech provozu. Koryto miskovitého tvaru převádí bez potíží i menší průtoky vody. Zmírnění podélného sklonu soustavou stupňů je na obrázku také patrné.

V prosinci roku 2000, byla dokončena srubová štěrková přehrážka, v Lesním úseku nad obcí Loučná, která zachytí větší množství splavenin a tím brání zanášení Loučenského potoka v intravilánu obce. Problematikou srubových štěrkových přehrážek se zabýval Just T., podle kterého může výstavba takové přehrážky probíhat dvěma způsoby. Podle prvního budeme počítat, že si voda přehrážkou vždy najde cestu a k této skutečnosti přihlédneme v návrhu. Druhým způsobem je pracná a nákladná výstavba, snažící se o úplnou vodotěsnost přehrážky.



Obr. 9. Srubová štěrková přehrážka v ř.km. 11,44 na Loučenském potoce

Rekonstrukcí Loučenského potoka určitě došlo ke zkapacitnění průtočného profilu a k zamezení erozivní činnosti vody. Projekt je řešen dle mého názoru naprosto typickým způsobem pro toky s bystřinným prouděním. Dle (Justa T., 2005), jsou ovšem nevhodná souvislá tuhá opevnění v extravilánu. Také stupně vyšší než jeden metr tvoří migrační překážku rybí populaci. (Kovář P., Křovák F., 2002) Myslím tedy, že úprava Loučenského potoka v extravilánu, by mohla být určitě provedena méně tvrdým technickým způsobem. Volil bych raději kamennou rovnaninu, která je tvárnější a přírodě bližší než opevnění z lomového kamene na cementovou maltu. Také souvislá úprava kamennou dlažbou, podle mne může spíše uškodit, pokud dojde k jejímu narušení. Řešení soustavou stupňů je určitě správné, ale místo tří stupňů hlavně když je jeden z nich vyšší než jeden metr, bych navrhl o stupeň či dva víc.

Projekt rekonstrukce Loučenského potoka v první řadě řeší pročištění průtočného profilu, jeho zkapacitnění a zmírnění podélného sklonu. Toho daná rekonstrukce určitě docílila, i když si myslím, že bylo použito zbytečně tvrdé a přírodě nepříliš citlivé opatření.

Revitalizace Chomutovky

Chomutovka je nejvýznamnější levostranný přítok Ohře. Pramení v Krušných horách ve výšce 840 metrů nad mořem v okrese Chomutov. Prochází intraviláem měst Chomutov, Údlice, Velemyšleves, Bitozeves a Postoloprty. (Soukup V., David P., 2001) (Přehled povodí Chomutovky Obr. 2 – příloha)

Chomutovka byla v roce 2002 velmi poškozena srpnovou povodní. Průtok v srpnové povodni, který prošel Chomutovkou byl $Q = 35 - 38 \text{ m}^3/\text{s}$. Došlo k vymletí dna a svahů, zvětšení svahových nátrží, naopak v místech s menším podélným sklonem došlo k usazování splavenin. Vybřežená voda transportovala splaveniny z koryta. Došlo i k vymletí terénu, při návratu vody do koryta. Díky tomu se v okolí toku vytvořily nánosy štěrku, písku, místní výmoly a erozní rýhy.

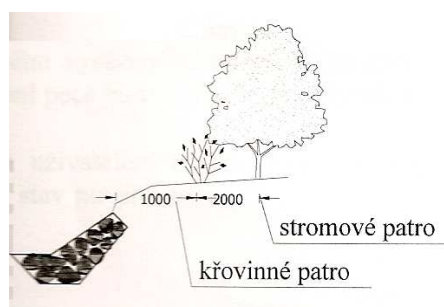
Délka revitalizové úpravy je 1380 metrů. Tento úsek byl již před touto revitalizací upravován. Ovšem zachované opevnění z kamenné rovnaniny a kamenného záhozu bylo v špatném stavu. Navrhované biotechnické úpravy z roku 2004 neměly souvislý charakter, jednalo se pouze o lokalizaci poruch ve směru vedení koryta a sanaci. Při navrhování revitalizačních opatření, bylo maximálně využito přírodních zdrojů. (Pešková I., 2004).

Tab. 5. Identifikační údaje Chomutovky (Pešková I. 2004)

Identifikační údaje Chomutovky	
Průměrný sklon	13,67‰
Plocha povodí	185,69 km ²
Délka úpravy	1380 m
Hydrologické označení	1-13-03-106
Návrhový průtok	27 m ³ /s

Rekonstrukce koryta je řešena v projektové dokumentaci třemi vzorovými profily. Vždy se jedná o opevnění krátkých úseků, ve zvláště poškozených a namáhaných místech.

První vzorový profil je tvořen těžkým kamenným záhozem, $d_{\min} = 0,50$ metru s urovnáním líce. Předepsaným kamenným stavebním materiálem je čedič. Urovnání líce záhozu je na způsob kamenné rovnániny, prvky záhozu se urovňají tak, aby zához působil jako hutné těleso. Základová spára záhozu je v hloubce 0,7 metru a její šířka činí jeden metr. Sklon svahu návodní líce záhozu je 1: 1,5 až 1:2,5, dle jednotlivých profilů. Za břehovou hranou byla provedena náhradní výsadba za dřeviny, jež se musely kvůli realizaci projektu vykácet. Tento profil byl použit v projektu revitalizace Chomutovky, převážně k opravení břehových nátrží a k zamezení jejich zvětšování.



Obr. 13. Řešení náhradní výsadby ve vzorovém profilu dle projektové dokumentace (Pešková I., 2004)



Obr. 14. – Na obrázku je opevnění těžkým kamenným záhozem, odpovídající prvnímu návrhovému profilu (zdroj - archiv POH)

Vysokokmenné stromy	
Jasan ztepilý (<i>Fraxinus exelsior</i>)	210 ks
Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)	195 ks

Keře	
Kalina obecná (<i>Viburnum opulus</i>)	325
Svída krvavá (<i>Kornus sanguinea</i>)	260

Tab. 6,7 Návrh pro novou výsadbu dle projektové dokumentace (Pešková I., 2005)

Druhým způsobem opevnění, je opevnění paty svahu těžkou kamennou patkou, $d_{\min} = 0,50$ metru. Tato patka byla provedena opět jako zához z lomového kamene, kde bylo opět použito čediče. Znovu byl zához konstruován tak, aby tvořil tuhé těleso, s urovnáním viditelných ploch na způsob kamenné rovnaniny. Sklon návodní líce zůstává stejný jako u prvního profilu, stejně tak hloubka a šířka základové spáry. Patka byla konstruována na svislou velikost jednoho metru, jeden metr byl předsazen i do dna koryta.

Poslední vzorovým profilem, použitý v projektové dokumentaci, je opevnění oživenou srubovou stěnou. Konstrukce stěny byla vytvořena z jehličnatých výřezů průměru 200 až 300 mm, s přitesáním ložných ploch, jenž byly přibity na piloty průměru 160 až 180 mm. Délka pilotů bude 2,0 m. Zaráženy jsou v osové vzdálenosti dvou metrů, se zavázáním srubové stěny kleštinami o průměru 120 mm do záhozu nebo záspy za stěnou. Oživení srubové stěny bylo provedeno vrbovými pruty

vrby nachové (*Salix purpurea*). Pruty byly použity ve svazcích po třech kusech, délky 1,5 metru, v osově vzdálenosti po jednom metru. (Pešková I., 2004)



Obr. 15. opevnění oživenou srubovou stěnou (zdroj - archiv POH)

Projekt je dle mého názoru řešen opravdu přírodě velmi blízkým způsobem. Nesouvislá úprava podporuje rozmanitost toku a zanechává přirozené vinutí, přitom ovšem citlivě řeší zkapacitnění koryta. Je řešena i návaznost břehových zón, spolu s obnovením přestárlého a zničeného břehového porostu. Opevnění kamenným záhozem je tvárné a dle (Justa T., 2005), je nevhodnější k stabilizování revitalizovaných koryt. Stejně tak opevnění oživenou srubovou stěnou je opevnění využívající převážně přírodní stavební materiál. Těmito úpravami podle mého názoru projektant velmi dobře vyřešil sanaci břehových nátrží i zamezení vzniku nových.

Závěr

V práci jsem se zaměřil na velice specifické vodní toky. Na bystřiny. Cílem mé práce bylo seznámení s úpravami bystřin, s přehledem používaných stavebních materiálů, jejich technologií a ekologickým dopadem při používání těchto materiálů i z nich vzniklých stavebních objektů.

Postupně jsem tedy vytvořil takového průvodce od obecných informací o bystřinách, po používané stavební materiály, jejich vlastnosti, použití. Práce je zaměřena konkrétněji na bystřiny Krušných hor, z tohoto důvodu jsem v ní provedl rozbor dvou odlišných projektů, konkrétně Loučenského potoka a Chomutovky.

Rozborem dle projektové dokumentace a odborné literatury jsem zjistil, že vybrat odpovídající vhodné úpravy bystřin není jednoduché. Projektant musí brát ohledy na místní podmínky, vodohospodářskou funkci toku, přitom se snažit respektovat přirozený vývoj daného toku a respektovat všechny zásady hrazení bystřin i úprav vodních toků. V praxi to potom vypadá tak, že se projektant často drží až přespříliš léty prověřených a osvědčených postupů, které ovšem vždy nejsou tím nejlepším řešením. V současnosti je k dispozici značné množství studií a informací o provádění úprav vodních toků a jejich vlivu na okolí. Tím dostává projektant nepřehledné množství informací a velmi bohaté možnosti při návrzích úprav.

V práci jsou porovnávány technické a biotechnické úpravy, jejich vliv na biokoridor. Snažil jsem se zachovat nestranný pohled a dát tak nezaujatou informaci o vhodnosti využití těchto úprav.

Seznam literatury

ON 736821. Opevnění koryt vodních toků. *odborová norma*. Praha : Úřad pro normalizaci a měření, 1975.

PN 482506. Hrazení bystřin a strží. *podniková norma*. Praha : vydavatelství norem, 1990.

Doc.Ing. Jiří Adámek, Ing. Bohumil Novotný, Ing. Jan Koukal. *Stavební materiály*. Brno : Akademické vydavatelství CERM, 1997.

Václav Bratrych. *Živel voda*. Praha : Koniklec, 2005.

Ing. Jiří Bělský. *120. výročí služby hrazení bystřin a strží*. Silvarium : [online].2004. Dostupné na internetu:
<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/279/3/>

Petr David, Vladimír Soukup. *Průvodce po Čechách Moravě a Slezku - Krušné hory střed* . Praha : S & D, 2001.

Petr David, Vladimír Soukup. *Průvodce po Čechách Moravě a Slezku - Krušné hory východ* . Praha : S & D, 2001.

Ing. Jiří Dvořák, Ing. Zdeněk Kvítek, Ing. Jiří Slabí. *Betonové konstrukce I*. Praha : sobotáles, 1996.

Ing. Tomáš Just. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění před povodněmi*. Praha : 3. ZO ČSOP Hořovicko ve spolupráci s ES s.r.o. AOPČR a Ministerstvem životního prostředí, 2005.

Doc.ing. Pavel Kovář. *Úpravy toků*. Praha : Vysoká škola zemědělská Praha, 1988.

Prof. ing. Pavel Kovář, ing. František Křovák. *Hrazení bystřin.* Praha :
ČZU - Lesnická fakulta, 2002.

Ing. Pešková Ivana. *Revitalizace Chomutovky v ř.km 10.000 - 11,380,
I. etapa v k.ú. Tatiná ,Nehasice - Projektová dokumentace.* Chomutov :
Povodí Ohře státní podnik, 2004.

Ing. Pešková Ivana. *Rekonstrukce Loučenského potoka v ř.km 3,060 -
3,307 -IIb. etapa - Projektová dokumentace.* Chomutov : Povodí Ohře
státní podnik, 2002.

Eva Stieberová. *Lesy v Krušných horách umírají.* Silvarium :
[online].2007. Dostupné na internetu:
<http://www.silvarium.cz/content/view/6289/68/>

Prof. Ing. Václav Tlapák, Prof. Ing. Jaroslav Herynek. *Úpravy vodních
toků a hrazení bystřin.* Brno : Mendeleova zemědělská a lesnická
univerzita, 2001.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA – FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

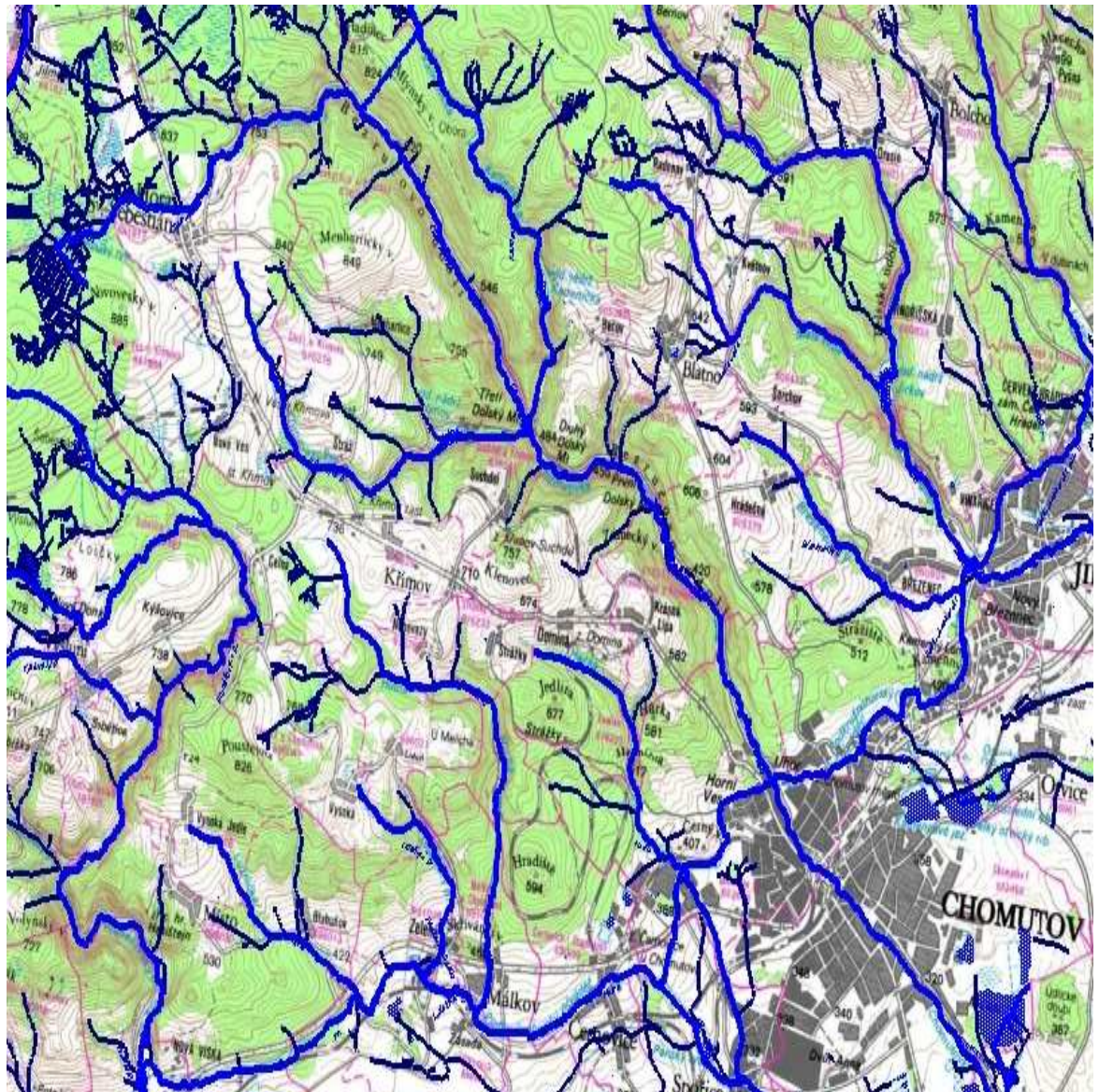
Přílohy

Stavební materiály a technologie používané při úpravách bystřin a jejich ekologický dopad

1. Přehled povodí Loučenského potoka
2. Přehled povodí Chomutovky



Loučenský potok – obr.1.(<http://heis.vuv.cz>)



Chomutovka – Obr. 2 (<http://heis.vuv.cz>)