

VÝZKUMNÉ PROJEKTY
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR



SHRNUTÍ PROJEKTU

**OPTIMALIZACE MANAGEMENTU
SPLAVENIN V DROBNÝCH VODNÍCH
TOCÍCH**

Řešitel

ENVICONS s.r.o.

Spoluřešitelé

MASARYKOVA UNIVERZITA

OSTRAVSKÁ UNIVERZITA

Odpovědný řešitel:

RNDr. Lukáš Krejčí, Ph.D.

Spoluřešitelé:

Ing. Lukáš Řádek, Mgr. Soňa Vopršalová, RNDr. Tomáš Galia, Ph.D., RNDr. Václav Škarpich, Ph.D., doc. RNDr. Jan Hradecký, Ph.D., doc. RNDr. Zdeněk Máčka, Ph.D., Mgr. Monika Šulc Michalková, Ph.D. et Ph.D.

Pardubice, listopad 2021

Obsah

1. Úvodem.....	2
2. Něco málo o splaveninách.....	4
3. Modelová povodí a terénní průzkumy.....	6
4. Provedené práce	11
5. Závěry.....	15
5.1 Obecné závěry.....	15
5.2 Výstupy z modelových povodí.....	18
5.3 Pracovní postup pro správce	21
5.4 Pracovní postup pro projektanty	21
5.5 Jak na splaveniny alespoň orientačně.....	22
6. Úplným závěrem.....	26

1. Úvodem

Státní podnik Lesy České republiky vykonává správu na téměř 38,5 tis. km drobných vodních toků především v horních částech povodí. Podstatný podíl z toho množství tvoří toky v členitém reliéfu s velkým podélným sklonem, které se vyznačují značnou dynamikou hydrologických a geomorfologických procesů. Důležitým aspektem přirozené dynamiky vodních toků, který přináší celou řadu praktických výzev pro jejich management, je splaveninový režim, který zahrnuje procesy tvorby, transportu a ukládání splavenin.

Zdravý splaveninový režim je předpokladem optimálního fungování fluvialního (eko)systému. Drobné vodní toky představují ve větších povodích zdrojnice splavenin, které zásobují níže položené úseky sedimentárním materiálem, a zajišťují tak stabilitu jejich koryt (brání efektu hladové vody). V tomto ohledu je jejich funkce nezastupitelná. Pestrost akumuláčních korytových forem (náplavů) a jejich zrnitostní variabilita je také nezbytným předpokladem biologické rozmanitosti vodních organismů (od bentických bezobratlých až po ryby).

Druhou stranou mince jsou dynamické procesy dodávky sedimentů do koryt (např. svahové sesuvy, břehová eroze) nebo nežádoucí nadměrná sedimentace splavenin, které představují ohrožení zranitelných objektů (zejména intravilánů obcí). O těchto procesech hovoříme jako o splaveninovém hazardu, a v případě jejich působení na zranitelné objekty (např. rezidenční zástavbu, dopravní infrastrukturu, výrobní areály) vzniká splaveninové riziko. Problematiku splaveninového rizika nelze zcela oddělit od otázky povodní, protože procesy tvorby a transportu splavenin jsou aktivovány zejména, nikoliv však výhradně, během období zvýšených průtoků.

Splaveninový režim je výsledkem vzájemného ovlivňování řady faktorů působících jak v korytech vodních toků, tak i v ploše povodí. Z tohoto důvodu je třeba při hodnocení a managementu splaveninového režimu vycházet z širších vztahů v celém povodí. Například v členitém reliéfu pohoří mohou být lokálním zdrojem sedimentů pro říční síť sesuvy a blokovo-bahenní proudy, v nižších polohách pak erozní splachy z bloků orné půdy. Relativní význam faktorů řídících splaveninový režim je proměnlivý jak v prostoru (mění se povodí od povodí), tak i v čase (změna podmínek v rámci jednoho povodí). Jednotlivé povodňové události s podobným kulminačním průtokem i dobou trvání se pak mohou projevit v daných profilech velmi různým množstvím protečených splavenin. Objektivní kvantifikace splaveninového režimu tedy není triviálním úkolem, a vyžaduje adekvátní poznání specifických podmínek každého povodí. Okrajové podmínky splaveninového režimu jsou určovány přírodními danostmi povodí a způsobem jeho využívání člověkem.

Splaveninový režim povodí může fungovat ve dvou základních módech. Vodní tok funguje buď v režimu hrubozrnných dnových splavenin, které se pohybují trakcí po dně, nebo v režimu jemnozrnných splavenin, které jsou unášeny v suspenzi (případně tok funguje ve smíšeném režimu). Tyto režimy vyžadují implementaci odlišných typů opatření pro snižování míry splaveninového ohrožení. Zatímco kontrola dodávky a transportu dnových splavenin je převážně v možnostech správce toku, v případě splavenin, které mohou v podstatné míře pocházet z plochy povodí (erozní splachy), je třeba řešit v součinnosti s dalšími institucemi (v první řadě Státním pozemkovým úřadem). Do zpracování splaveninové studie je žádoucí zapojit také fluvialního geomorfologa a GIS specialistu, kteří jsou schopni řešit dílčí problematiku mobility splavenin v širších vazbách na další procesy v povodí, a mají zkušenost se sběrem, analýzou a kartografickou prezentací dat v prostředí geografických informačních systémů.

Předkládaný dokument je stručným shrnutím výstupů projektu zadaného Grantovou službou LČR s názvem „Optimalizace managementu splavenin v drobných vodních tocích“ (doba řešení 2019 až 2021). Hlavním cílem projektu bylo vytvoření metodického postupu pro hodnocení splaveninového ohrožení a rizika umožňujícího rozhodnout, zda splaveninový režim v daném povodí vyžaduje aktivní řešení ze strany správce toku. Metodický postup je rozdělen do dvou částí s různou mírou podrobnosti. Stručnější verze pro správce slouží pro rychlé, orientační zhodnocení splaveninového ohrožení a rekapitulaci již provedených opatření regulujících splaveninový režim. Tato etapa hodnocení má správcům poskytnout informaci, zda míra rizika spojená s chodem splavenin je potenciálně vysoká, a povodí tedy vyžaduje zpracování podrobnější splaveninové studie. Podrobnější verze metodiky určená pro projektanty pak slouží k hlubšímu rozboru podmínek tvorby a transportu splavenin, přesnějšímu stanovení splaveninového ohrožení a rizika, kalkulace množství splavenin procházejících zvolenými profily při povodních o dané N-letosti a vyhodnocení efektivity stávajících opatření. Obsah a strukturu metodiky pro projektanty lze použít jako vodítko pro vypracování podrobnější splaveninové studie povodí.

V rámci projektu byly dále řešeny některé obecné otázky splaveninového režimu vodních toků, zejména však byl proveden terénní průzkum a výpočty ve dvanácti modelových povodích vybraných zadavatelem (oblast Moravskoslezských Beskyd, Hrubého Jeseníku a Rychlebských hor, Orlických hor, Českomoravské vrchoviny a Českého Středoohoří). V rámci obecných otázek byly zpracovány rešeršní přehledy zaměřené na způsoby měření průtoku splavenin v terénu, používané postupy managementu splaveninového režimu a přehled rovnic pro výpočet intenzity transportu dnových splavenin. Dále byl sestaven přehled opatření, která lze využít pro regulaci transportu splavenin, včetně katalogu vybraných technických opatření.

V modelových povodích byly zmapovány zdrojnice splavenin a bariéry jejich transportu, provedena inventarizace provedených technických opatření v korytech, ve vybraných profilech byly provedeny zrnitostní rozbor, geodetické zaměření parametrů koryta a výpočet intenzity transportu dnových splavenin. Pro jednotlivá povodí byly zformulovány rámcové návrhy možných opatření pro optimalizaci splaveninového režimu. Součástí projektu byla rovněž příprava návodu pro práci s aplikací BedloadWeb, která umožňuje kalkulovat protečené množství dnových splavenin pro modelovou povodeň dané N-letosti pomocí zvolených transportních rovnic. Podrobné rozvedení výše zmiňovaných témat, ale i další dílčí výstupy (např. vyhodnocení erozních smyvů na orné půdě v povodí Hodonínky) lze nalézt v obsáhlé verzi závěrečné zprávy projektu.

2. Něco málo o splaveninách

Splaveniny jsou nedílnou součástí vodních toků, stejně jako je proudící voda nebo živé organismy. V rámci komplexních vztahů vodních ekosystémů hrají nezastupitelnou roli a z pohledu vodní bioty utvářejí jednotlivá stanoviště (například peřeje nebo stupně tvořené balvany nebo naopak tůně s jemným sedimentem) a podmiňují tedy výskyt určitých živočišných druhů v korytě. Důležité pro správné fungování ekosystému jsou však i náplavy nad úrovní vodní hladiny při běžném průtoku, které poskytují útočiště specifickým zástupcům pavouků a hmyzu. Z pohledu člověka mohou splaveniny působit problémy z hlediska jejich intenzivního chodu během povodňových pulsů a následné akumulace v kritických profilech vodního toku v intravilánu, případně jejich ukládání mimo samotné koryto. Stejně tak ale může iniciovat problém akutní nedostatek splavenin, kdy je následně energie proudící vody vynakládána na erozi břehů a dna namísto nesení splavenin. Z toho vyplývá, že přítomnost splavenin a jejich charakteristika (zrnatost, objem a frekvence transportu) má zásadní vliv na morfologii koryt.

Obor hydrologie splaveniny tradičně z hlediska mechanismu pohybu dělí na plaveniny a dnové splaveniny, v korytě uložené pevné částice se definují jako sedimenty. Plaveniny jsou drobné částičky unášené v celém průtočném profilu a způsobují tak typické zakalení vody. Jejich zrnatost je závislá na rychlosti proudící vody, ale často zde z hlediska zjednodušení situace hovoříme o zrnech jemnějších než 2 mm. Dnové splaveniny se pohybují více či méně v kontaktu se dnem toku válením, sunutím nebo poskakováním. Z hlediska režimu dochází k transportu plavenin poměrně často v průběhu celého roku, zatímco dnové splaveniny jsou uváděny do pohybu obvykle jen několikrát ročně během jednotlivých zvýšených průtoků. Množství dnových splavenin a plavenin je v bystrinných korytech značně variabilní, světová literatura uvádí 20-90% podíl dnových splavenin v závislosti na lokálních podmínkách (litologie povodí, sklon nivelety dna, krajinný pokryv apod.). Plaveniny jsou do vodního toku dodávány boční erozí koryta, ale velkou měrou může přispívat splach ze zemědělských pozemků nebo eroze nezpevněných cest. Proto při jejich řešení je vhodné přistoupit k analýze potenciálních



Obr. 2.1 Jedna z možných percepcí splavenin člověkem.

zdrojnic v rámci celé plochy povodí. Naopak zdrojnice dnových splavenin se obvykle nacházejí v bezprostřední blízkosti koryta toku a do něj se dostávají erozí břehů a dna nebo svahovými procesy (sesuvy, murami), pokud je koryto přimknuto k patě svahu. Právě charakteristiky takových zdrojnic předurčují potenciální objem dnových splavenin, který bude do toku dodán a následně posunut během povodňové události. Přitom zde nemusí platit přímá úměra mezi magnitudem povodně a množstvím unášených dnových splavenin, ale roli zde hraje i historický aspekt. Například pokud po sobě následují během několika málo let dvě povodně o podobném magnitudu, první povodeň může unášet daleko větší množství splavenin vzhledem k aktivitě potenciálních zdrojnic a uvolněnému klastickému materiálu v blízkosti koryta toku; u druhé povodně mohou být tyto zdrojnice již vyčerpány, což kromě menšího objemu transportovaných dnových splavenin bude doprovázeno intenzivnějšími

erozními procesy v korytě. Je rovněž nutné si uvědomit, že povodňový pulz nepřelaví jednotlivé částice celou trasou koryta, ale tento pohyb je poproudově často realizován pouze v rámci desítek nebo prvních stovek metrů. To znamená, že v závislosti na délce toku (velikosti povodí) trvá průchod splavenin celým systémem velice dlouhou dobu.

Z výše uvedených informací vyplývá, že je obtížným úkolem predikovat množství splavenin unášených vodním tokem během určité povodňové situace. Česká praxe hrazení bystřin pro roční produkci splavenin k závěrovému profilu využívá empirický vztah, který zahrnuje střední sklon v povodí, klimatické charakteristiky (průměrné teploty a srážkové úhrny) a vlastnosti povrchu (vegetační kryt, půdní druh a charakteristické projevy eroze v ploše povodí). V alpských oblastech, kde je větší relevance řešit hlavně dnové splaveniny, se v rámci jednotlivých modulů vyhodnocuje náchylnost povodí ke stékání mur, potenciální aktivita zdrojnic v okolí vodního toku a transportní kapacita toku během povodně o určitém intervalu opakování. V rámci tohoto projektu představovaná metodika se snaží propojit zjednodušené principy tvorby splavenin v povodí a transportní kapacitu toku s potenciálním rizikem pro zastavěné oblasti nebo kritické profily v trase bystřinného toku.

V uplynulých letech byla vyvinuta řada transportních rovnic predikujících objem transportovaných splavenin během určitého průtoku. Problémem zůstává kalibrace a validace takových rovnic pro určité podmínky povodí, protože i dvě sousední horská povodí mohou být kontrastní z pohledu objemu přeplaveného materiálu a erozně-akumulačních procesů během stejné povodně. Nemůžeme se zde opřít o exaktní data objemu transportovaných dnových splavenin, protože v praxi se na našem území (a tedy v našich fyzicko-geografických podmínkách) systematicky jejich transport z hlediska časové a finanční náročnosti neměří. Data získaná z experimentálních povodí alpských oblastí pomocí speciálních retenčních nádrží, desek s akustickými senzory umístěných v korytě toku a klasty s implementovanými pasivními vysílači nejsou pro naše středohorské podmínky zcela relevantní. Alespoň určitým vodítkem mohou být známé odtěžené objemy materiálu z retenčních objektů po povodňových událostech. Nezastupitelnou roli tak zde hraje terénní průzkum a hrubý odhad produkce dnových splavenin v závislosti na (ne)přítomnosti jejich zdrojnic. Měření koncentrace plavenin probíhá na vybraných profilech větších nížinných toků (obvykle jednou denně), z čehož vyplývá, že pro bystřinná povodí rovněž nemáme dostatek kvantitativních dat ani o intenzitě transportu plavenin.



Obr. 2.2 Rozsáhlá břehová nátrž jako zdrojnice dnových splavenin do koryta Satiny (Moravskoslezské Beskydy); materiál uložený při patě svahu bude rozplaven budoucí povodní.

3. Modelová povodí a terénní průzkumy

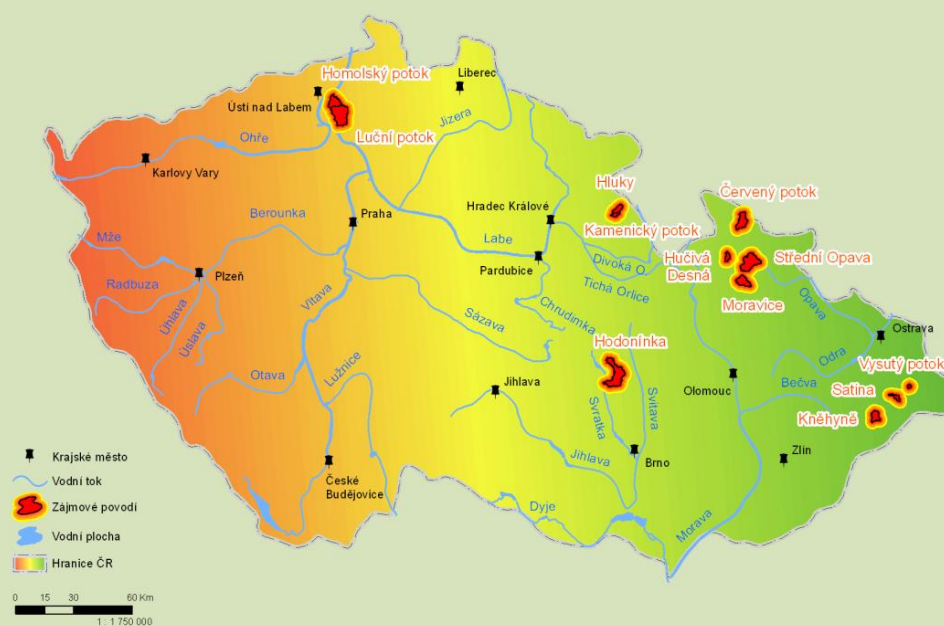
Vzhledem ke složitosti a obsáhlosti problematiky bylo již na začátku jasné, že projekt bude probíhat na několika málo vodních tocích ČR. Za tímto účelem bylo vybráno 12 vodních toků a jejich povodí, kde probíhal výzkum a aplikace problematiky splavenin.

Výběr modelových povodí

Výběr řešených vodních toků proběhl v gesci zadavatele, tj. státního podniku Lesy ČR. Proměnlivost přírodního prostředí byla zajištěna rozprostřením zájmových povodí do různých oblastí České republiky. Bylo vybráno celkem 5 přírodních oblastí a v nich 12 modelových vodních toků. V rámci předkládaného projektu jsou primárně řešeny vybrané vodní toky, nicméně z hlediska komplexnosti je často řešen přesah do jejich povodí.

Tab. 3.1 Seznam vybraných vodních toků v rámci projektu.

Orlická oblast	Hluky, IDVT 10185408 Kamenický potok, IDVT 10171485
České středohoří	Luční potok, IDVT 10284053 Homolský potok, IDVT 10232511
Českomoravská vrchovina	Hodonínka IDVT, 10200091
Jesenická oblast	Střední Opava, IDVT 10100658 Moravice, IDVT 10100015 Hučivá Desná, IDVT 10101461 Červený potok, IDVT 10208660
Západní Beskydy	Vysutý potok, IDVT 10217497 Satina, IDVT 10217346 Kněhyně, IDVT 10200187



Obr 3.1 Vymezení zájmových povodí v rámci České republiky.

Vodní toky byly vhodně rozprostřeny v rámci republiky do oblastí s diverzifikovanými geologickými předpoklady tvorby splavenin. Z přehledu je patrné, že byly často vybrány vodní toky, kde proběhly v nedávné minulosti velké povodně. Na základě nichž byly realizovány na řešených tocích rozsáhlé vodohospodářské úpravy koryt. Z tohoto důvodu je upravenost vodních toků často vysoká, což se následně projevuje ve změně původního splaveninového režimu, neboť byly omezeny jak zdrojnice, tak transport splavenin.

Shromáždění podkladů

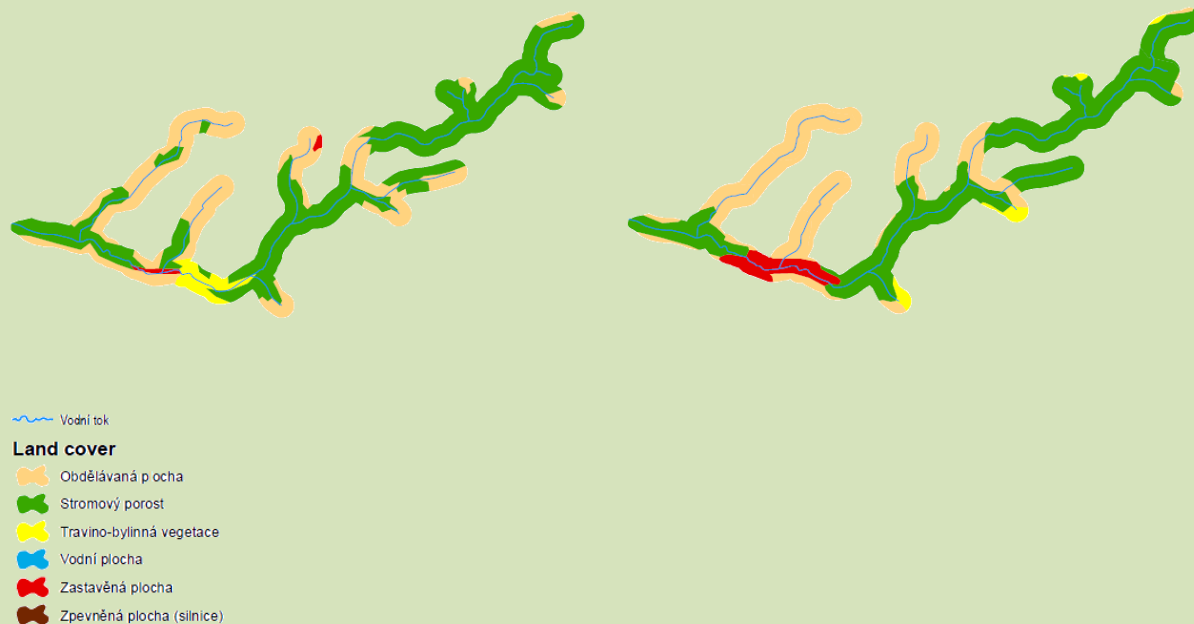
Pro posouzení historických úprav splaveninového režimu bylo nutné prozkoumat a vyhodnotit v minulosti provedených úprav vodotečí. Zadavatelem byly poskytnuty projektové dokumentace úprav realizovaných v zájmových povodích. V rámci analytické části byly poskytnuté dokumentace prostudovány a posouzeny, zda informace v nich obsažené jsou relevantní pro další fáze projektu.

Dalším důležitým podkladem jsou hydrologická data, zejména N-leté průtoky. Údaje o průtocích pro jednotlivé toky byla získána převážně z existujících projektových dokumentací. U některých toků nebylo možno tato data získat z projektových dokumentací, a proto byla adekvátní metodou odvozena. Pro Q_5 , Q_{20} , a Q_{100} byly sestaveny celé povodňové vlny. Tato data byla interpolována či extrapolována pro potřebné profily na řešených vodních tocích.

Součástí podkladů byla též historická analýza využití území.

1950

2018



Obr. 3.2 Změna krajinného pokryvu podél vodních toků v povodí Kamenického potoka mezi léty 1950 a 2018.

Terénní průzkumy

Terénní průzkumy byly prováděny zejména v prvním roce řešení projektu, kdy bylo potřeba detailně zmapovat řešená území. Před vlastním terénním mapováním byla provedena GIS analýza celé říční sítě u jednotlivých modelových povodí, na základě které byl páteřní vodní tok rozčleněn na jednotlivé segmenty, a to podle sevřenosti údolí (odráží dodávku sedimentů do koryta) a výkonu toku (představuje potenciál pro transport sedimentů korytem dále po proudu).

Terénní práce zahrnovaly podrobné zmapování koryt páteřních vodních toků od pramene až po ústí. Pozornost byla věnována i dílčím úsekům relevantních přítoků. Byly vytvořeny mapovací formuláře a zaznamenány následující ukazatele.



Obr. 3.3 Monitoring zrnitosti splavenin na Hodonínce.

Tab. 3.2 Mapované ukazatele v rámci terénních průzkumů.

Zdrojnice splavenin	poloha, typ
Bariéry transportu splavenin	poloha, typ, parametry, stav, funkčnost
Úpravy na toku	poloha, typ, popis
Parametry koryta	měření průtočného profilu ve vybraných úsecích segmentu

Přímo v terénu bylo v rámci jednotlivých toků provedeno vzorkování zrnitosti splavenin u každého hodnoceného segmentu. Vzorkování bylo provedeno metodou pebble count (Wolman, 1954) v segmentech, kde převažovala velká zrna. V segmentech, kde převažovaly jemnozrné frakce sedimentu, byly odebrány objemové vzorky na sítování.

Na základě terénních průzkumů byly vytvořeny výsledné databáze, které tvořily podklad pro další práce v rámci projektu. Jednotlivé databáze jsou uvedeny v tabelárních přílohách.

Z terénních průzkumů byla pořízena podrobná fotodokumentace, která byla zaměřena na zdrojnice splavenin, fluvialní tvary a vodohospodářské stavby.



Obr. 3.4 Ukázka břehové eroze (natrž) na Kněhyni v ř. km 1,700 do málo odolného jemně rytmického flyše jako významné zdrojnice sedimentů (foto vlevo). Štěrkové náplavy jako zdrojnice splavenin se nachází ve spodních a středních úsecích Červeného potoka (foto vpravo).



Obr. 3.5 Skalní dno tvořené odolnými horninami v přítoku Střední Opavy (Skalní potok) v ř. km 1,100 – není zdrojnicí sedimentů, ale spíše se jedná o lokální erozní bázi (stabilizace nivelety) ukazující na převahu transportních procesů nad donáškovou sedimentů z horní části povodí (fotografie vlevo). Na fotografii vpravo je ukázka akumulace sedimentů v údolním dně (náplav) v ř. km 11,000, která se vyznačuje jako potenciální zdrojnice dnových splavenin pro níže položené úseky.



Obr. 3.6 Na fotografii vlevo je zdokumentována zděná retenční přehrážka na Vysutém potoce v ř. km 2,000. Na fotografii vpravo je kamenná konsolidační přehrážka na Hučivé Desné, která plní funkci stabilizace nivelety dna a zpomalení chodu dnových splavenin (ř. km 5,128).



Obr. 3.7 Na fotografii vlevo je v korytě vodního toku Hluky v ř. km 0,300 – 0,700 opevněn břeh kamennou rovnatinou. Na fotografii vpravo je zobrazena dlážděná kyneta na Vysutém potoce ř. km 1,600 (stabilizace koryta a zamezení boční a hloubkové eroze, která však může urychlit transport sedimentů v rámci úseku z hlediska její nízké drsnosti).

4. Provedené práce

Za dobu tří let řešení projektu bylo provedeno velké množství různorodých odborných prací, jejichž stručný přehled je uveden níže. Značný díl tvořily terénní průzkumy, které jsou popsány v předchozí kapitole.

Úvod do problematiky splavenin

Byly provedeny rozsáhlé rešerše literatury týkající se v nejširším slova smyslu problematiky splavenin. Jednalo se zejména o představení terminologie z oblasti fluviální geomorfologie. Uživatel se dočte kde, a jak splaveniny vznikají a zjistí rozdíly mezi plaveninami a dnovými splaveninami. V návaznosti na to byl představen popis možných postupů a opatření na úpravu splaveninového režimu. Kromě tradičních konsolidačních a retenčních staveb jako jsou prahy či přehrážky jsou nastíněny i modernější (přírodnější) objekty.

Za účelem detailnějšího průzkumu splavenin jsou představeny postupy zrnitostních analýz (pebble count, sítování, fotogranulometrie, apod.). Dalším exaktním hodnocením splavenin je měření jejich transportu. Jsou popsány přímé (zachytávání, značení, čipování), nepřímé (geofony, hydrofony, vibrační senzory a akustické systémy s trubkovými mikrofony) a kombinované metody. Ve světě i České republice jsou dlouhodobě provozována experimentální povodí, kde je komplexně studován fluviální systém včetně chodu splavenin.



Obr. 4.1 Geofony na hraně spádového stupně kombinované se sběrem splavenin do vozíků (Erlenbach, Švýcarsko).

Kvantifikace splavenin

Jednou ze základních otázek problematiky splavenin je určení jejich množství, konkrétně, jaké transporty lze očekávat během povodňových událostí. Jako vhodný nástroj se ukázala webová aplikace <https://en.bedloadweb.com>. Zde lze po zadání základních vstupních údajů snadno (za předpokladu dispozice vstupních podkladů) vypočítat transportované množství splavenin pro libovolnou povodeň. V rámci projektu vznikl pro tuto aplikaci jednoduchý manuál.

Výpočty stanovení transportovaného množství předpokládají, že povodí je splaveninami nasyceno, respektive přísun materiálu k transportu není ničím omezen. Reálně je však přísun limitován jak antropogenními zásahy, tak i přírodními faktory.

Pro všechna modelová povodí, a případně též jejich části, byla vypočítána transportní kapacita pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Za tímto účelem byly sestaveny návrhové povodňové vlny. Výpočty byly dle možností kalibrovány pomocí známého množství splavenin zachyceného v retenčních objektech. Jako obecně nejvhodnější se ukázala výpočetní rovnice dle Reckinga. Výpočty byly porovnány s doposud zaužívaným postupem dle Zuny (2008) na modelových povodích Střední Opavy a Kněhyně pro Q_{100} událost.

Na tomto místě je však třeba poukázat na jednu zcela zásadní skutečnost. Množství splavenin pro konkrétní vodní tok, pro konkrétní profil a pro konkrétní N-letoú povodeň není možno uvažovat jako přesné jedno číslo. Je nutno si uvědomit proměnlivost a přesnost proměnných, které do výpočtu vstupují. Jen přesnost Q_{100} na malých vodních tocích je většinou $\pm 60\%$. Objem splavenin při dvou povodních se stejným kulminačním průtokem se může lišit i o několik řádů a to i z toho důvodu, že povodeň předcházející může povodí dočasně od splavenin vypláchnout. Na tuto skutečnost předkládaný projekt reaguje inovativním způsobem stanovení předpokládaného množství splavenin.

Potenciál tvorby splavenin

Problematika splavenin je tak složitá, že někdy i sousední povodí se navzájem zcela liší. Původní myšlenku regionalizace celé ČR z hlediska intenzity přísunu a chodu splavenin se z důvodu omezení rozsahu projektu nepodařilo. Nicméně v rámci modelových povodí byl navržen postup, kterým je možno zhodnotit konkrétní území a říční síť rozdělit na segmenty dle konektivity vodního toku se svým povodím. V rámci projektu byly stanoveny parametry povodí, které do značné míry charakterizují fluvialně-splaveninovou aktivitu povodí. Jedním ze zásadních podkladů je DMR 5G na němž jsou analýzy založeny.

Byla provedena geomorfologická typizace říční sítě založená na sevřenosti údolí (šířce údolního dna, konektivité koryta se svahy) v kombinaci s výpočtem výkonu toku. Podél páteřního toku jsou v rámci pracovního postupu vymezeny tři kategorie sevřenosti údolí: sevřené, polootevřené a otevřené. Základní členění podle sevřenosti údolí je ve druhém kroku zjemněno podle průběhu hodnot výkonu toku, který je vypočítán pro 100 m dlouhé segmenty podél celého páteřního toku.



Obr. 4.2 Geomorfologická typizace říční sítě Kamenického potoka.

Hranice vymezených geomorfologických segmentů odpovídají změnám v sevřenosti údolí a současně odrážejí trend a skokové změny v hodnotách výkonu toku. Sevřenost údolí vyjadřuje potenciál pro donášku sedimentů do koryta, výkon toku pak vyjadřuje schopnost toku transportovat dodané splaveniny dále po proudu. Navržená geomorfologická typizace tak v sobě zahrnuje jak podmínky donášky sedimentů, tak potenciál pro jejich další transport říční sítí.

Dále byl pro každý segment stanoven převládající režim z hlediska tvorby a transportu splavenin, definovány byly základní zóny a jejich přechody: zdrojová, zdrojově-transportní, transportní, transportně-akumulační, akumulaci. Geomorfologická typizace byla doplněna o mapování bariér transportu splavenin a zdrojnice sedimentů.

Navrhovaná geomorfologická typizace (segmentace) koryt vodních toků na základě sevřenosti údolí a výkonu toku je na rozdíl od jiných klasifikačních přístupů zaměřena primárně na podmínky tvorby a transportu splavenin.

Splaveniny a riziko

V řešených povodích byla vyhodnocena stávající opatření na usměrnění splaveninového režimu. Mezi tato opatření patří jak retenční objekty, které transportované splaveniny zachytávají, tak i podélné a příčné úpravy, které brání stabilizaci koryta jejich tvorbě. Efekt těchto opatření byl vyhodnocen pomocí hydrogeomorfologického rizika. Do něho vstupují jak parametry povodí, tak vodohospodářské úpravy a další proměnné. Pro každý tok byly definovány úseky, kde jsou opatření dostatečná, a kde nikoliv.

Jedním z výstupů projektu je Katalog opatření pro optimalizaci splaveninového a plaveninového režimu. V katalogu jsou obsažena jak technická opatření (např. příčné a podélné objekty zajišťující stabilitu dna, retenční a konsolidační objekty), tak opatření v ploše povodí (průlehy, meze, izolační zeleň atd.) a revitalizační opatření.

Náhled do problematiky plavenin

Samostatnou a velmi relevantní problematikou jsou plaveniny. Jedná se o jemný materiál unášený v suspenzi. Tento materiál typicky sedimentuje ve zkapacitněných korytech v intravilánu a protože se jedná o úživný substrát, velmi rychle zarůstá vegetací. Tento materiál není v korytech vodních toků (a potažmo i nádrží) z mnoha důvodů vhodný. Jeho negativní vliv je následně nesprávně přenášen na všechny splaveniny.

Metody hodnocení půdní eroze jsou dobře známy, ale není dopracován přesah týkající se přísunu plavenin do vodních toků. Určité přiblížení provedl Krása a kol. (2010), ale pouze v hrubém měřítku povodí IV. řádu. V rámci předkládaného projektu byl na povodí Hodonínky odzkoušen postup, který pro jednotlivé půdní bloky stanovil konektivitu s vodním tokem a tedy i potenciální přísun plavenin. Na základě kombinace parametrů toku (šířka nivy), půdních bloků (vzdálenost od vodního toku, sklon), a potenciální půdní eroze na půdním bloku je možno stanovit množství (podíl) půdy splavené až do koryt vodních toků. Ačkoliv je tento postup určen k další kalibraci, mohou dle něj být minimálně identifikovány problematické půdní bloky.

Považujeme ještě za důležité poukázat na termín splávil. Jedná se o materiál přírodního i antropogenního původu unášený vodním tokem. Negativní účinky povodní jsou mnohdy splávil akcelerovány (větvelemi ucpané propustky, auta v korytech, apod.). V takových místech jsou často i nadměrně sedimentovány splaveniny, což přispívá k jejich negativnímu vnímání.



Obr. 4.3 Koryto Homolského potoka v intravilánu Velkého Března je téměř v celém profilu dna zaneseno plaveninami.

5. Závěry

5.1 Obecné závěry

V rámci předkládaného projektu bylo studováno 12 modelových povodí, na nichž byly následně aplikovány existující i nové postupy pro hodnocení splavenin. Některé postupy se ukázaly jako nepoužitelné, jiné jako slepá ulička. Postupy a metody prezentované v průvodní zprávě projektu však přináší užitečné přiblížení. Aby byly výsledky reprezentativní, jsou nutné další verifikace. Z hlediska výběru území lze konstatovat, že řešené vodní toky jsou do značné míry upraveny tak, že byl ovlivněn jejich splaveninový režim. V případě dalšího pokračování výzkumu a managementu splavenin by bylo třeba rozšířit modelová povodí o přírodní toky.

Ukázalo se, že byť jen pro prvotní popis splaveninového režimu je třeba provést rozsáhlý terénní průzkum. Jeho rozsahem by měly být pokryty minimálně předpokládané zdrojnice splavenin a poznání aktuální míry transportu či sedimentace. Pokud je součástí studijních nebo projekčních prací splaveninová analýza, pak je nezbytnou prací projektanta právě terénní průzkum. Je tedy nutno počítat s touto činností jako s podstatnou rozpočtovou položkou a zadavatelem by měl být terénní průzkum (případně i společný) striktně vyžadován. Alternativou je zpracování splaveninové analýzy přímo fluviálním geomorfologem, který by byl s požadavky Lesů ČR na splaveninovou analýzu seznámen.

K zrnitostním analýzám je třeba přistupovat obzvlášť obezřetně. Zrnitost dnového substrátu je i v rámci krátkého úseku vodního toku velice proměnlivá. Pokud by byla místa odběru vybírána náhodně a izolovaně, pak bude údaj pouze přibližný. Terénními manuálními metodami (pebble count) jsou podvědomě upřednostňována větší zrna, která se dají uchopit. Fotogranulometrie taktéž ne zcela korektně vyhodnocuje jemná zrna. Malá zrna a celkově jemný materiál jsou upozaděny. Výsledkem tak je sice určité přiblížení drsnosti dnového substrátu, ale nemusí se jednat o údaj reprezentativní. Splaveninová analýza musí pokrýt všechny korytové jednotky a co nejvyšší rozpětí zrnitosti vyskytujících se v daném segmentu. Splaveninová analýza pro řešený segment koryta nemůže být reprezentativní, pokud se zrna odebírají z velmi krátkého úseku (řádově jednotky metrů) nebo snad jediného příčného profilu. Čím heterogennější sediment je, tím lze očekávat vyšší nejistoty ve vypočtených zrnitostních percentilech. V souvislosti s tím se musí zhodnotit časová náročnost odběru dostatečně reprezentativního vzorku. Další skutečností, způsobující nepřesné výsledky, je možné antropogenní ovlivnění substrátu. Často může dojít k rozhrnování materiálu v korytě během běžných údržbových prací. Po velkých povodních dochází k tak významnému antropogennímu přemodelování koryta a změně zrnitostních poměrů. Do krycí vrstvy se často dostane velmi hrubý materiál, který může beze změny přetrvat až do další povodně. Postupně či epizodicky je do vodních toků rozplavován materiál skládkovaný v blízkosti břehů. Posledním významným ovlivněním zrnitosti sedimentu je pastva dobytka v okolí vodních toků, sešlap břehů a přisun zeminy. Bez znalosti tohoto ovlivnění není možno korektně provést zrnitostní analýzu.

Zejména na drobných vodních tocích je přirozený hrubozrný dnový substrát ovlivněn (setřen, překryt) jemnozrným materiálem z plošné půdní eroze. Toto je zcela samostatná problematika s vlastními přístupy a metodologickouází (viz například Krása et al., 2014).

Bylo provedeno modelování transportní kapacity řešených vodních toků pro 5, 20 a 100letý průtok. Za tímto účelem byla využita webová aplikace BEDLOADWEB (v anglické mutaci dostupné na www.en.bedloadweb.com). Z předem definovaných dostupných výpočetních algoritmů byly vybrány ty, které nejvíce odpovídaly řešeným povodím. Bohužel, výsledky výpočtů nemohly být dostatečně kalibrovány, neboť se nepodařilo shromáždit podklady, které by to umožnily (informace o těžení

retenčních prostorů). Jednotlivá řešená povodí se svým charakterem mezi sebou vzájemně lišila. Jako nejvíce odpovídající se ukázaly rovnice Recking (2013) a Rickenmann (1991). Zatímco rovnice Recking je založena na provedených měřeních a reálné výsledky spíše podhodnocuje, tak rovnice Rickenmann vychází z laboratorních pokusů a reálné výsledky nadhodnocuje. Tyto výsledky byly pro porovnání doplněny o výpočty dle metodiky Zuna (2008).

Pro hodnocení ekonomické efektivity vhodného managementu splavenin bychom museli být schopni rozlišit škody způsobené vodou a škody samostatně způsobené splaveninami, což je prakticky nemožné. Z tohoto důvodu bylo hodnocení efektivity omezeno na porovnání nákladů na údržbu koryta v intravilánu a nákladů na výstavbu a management retenčních či konsolidačních objektů. Postup pro hodnocení ekonomické efektivity u výše zmíněných typů opatření je obsažen v "Pracovním postupu pro hodnocení splavenin na drobných vodních tocích pro účely projekčních prací". V rámci výpočtů je pracováno s intervalem 20 let s tím, že za toto období se vyskytne jedna 20letá povodeň a čtyři 5leté povodně. Hodnota Q_{20} byla vzata jako adekvátní cílová úroveň PPO pro naprostou většinu vodních toků ve správě LČR. U menších povodní se významný transport splavenin nepředpokládá. Extrémní povodně (Q_{50} a větší) je třeba chápat jako vis maior a není možno se na ně vždy preventivně připravit. Ani toto porovnání však není možno snadno realizovat, neboť náklady těchto projektů jsou značně individuální. Velká časová variabilita jevů spojených se sedimentací nedovoluje dopředu určit, který způsob managementu je výhodnější (za dobu životnosti díla se nemusí povodeň vůbec vyskytnout, retenční prostor může být dlouhodobě zanášen po malých množstvích, která by neznamenal ohrožení intravilánu, apod.). Cena prací je závislá na přístupnosti objektů. Dále je nutné uvážit, že údržbu koryta v intravilánu z hlediska sedimentace splavenin je nutné provádět s určitou periodicitou vždy.

Detailnější pozornost byla věnována intravilánům. Na základě experimentálních výpočtů byla stanovena přípustná míra zanesení koryta splaveninami. Zjednodušeně lze uvést, že přibližně 20 % hloubky koryta může být zaneseno sedimentem, aniž by to mělo zásadní negativní vliv na protipovodňovou ochranu obce. Tato hodnota byla stanovena na základě provedení experimentálních výpočtů pomocí hydrodynamických modelů pro několik toků. Experimentální výpočty byly provedeny na vodních tocích ve správě státního podniku Lesy ČR. Jednalo se o Lesní potok v Lamperticích, Okrouhlický potok ve Svídnici a Biskupický potok v Biskupicích. Pro tyto toky existovaly vstupní údaje, které jsou nezbytné pro sestavení hydrodynamického modelu. Jednalo se zejména o geodetické zaměření (DMR), hydrologická data, zmapované drsnosti koryta a přilehlé nivy a data nezbytná pro kalibraci modelu. Problematické je ukládání sedimentu v okolí příčných objektů (mostků, propustků), kde výrazným způsobem snižuje kapacitu průtočného profilu. Posouzení ovlivnění kapacity koryta se doporučuje realizovat pro vodní toky individuálně. Postup pro posouzení ovlivnění kapacity koryta toku je přehledně popsán v kapitole 4 metodiky "Pracovní postup pro hodnocení splavenin na drobných vodních tocích pro účely projekčních prací".

Dále byl nastíněn možný optimalizovaný management splavenin v intravilánu i s ohledem na stávající právní úpravy. Při managementu vodního toku v intravilánu (konkrétně náplavů) se doporučuje aplikovat některý z níže uvedených postupů. Je možno uvést, že při managementu beskydských šterkonosných toků je již takto za součinnosti orgánu ochrany přírody postupováno. Při volbě vhodného managementu splavenin v intravilánu by mělo být přihlédnuto k velikosti vodního toku, charakteru okolního prostředí (blízkost zástavby, přítomnost mostků v korytě, přítomnost inženýrských sítí atd.)

Dle velikosti vodního toku se navrhuje aplikovat následující možnosti optimalizovaného managementu splavenin v intravilánu:

- | | |
|----------------------------------|--|
| Drobné vodní toky o šířce do 5 m | <ul style="list-style-type: none">• splaveniny odtěžit a navracet zpět do koryta pod intravilánem, u velmi malých koryt je to technicky problematické, reálné je navracet pouze menší část• sediment odtěžit a odvést mimo vodní tok |
| Vodní toky o šířce 5 až 10 m | <ul style="list-style-type: none">• sediment odtěžit a navracet zpět do koryta pod intravilánem• sediment odtěžit a odvést mimo vodní tok• akumulace splavenin ponechat bez odtěžení až do únosné úrovně. Kritickou úroveň podložit "jednoduchým" výpočtem, případně již zpracovaným modelem• odstraňovat náletovou (konsolidační) vegetaci z povrchu větších akumulací splavenin• načechrávat akumulace splavenin a umožnit jejich snadnější samovolné rozplavování rozhrnovat sediment v rámci koryta (například z jeseňů do konkáv) |
| Vodní toky o šířce nad 10 m | <ul style="list-style-type: none">• akumulace splavenin ponechat bez odtěžení až do únosné úrovně. Kritickou úroveň podložit "jednoduchým" výpočtem, případně již zpracovaným modelem• odstraňovat náletovou (konsolidační) vegetaci z povrchu větších akumulací splavenin• načechrávat akumulace splavenin a umožnit jejich snadnější samovolné rozplavování• rozhrnovat sediment v rámci koryta (například z jeseňů do konkáv) |

Na základě výsledků zahraniční literatury i z četných terénních průzkumů vyplývá, že říční dřevo má poměrně velký potenciál zachytávat sedimenty. Záleží na konkrétních hydraulických podmínkách, nicméně v souvislosti s výskytem mrtvého dřeva v korytě lze pozorovat dominantně sedimentární útvary. V rámci pasivní správy vodních toků se doporučuje přítomnost říčního dřeva tolerovat, v případě ekologické správy vodních toků jej je možno aktivně využít jako přírodní/přírodě blízké opatření. V případě obav z mobility je možno nad intravilány umístit lapače plaveného dřeva.

Je třeba upozornit a akcentovat, že transportované množství splavenin není možné nikdy určit přesně jako jednu numerickou hodnotu. Mnohem výhodnější je pracovat s intervalem, ve kterém se může transportované množství pohybovat. Jedním ze základních faktorů je samotné potenciální dostupné množství splavenin pro transport. Dalším faktorem je přesnost vstupních, například hydrologických dat. Ta mají často odchylku až $\pm 60\%$. Na základě tohoto vstupu není možné očekávat jedno „přesné“ množství splavenin. Navíc jednotlivé povodně (i se stejnou kulminací) se mezi sebou mohou výrazně lišit. Z tohoto důvodu se doporučuje stanovit množství splavenin v určitém intervalu a to pro čtyři základní scénáře intenzity chodu splavenin.

Vzhledem k malému počtu řešených toků není možno naplnit původní ambici zevšeobecnění výpočtů pro všechny typy vodních toků nebo pro geografické oblasti České republiky. Konkrétní závěry lze generalizovat pouze pro:

Moravskoslezské Beskydy
Hrubý Jeseník
Orlické hory
České středohoří

Červený potok a Hodonínka jsou samostatnými reprezentanty geografických (geologických) oblastí a na základě výpočtů na jednom toku není možno výsledky ani přibližně generalizovat.

5.2 Výstupy z modelových povodí

Aby nebyl celý předkládaný materiál jen obecným textovým shrnutím projektu, přidáváme pár zajímavých tabelárních či grafických výstupů z řešených povodí. Tyto údaje napomohou lepší představě o podobě a fungování území.

Tab. 5.1 Charakteristiky řešených toků a jejich povodí.

Název toku	IDVT	Délka toku (km)	Plocha povodí (km ²)	Recipient / Povodí III. řádu	Q _a v ústí (m ³ .s ⁻¹)	Q ₁₀₀ v ústí (m ³ .s ⁻¹)
Hluky	10185408	7,2	12,1	Dědina/ Orlice	-	35,2
Kamenický potok	10171485	6,4	6,2	Dědina/ Orlice	-	22,6
Luční potok	10284053	14,6	65,0	Labe	0,3	53
Homolský potok	10232511	9,0	28,1	Labe	0,1	48
Červený potok	10208660	10,5	30,2	Černý potok	0,3	50,0
Moravice	10100015	8,0	25,7	Opava	0,5	47,0
Hučivá Desná	10101461	5,9	8,2	Desná	0,3	23,1
Hodonínka	10200091	24,3	67,6	Svratka	0,3	64,5
Střední Opava	10100658	13,7	54,5	Opava (po soutok s Moravicí)	1,4	72,3
Vysutý potok	10217497	2,3	2,5	Morávka / Ostravice	-	-
Satina	10217346	8,3	7,7	Ostravice	0,2	31,9
Kněhyně	10200187	7,5	18,6	Vsetínská Bečva, Rožnovská Bečva	0,3	73,0

Tab. 5.2 Porovnání rozsahu úprav koryta na řešených vodních tocích (údaje pro páteřní tok povodí). Pro příčné stavby je uveden jejich procentuální podíl z celkového počtu příčných objektů na páteřním toku.

Vodní tok	Prahy		Stupně		Skluzy		Přehrážky		Hustota příčných objektů		Opevnění koryta	
	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks/km]	[ks]		
Červený p.	3	5,6	47	87,0	2	3,7	2	3,7	5,2	38,5		
Hluky	32	53,3	19	31,7	5	8,3	4	6,7	8,3	27,0		
Hodonínka	12	10,6	85	75,2	14	12,4	2	1,8	4,6	12,2		

Vodní tok	Prahy		Stupně		Skluzy		Přehrážky		Hustota příčných objektů		Opevnění koryta	
	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks/km]	[ks]		
Homolský p.	5	23,8	15	71,4	0	0	1	4,8	2,3	43,1		
Hučivá Desná	18	22,5	58	72,5	3	3,8	1	1,2	13,5	22,6		
Kamenický p.	1	4,0	21	84,0	2	8,0	1	4,0	3,7	12,3		
Kněhyně	19	2,3	23	50,0	3	6,5	1	2,2	6,3	27,5		
Luční p.	3	15,0	17	85,0	0	0	0	0	1,4	13,0		
Moravice	2	5,0	31	77,5	7	17,5	0	0	5,0	11,2		
Satína	30	61,2	15	30,6	2	4,1	2	4,1	5,9	43,4		
Střední Opava	23	41,1	4	7,1	28	50,0	1	1,8	4,1	17,7		
Vysutý p.	6	15,8	26	68,4	5	13,2	1	2,6	18,1	76,2		

Tab. 5.3 Přehled základních údajů k lokalitám, na kterých byla vzorkována zrnitost dnových splavenin. U percentilů D_{50} a D_{90} je uvedena nejnižší a nejvyšší hodnota zaznamenaná na lokalitách v povodí.

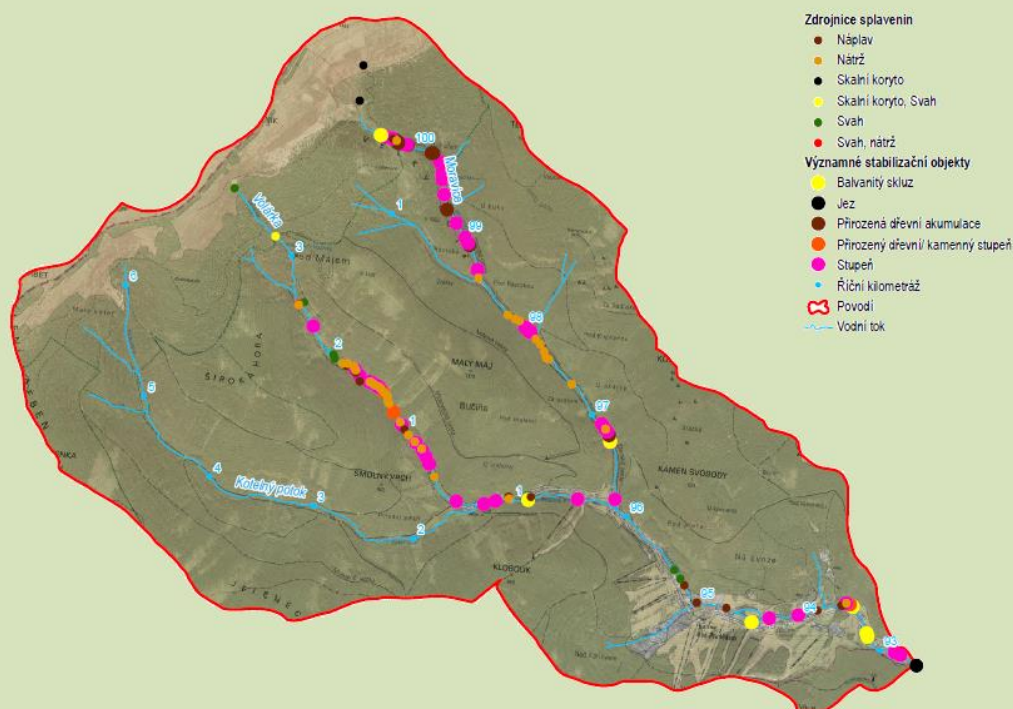
Vodní tok	Počet lokalit		Počet vzorků		Typ sedimentu	D50 min. / max. (mm)	D90 min. / max. (mm)
	Páteří tok	Přítok	Pebble count	Objemový vzorek			
Červený p.	4	3	7	4	štěrk, štěrkovitý písek, písčivý štěrkk	47 / 96* 0,8 / 2,3**	95 / 229* 1,9 / 18**
Hluky	7	0	7	0	štěrk	25 / 60	60 / 175
Hodonínka	7	3	7	5	štěrk, kalový písčivý štěrkk,	50 / 155* 0,1 / 13,7**	60 / 471* 2,7 / 26**
Homolský p.	5	0	5	0	štěrk	35 / 95	90 / 300
Hučivá Desná	4	1	5	0	štěrk	85 / 183	330 / 562
Kamenický p.	7	0	6	0	štěrk, kal	21 / 50***	90 / 161
Kněhyně	9	2	11	0	štěrk	43 / 65	119 / 193
Luční p.	5	1	5	0	štěrk, kal	60 / 70†	129 / 297
Moravice	4	2	6	0	štěrk	50 / 121	134 / 476
Satína	9	1	10	0	štěrk	24 / 84	44 / 326
Střední Opava	7	1	8	0	štěrk	32 / 64	102 / 336
Vysutý p.	4	1	5	0	štěrk	29 / 61	101 / 194

* Hrubá frakce sedimentů u zrnitostně nestejnorodých koryt (pebble count).

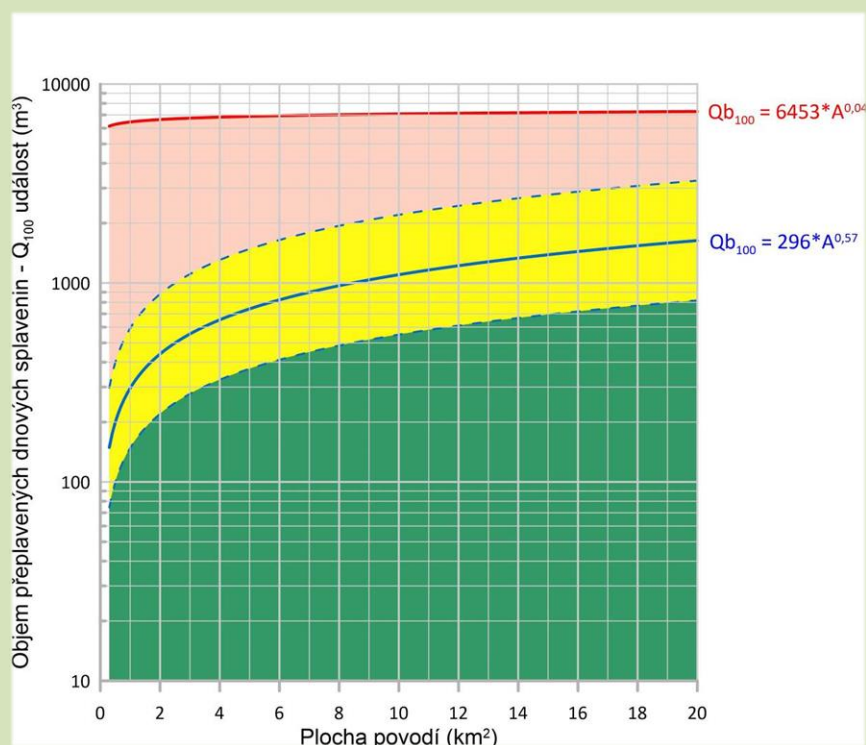
** Jemná frakce sedimentů u zrnitostně nestejnorodých koryt (objemový vzorek - síťování).

*** Kamenický potok: koryto na lokalitě nejvýše proti proudu tvořené kalovými sedimenty (lokalita nevzorkována).

† Luční potok: koryto na lokalitě nejvýše proti proudu tvořené kalovými sedimenty (lokalita nevzorkována).



Obr. 5.1 Mapa zdrojnic splavenin a významných stabilizačních objektů v povodí řeky Moravice.



Obr. 5.2 Výsledné trendy pro transportované objemy dnových splavenin za Q_{100} událost pro bystrinné toky Moravskoslezských Beskyd. Červená plocha – scénář III (vysoký chod splavenin), žlutá plocha – scénář II (střední chod splavenin), zelená plocha – scénář I (nízký chod splavenin), červená linie – trend odvozený z Rickenmannovy rovnice včetně výsledné závislosti, modrá linie – trend odvozený z Reckingovy rovnice včetně výsledné závislosti. Graf byl sestaven na základě výsledků ze tří toků a flyš obecně patří mezi neproblémovější geografickou oblast z hlediska transportu splavenin

5.3 Pracovní postup pro správce

Jedním z základních výstupů celého projektu je „Pracovní postup pro posouzení rizikovosti splaveninového režimu drobných vodních toků“. Jedná se o manuál pro správce toku, podle něhož by měl být schopen vyhodnotit a objektivně zdůvodnit, zdali vodní tok potřebuje zásah z hlediska splaveninového režimu. Samotné hodnocení je intuitivní a sestává z následujících pěti kroků

- Podkladová data a terénní průzkum
- Vyhodnocení splaveninové aktivity povodí
- Vyhodnocení stávajících opatření
- Zhodnocení kritických úseků a profilu v intravilánech a extravilánech
- Celkové vyhodnocení

Celkové hodnocení rizikovosti vodních toků z hlediska tvorby a chodu splavenin pro potřeby správy toků je založeno na kombinaci dostatečnosti či nedostatečnosti realizovaných opatření v extravilánech a rizikovosti v intravilánech pro čtyři stupně splaveninové aktivity povodí. Výsledkem jsou matice pro čtyři stupně splaveninové aktivity. Ty říkají, jaká by měla být činnost správy toku (viz například tabulka níže).

Tab. 5.4 Doporučené aktivity správy toku pro toky se středním chodem dnových splavenin.

		Realizovaná opatření v extravilánu	
		Dostatečná	Nedostatečná
Rizikovitost intravilánů	Nízké riziko	Splaveninový režim není třeba aktivně řešit	Splaveninový režim není třeba aktivně řešit
	Střední riziko	Splaveninový režim není třeba aktivně řešit	V případě zadání projekčních prací v povodí zahrnout i splaveniny
	Vysoké riziko	V případě zadání projekčních prací v povodí zahrnout i splaveniny	Splaveninový režim začít aktivně řešit.

Z plné verze pracovního postupu pro správce vznikl „Aplikační postup hodnocení splavenin při výkonu správy toku“, což je stručný souhrn metodiky.

5.4 Pracovní postup pro projektanty

V případě, že je relevantní zadat na daném vodním toku nebo v povodí práce na řešení splaveninového režimu, byl pro tyto účely vytvořen „Pracovní postup pro hodnocení splavenin na drobných vodních tocích pro účely projekčních prací“. Hlavním cílem je unifikace zadávaných prací a očekávaných výsledků.

Navrhovaný pracovní postup vede k detailnímu zhodnocení splaveninového režimu a návrhu odpovídajících opatření. Nejedná se o metodické vedení zpracovatelů (projektantů), poněvadž každý má svůj zažitý postup, software či další know-how. Cílem je definovat soubor prací potřebných k

posouzení splaveninového režimu v souladu s výsledky projektu. Metodický postup má také za úkol rozšířit odborné obzory směrem k přírodovědnému pojetí problematiky splavenin.

Navrhovaný pracovní postup má následující součásti:

- Soubor terénních prací a shromáždění podkladů
- Stanovení geomorfologického rizika
- Vyhodnocení povodňového ohrožení v intravilánu
- Stanovení objemů a transportů splavenin
- Porovnání ekonomické efektivity mezi návrhem opatření v intravilánu a extravilánu
- Návrh opatření na úpravu splaveninového režimu

Předkládaný postup vhodně doplňuje ČSN 75 2106-1 a ČSN 75 2106-2. V této normě je uvedena terminologie a zejména technické zásady návrhu opatření. Předkládaný materiál doplňuje mezeru geomorfologického pojetí a více specifikuje podmínky, kdy a jak je vhodné návrh opatření provést. Dále pak exaktněji a uživatelsky přívětivěji pracuje s kvantifikací splavenin.

5.5 Jak na splaveniny alespoň orientačně

Výsledky projektu sice nejsou všeobecně použitelné, ale aby si aktivní správce toku nebo zainteresovaná odborná veřejnost udělali představu o množství splavenin v daném vodním toku, je možno využít následující postup. Upozorňujeme, že se jedná o přístup s velice přibližným výsledkem.

1. Stanovení splaveninové aktivity toku

Podle podoby koryta je třeba odhadnout, jak intenzivní chod splavenin v povodí probíhá. Tento odhad závisí na mnoha faktorech (v jakém ročním období jsem v terénu, kdy proběhla poslední povodeň, intenzita chodu splavenin apod.). Níže v tabulce jsou uvedeny znaky pro čtyři stupně splaveninové aktivity.

Tab. 5.5 Kategorizace korytových úseků dle intenzity transportu dnových splavenin.

Chod dnových splavenin	Přítomnost skalního podloží v korytě	Přítomnost významných zdrojnic	Přítomnost vnitro-korytových náplavů	Přítomnost náplavů mimo vlastní koryto	Charakteristické morfologické rysy koryta
Nízký	Častá	Vzácná	Spíše ojedinělý	Ne	Skalní podloží nebo velké imobilní balvany stabilizují niveletu, břehové nátrže jsou často založeny do skalního podloží, pouze místy se vyskytují prostorově omezené náplavy, často stupňovitá morfologie dna (střídání stupňů tvořených odolným skalním podložím nebo balvany s tůněmi).
Střední	Vzácná	Běžná	Běžný	Obvykle ne	Zcela běžně se vyskytují vnitrokorytové náplavy, prostorově omezena mimokorytová sedimentace se objevuje pouze při mimořádných povodňových událostech.

Chod dnových splavenin	Přítomnost skalního podloží v korytě	Přítomnost významných zdrojnic	Přítomnost vnitro-korytových náplavů	Přítomnost náplavů mimo vlastní koryto	Charakteristické morfologické rysy koryta
Vysoký	Není přítomno	Běžná, zdrojnice mohou být plošně rozsáhlé, co se týče jejich rozměrů nebo délky kontaktu s korytem.	Běžný	Ano	Objevují se výrazné akumulace dnových splavenin mimo vlastní koryto, vyskytují se i hojně vnitro-korytové náplavy, které mohou být vytříděnější než u předchozího typu. Vysokou intenzitu transportu lze očekávat v blízkosti velkých sedimentárních zdrojnic (čela aktivních sesuvů, akumulační zóny blokovahenních proudů), případně u širších a méně sklonitých údolních den s tendencí k akumulačním procesům.
Dočasně vysoký	Častá	V rámci úseku minimální, je nutné zhodnocení v kontextu povodí	Spíše ojedinělý	Ne	Zvláštní kategorie odpovídající úsekům s vysokou transportní kapacitou, kdy jsou veškeré výše v povodí generované splaveniny během povodní daným úsekem přeplaveny (případně transportovány blokovahenním proudem) bez jejich ukládání. Základním znakem je častý až kontinuální výstup skalního podloží ve dně toku, přítomnost významných zdrojnic nad a častých akumulací pod hodnoceným úsekem. Tyto úseky se mohou objevit ve strmých partiích údolních den.

2. Kde se v rámci ČR tok nachází

Projekt sice nepokryl všechny přírodní oblasti České republiky, nicméně na základě znalostí vodních toků na našem území je možno uvést generalizaci a řešenými vodními toky charakterizovat území celé ČR. Výsledky z řešených toků je následně možno vztáhnout na jiná území.

Režim plavenin může být významný až do území středních partií krystalinických pohoří.

Nižší a střední partie krystalinických pohoří - Hodonínka a Luční potok

Střední a vyšší partie krystalinických pohoří - Hučivá Desná, Moravice, Střední Opava, Hluky, Kamenický potok

Flyšová pohoří s nižším až středním chodem - Kněhyně

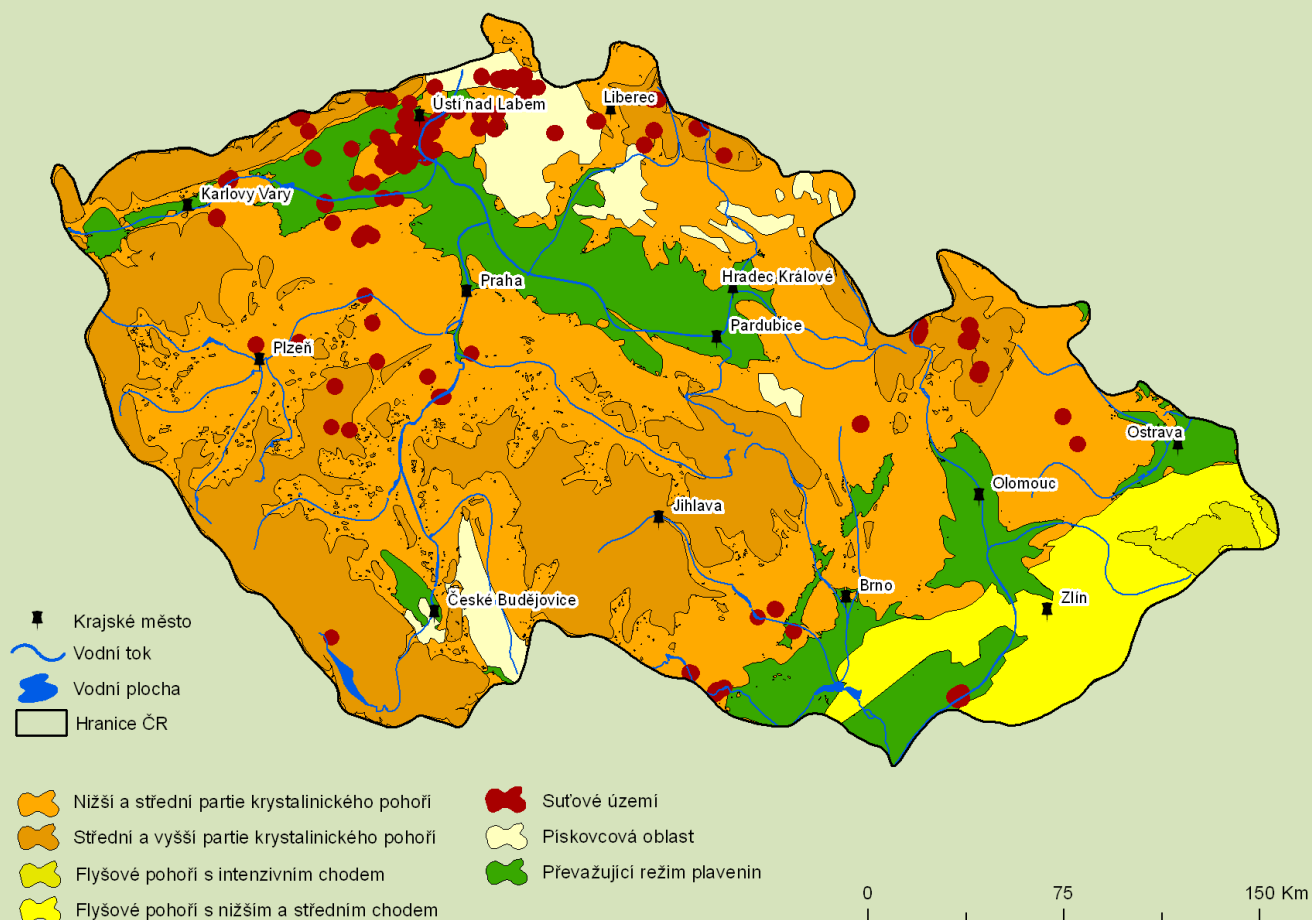
Flyšová pohoří s intenzivním chodem - Satina, Vysutý potok

Pískovcové a metamorfické azonální lokality s typickým bimodálním rozdělením zrnitosti splavenin - Červený potok

Suťová území* - Homolský potok

Toky v zemědělských oblastech a nízkých sklonech - režim plavenin

* Jedná se o území, kde dochází vlivem svahových procesů k dodávce splavenin přímo do koryta vodního toku. Velikostně se jedná o klasty, které mohou být bezprostředně transportovány tokem (nejedná se tedy o balvanitá suťová pole). K tomuto typicky dochází v zaříznutých údolích. Může se také jednat o vodní toky v nezapevněných materiálech. Proces může být urychlen erozí paty svahu.



Obr. 5.3 Regionalizace ČR z hlediska tvorby splavenin.

3. Stanovení množství splavenin

Na základě splaveninové aktivity toku, polohy v rámci ČR a velikosti povodí toku k posuzovanému profilu je možno z níže uvedené tabulky přibližně stanovit množství splavenin. V tabulce jsou uváděny hodnoty pro střední splaveninovou aktivitu. Pro nízkou splaveninovou aktivitu je interval na spodním okraji limitně ohraničen nulou, na horním okraji navazuje na dolní hranici střední splaveninové aktivity. V případě vysoké splaveninové aktivity leží hodnoty nad středním intervalem. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty odhadu transportu splavenin pro Q_{100} . Jedná se totiž o povodeň s potenciálem značného transportu.

Tab. 5.6 Odhady potenciálního transportu dnových splavenin při Q_{100} v m^3 z $1 km^2$ povodí pro geografické oblasti ČR.

Geografická oblast	Splaveninová aktivita	OD	DO
Střední a nižší partie krystalinických pohoří	Střední	2,1	8,6
	Vysoká a dočasně vysoká		100
Střední a vyšší partie krystalinických pohoří	Střední	75	298
	Vysoká a dočasně vysoká		1223
Flyšová pohoří s nižším až středním chodem	Střední	104	416
	Vysoká a dočasně vysoká		3220
Flyšová pohoří s intenzivním chodem	Střední	231	926
	Vysoká a dočasně vysoká		6383
Bimodální substrát	Střední	1,1	4,6
	Vysoká a dočasně vysoká		24
Suťová území	Střední	15,5	63,0
	Vysoká a dočasně vysoká		850,0

Toto orientační stanovení potenciálního množství splavenin nenahrazuje přístupy navrhované v metodickém postupu pro projektanty. Postup slouží pouze k prvotnímu přiblížení problematiky pro interesovanou veřejnost či správce toků. Dále je velmi důležité si uvědomit, že každý tok je jiný, a že i v rámci takto orientačního stanovení množství dnových splavenin je nutná znalost prostředí či terénní průzkum.

Do budoucna by bylo nadmíru účelné zpřesnění výše uvedených údajů pro detailnější členění území ČR. Za tímto účelem by bylo třeba provést rozsáhlý terénní průzkum a následné výpočty včetně verifikací.

6. Úplným závěrem

Z ovlivněného splaveninového režimu se stal závažný vodohospodářský problém. Vyplývá to nejen ze zjištění přírodovědců, ale informace se též objevují v koncepčních a odborných vodohospodářských materiálech. Tyto problémy se projevují nadměrnou erozí, ohrožením infrastruktury, snížením morfologické diverzity koryta, úbytkem stanovišť a biodiverzity. Ukázalo se, že zejména v období sucha je výhodné mít vodní toky a nivy v co nejstabilnějším přírodním stavu.

Bez patetického podtextu je nutno si uvědomit, že splaveniny ve vodních tocích potřebujeme. Uvědomme si, že ze splavenin vznikly nivy se všemi benefity, které člověku přináší. Splaveniny jsou základní složkou fluviálních systémů. Splaveniny jsou třecím substrátem pro množství druhů ryb. Splaveniny tvoří základní součást stavebních materiálů.

Není správné si v dnešní době říci, že splaveniny již nepotřebujeme a budeme bránit jejich tvorbě a ukládání. Ano, jsou případy, kdy to je opodstatněné, ale i zde je možno najít šetrné řešení. V ostatních případech je nejvhodnějším způsobem managementu umožnění průchodu splavenin od pramenných oblastí až do moře.

Věříme, že předkládaný projekt přinesl alespoň částečně nový pohled na splaveniny a nové impulzy do praktické správy vodních toků.