

Říční niva řeky Litavky: nechtěné toxické dědictví

Tereza Nováková, Tomáš Navrátil, Karel Žák, Jitka Elznicová

Řeka Litavka pramení v naší nejmladší chráněné krajině oblasti Brdy, protéká Příbramskem, známým bohatou těžební a průmyslovou historií, a v Berouně se vlévá do řeky Berounky. Z celkové délky toku 56 km má úsek až po Lochovice podhorský charakter, od Lochovic se podélný spád zmírňuje a řeka vstupuje do převážně

kanalizovaného koryta, které je zpevněno a vyztuženo betonem nebo velkými kameny. Říční niva, prostor, který řeka utváří a pravidelně zaplavuje, byla v případě Litavky významně ovlivněna lidskou činností. Zejména se jedná o kontaminaci skupinou toxických prvků, jako je olovo (Pb), zinek (Zn) nebo kadmium (Cd).

Obrázek 1 Čerstvá břehová nátrž v oblasti Trhových Dušníků v červnu 2018. Foto Tomáš Navrátil



Ve vývoji každé řeky jsou obvykle patrné časové etapy, vycházející z dlouhodobých změn klimatu i změn ve využití povodí člověkem, které lze vzájemně odlišit v režimech depozičních a erozních procesů v nivě. V krátkém úseku Litavky pod Příbramí, zejména v úseku od Trhových Dušníků po Bratkovice, jsme v dnešní době svědky takovéto změny. Nivní sediment silně kontaminovaný v důsledku těžby a úpravy rud, uložený zde během předchozího režimu depozice i při průtržích flotačních odkališť, je dnes zdrojem materiálu podléhajícího erozi. Litavka při zvýšených průtocích bočně eroduje nivní sedimenty, její koryto se rozšiřuje a bočně posouvá. Eroze starých environmentálních zátěží a transport ve formě plavenin (suspenze) jsou významným zdrojem kontaminace Litavky a navažující říční sítě.

Jak ze staré těžby a zpracování rud vznikne novodobý problém?

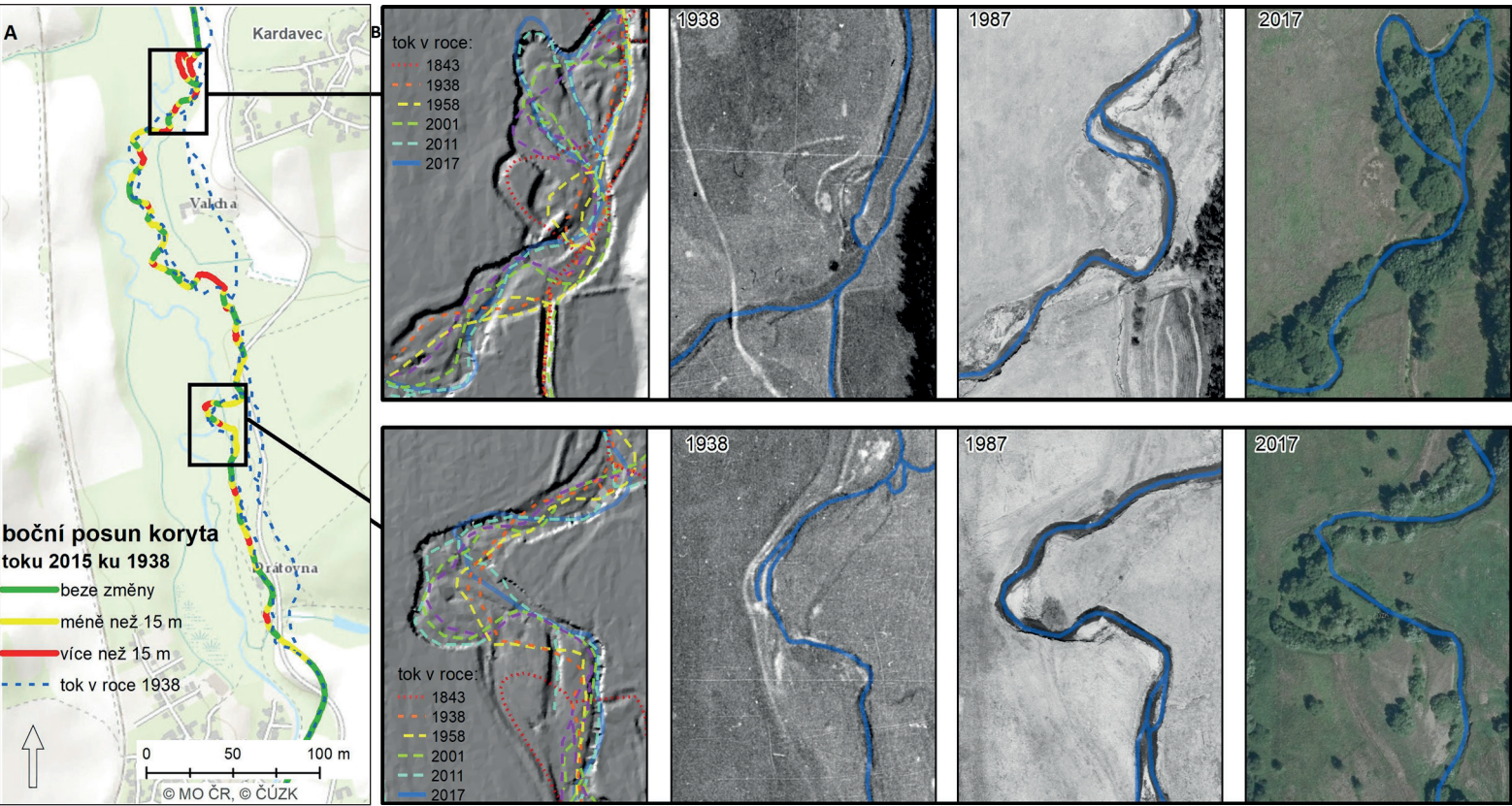
Litavka protékající oblastí Středních Brd, v bývalém vojenském výcvikovém prostoru, a odvodňuje zhruba východní polovinu



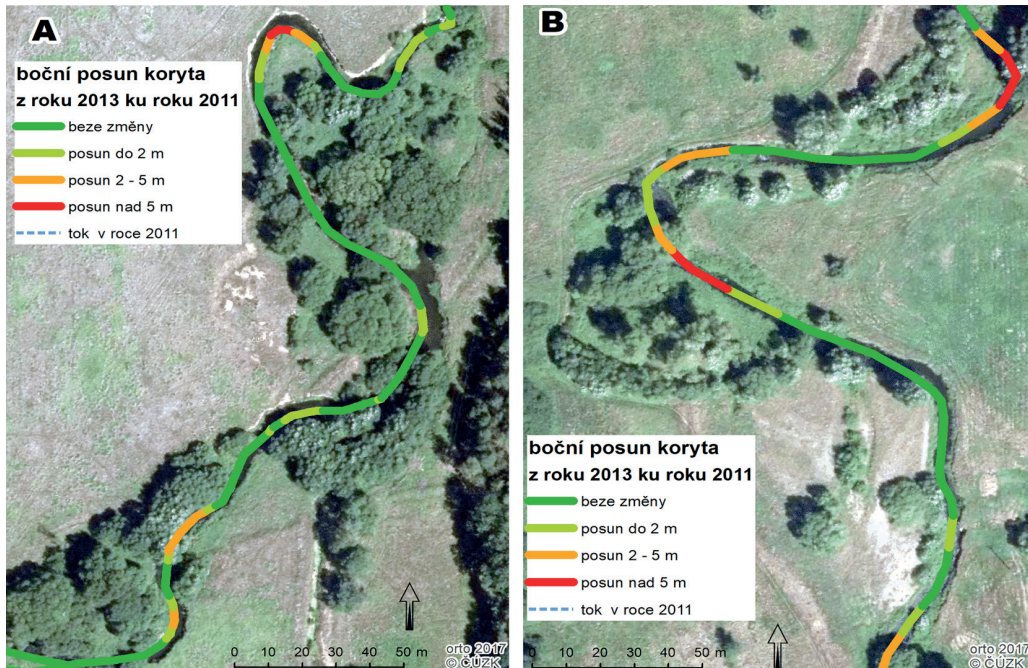
Obrázek 2 Detailní letecké pohledy na úsek koryta Litavky v okolí lávky pod obcí Trhové Dušníky a znázornění historických posunů koryta mezi lety 2001 a 2017. Autorka Jitka Elznicová

Středních Brd. Dravý podhorský potok se v oblasti Příbramska stává malou říčkou protékající přes Bohutín, oblast Březových Hor a Trhové Dušníky, odkud dále pokračuje přes Čenkov a Rejkovice do Zdic a z Králova Dvora pak do Berouna, kde se vlévá do řeky Berounky (průměrný roční průtok na hlásném profilu ČHMÚ Beroun je 2,54 m³/s).

Pestré geologické složení oblasti, kterou řeka Litavka protéká, poskytovalo od dávných dob mnoho možností k dobývání řady kovů. První těžba rozsypaného zlata ve štercích bývá přisuzována Keltům. Ve středověku pak začalo v oblasti Příbramska dobývání rudních žil obsahujících stříbro (Ag), Pb, Zn či antimon (Sb). Ovšem největší rozmach těžby nastal v 19. století,



Obrázek 3 Historický vývoj posunu koryta řeky Litavky od roku 1938 do roku 2017, na lokalitách – „Valcha“ (horní panel) a „Trhové Dušníky“ (dolní panel). Posuny o méně než 15 m jsou znázorněny žlutě, červeně pak výrazné posuny větší než 15 m (mapa vlevo). Vypracovala Jitka Elznicová



Obrázek 4 Detailní pohled na studované lokality (A: Valcha, B: Trhové Dušníky) a porovnání posunů koryta řeky Litavky mezi lety 2011 a 2013. Vypracovala Jitka Elznicová



Obrázek 5 Zničený jez v Lochovicích po povodni v květnu 2018, která krátce přemístila i betonové bloky a panely, a odhalila konstrukci původního dřevěného jezu, jenž byl do té doby zanesený sedimentem. Foto Karel Žák

za použití nejmodernějších tehdy dostupných technologií, a to zejména v oblasti tzv. Březohorského rudního ložiska a rudního ložiska Bohutín.

Velkým problémem při těžbě a zpracování horniny obsahující vzácné kovy je vznik od-

padů, většinou se jedná o velké množství jemně rozemletého horninového materiálu. Jedině v jemnozrnném stavu lze úpravnickými metodami, zejména tzv. flotací, oddělit užitkové rudní minerály od neužitečného odpadu (hlušiny). Tato separace ale není nikdy úplná, takže i odpadní flotační kaly

obsahují určitý podíl rudních minerálů. Tak jako jinde, i na Příbramsku byla v oblasti Březových Hor zakládána odkaliště pro trvalé uložení flotačních odpadů, stále ještě obsahujících značný podíl rizikových prvků, např. Pb, Zn, Sb, Cd a také rtuti (Hg).

Při nesprávném provozu nebo nevhodném umístění nedokáže odkaliště čelit velkému přísunu srážkových vod, a proto v oblasti tzv. Vojtěšského úpravárenského odvalu došlo v letech 1932 a 1952 k haváriím, při kterých se protrhla hráz odkaliště a přitom se obrovské množství (odhaduje se cca 700 000 m³) těžebních odpadů v podobě jemnozrnných materiálů dostalo do koryta Litavky. Při povodních má řeka vysokou schopnost unášet materiál a dochází tak k transportu materiálu i na velké vzdálenosti. Jakmile rychlost proudění vody klesá, dojde k jeho sedimentaci a transportovaný materiál je opět uložen. V případě řeky Litavky se takovým místem stala poměrně široká niva pod obcí Trhové Dušníky, kde kvůli snížení spádu toku voda ztratila svou unášecí schopnost, a došlo proto k uložení materiálu pocházejícího z těžby a zpracování rud.

Řada detailních studií prokázala, že na původně relativně neznečištěných sedimentech z období před počátkem těžby a zpracování rud je uložena až 1,7 m mocná vrstva, tvořená jemnozrnným sedimentem se zvýšeným obsahem rizikových prvků. V dnešní době se toto území s uloženými znečištěnými sedimenty stalo zdrojovou oblastí materiálu při povodních.

Z hlediska ochrany přírody je zajímavé, že ani poměrně vysoké obsahy rizikových prvků nebrání živé přírodě a že živé organismy (rostliny i živočichové) jsou schopny snášet i vysoké koncentrace toxických elementů deponovaných v prostředí. Nalezneme zde řadu chráněných druhů rostlin a živočichů, například bohaté porosty kosatce sibiřského, častá je zmije obecná atd.

Migrace koryta při povodních v důsledku boční nestability břehů

K menším či větším povodňovým událostem dochází na řece Litavce každý rok,

zejména koncem zimy nebo na jaře při odtávání sněhu v Brdech, a také v případě přívalových srážek v létě či na podzim. Největší povodňové události jsou ale spojeny s letními vydatnými srážkami v intervalu od května do září. Důsledkem povodní v oblasti Trhových Dušníků dochází k postupným posunům a změnám morfologie koryta, při kterých vznikají či se prohlubují už existující nátrže (obr. 1, též označované jako erozní nebo také nárazové břehy). Zákruty řeky Litavky v oblasti Trhových Dušníků a níže po toku se na první pohled mohou jevit jako meandrování, ale jejich morfologie i proces vzniku odpovídají spíše tzv. bočně překládanému korytu. Boční nestabilita říčního koryta je dnes na území České republiky vzácným jevem, především díky intenzivním úpravám řady vodotečí v posledních desetiletích. Proto byl na tomto úseku Litavky zvažován dokonce ochranný režim.

Z pravidelného leteckého měřického snímování území České republiky můžeme získat přehled o hlavních změnách morfologie koryta. Česká republika disponuje rozsáhlým archivem leteckých snímků. Černobílé snímky z let 1936 až 2002 byly pořízeny Ministerstvem obrany České republiky, respektive jeho předchůdci, a jsou uloženy ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadu. Od roku 2003 tvorbu státního Ortofota ČR zajišťuje Zeměměřický úřad ve spolupráci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem.

Pro vyhodnocení změny toku řeky byly využity nejen letecké snímky, ale i Císařské povinné otisky stabilního katastru, které zachycují stav krajiny v letech 1826 až 1843. Data je možné si prohlédnout na geoportálu ČÚŽK (<https://geoportal.cuzk.cz>) či zakoupit v digitální podobě. Historické letecké měřické snímky z let 1938 až 1987 byly zpracovány ve speciálním programu Agisoft PhotoScan (nyní Agisoft Metashape). Mapy stabilního katastru byly zakoupeny jako jednotlivé mapové listy, které bylo nutné umístit do souřadnicového systému a spojit jednotlivé mapové listy do jednoho celku v programu ArcGIS Desktop. V tomto softwarovém prostředí byl zakreslován i tok

řeky v jednotlivých letech a byla prováděna analýza bočního posunu.

Změny morfologie koryta a jeho posun se nejlépe pozorují v blízkosti statických objektů. Proto byla jako opěrný bod v nivě u Trhových Dušníků vybrána lávka přes Litavku, nacházející se nedaleko pod obcí (obr. 2). Za pouhých 16 let v období let 2001 až 2017 došlo k výraznému bočnímu posunu koryta směrem od lávky, vzniku dočasných ostrůvků tvořených velkými balvany, posléze k jejich zániku, a k návratu Litavky do původního koryta.

Podrobnou analýzou vývoje koryta si také můžeme vytvořit obrázek o tom, jaké množství materiálu bylo řekou odneseno. V případě, že známe objem odneseného materiálu a průměrné koncentrace rizikových prvků v něm obsažených, můžeme výpočtem odhadnout, kolik materiálu bylo odneseno a kolik obsahoval rizikových prvků.

Proto byly vybrány dvě modelové lokality s prokázaným aktivním bočním posunem v nivě pod Trhovými Dušními (obr. 3), kde byl detailně vysledován posun koryt mezi lety 1938–2015. Lokalita blíže k Trhovým Dušníkům byla označena jako „Trhové Dušníky“ a druhá zájmová lokalita dále po proudu byla dle místního názvu označena jako „Valcha“. Po zpracování mapových podkladů byly vyhodnoceny změny morfologie koryta řeky Litavky a vypočítán posun koryta. Z Obr. 3 je patrné, že Litavka posouvala své koryto

Tabulka 1 Průměrné koncentrace rizikových prvků v nivních sedimentech a průměrné hodnoty ze všech odběrů podél toku v sedimentech uložených po povodni v roce 2018 v porovnání s legislativními limity. Vypracovala Tereza Nováková

Prvek (mg/kg)	Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v běžných zemědělských půdách (mg/kg sušiny)	Průměrná hodnota v nivních sedimentech z nárazového břehu Valcha (mg/kg)	Průměrná hodnota v nivních sedimentech z nárazového břehu Trhové Dušníky (mg/kg)	Průměrná hodnota povodňové sedimenty v roce 2018 (mg/kg)
Pb	60	4978	2137	1146
Zn	120	6558	3990	1928
Cu	60	126	51	46
Cd	0,5	30	33	16
Hg	0,3	2,1	1,7	0,5

po celou tuto dobu, celkově došlo v tomto období k posunu koryta v délce cca 60 m.

Pro získání přesnější představy o množství transportovaného materiálu jsme vyhodnotili poměrně výrazné posuny koryta na těchto lokalitách v letech 2011 až 2013 (Obr. 4). Množství odneseného materiálu bylo výpočtem odhadnuto na cca 227 t v lokalitě Trhové Dušníky a 83 t v lokalitě Valcha. To znamená, že průměrný roční odnos sedimentu jen z těchto dvou sledovaných míst dosahoval 76 a 28 tun za rok. Analýzy chemického složení sedimentů prokázaly, že například v lokalitě Valcha dosahují průměrné koncentrace Pb a Zn až 4900 mg/kg a 6500 mg/kg. Podrobnější údaje o chemickém složení sedimentů s ohledem na rizikové prvky zobrazuje tabulka 1. Na lokalitě Trhové Dušníky byly nalezeny v sedimentech přibližně o polovinu menší koncentrace rizikových prvků v porovnání s lokalitou Valcha.

Pokud bychom vzali v potaz vyhlášku č. 153/2016 Sb. ze dne 9. května 2016 o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy, která uvádí preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků pro běžné půdy v mg/kg sušiny (tab. 1), můžeme zhodnotit úroveň znečištění. Pro Pb a Zn jsou tyto hodnoty stanoveny na 60 mg/kg a 120 mg/kg. Pro ostatní rizikové prvky jsou údaje uvedeny v tab. 1. Při porovnání hodnot je patrné, že koncentrace rizikových

prvků v sedimentech nárazových břehů v obou oblastech legislativní limity u všech sledovaných prvků řádově překračují.

S využitím koncentrace rizikových prvků v sedimentech lze kvantifikovat, kolik jich bylo odneseno. Přes poměrně rozdílné hmotnosti odneseného nivního sedimentu z jednotlivých lokalit bylo množství obsaženého Pb podobné z důvodu opačného rozdílu v koncentraci Pb. Sediment odnesený z lokality Trhové Dušnice dle výpočtu obsahoval 490 kg Pb a sediment z lokality Valcha 400 kg Pb. V případě Zn dosáhla hmotnost odnesená v sedimentu přibližně 900 kg z lokality Trhové Dušnice a 550 kg z lokality Valcha. Odhadnutá množství dalších rizikových prvků v erodovaném materiálu jsou uvedena v **tab 2**. Přitom je potřeba mít na paměti, že tento



Obrázek 6 Libomyšl – akumulace hrubozrnného materiálu pod silničním mostem. Foto Karel Žák

výzkum postihuje jen dva vybrané krátké úseky toku, takže celková mobilizovaná množství rizikových prvků budou řádově vyšší.

Mobilita sedimentů při povodni v květnu roku 2018

Dle údajů Českého hydrometeorologického ústavu od roku 1932 dodnes došlo k povodni na Litavce s úrovní alespoň dvouleté vody 30krát, přičemž největší zaznamenaná po-

vodeň byla v roce 1981, kdy průtok dosahoval 322 m³/s. Historické povodně v dřívějším období, pro které neexistuje instrumentální záznam, byly ještě mnohem větší a pro zřejmě největší povodňovou událost posledních staletí z 25. května roku 1872 je na Litavce v Berouně odhadován průtok 1000 m³/s.

Povodeň, při které v pátek 25. května 2018 dosahovala Litavka při kulminaci průtoku „pouze“ 127 m³/s, způsobila nemalé škody,

Tabulka 2 Odhadované množství rizikových prvků v odneseném materiálu ze studovaných lokalit. Vypracovala Tereza Nováková

Lokalita	Prvek (kg)			
	Pb	Zn	Cd	Hg
Trhové Dušnice	486	907	6	0.4
Valcha	414	546	4	0.2

zejména v okolí obce Obecnice, kudy protéká její levostranný přítok, Obecnický potok. Při této povodni byly Litavkou přemístěny a uloženy velké objemy povodňových sedimentů do nivy. Celá povodňová událost byla provázena masivní erozí v úseku mezi Trhovými Dušnicemi a Bratkovicemi, kde došlo při erozi nivních sedimentů ke vzniku nových nátrží (**obr. 1**).

Ovšem je nutno podotknout, že řeka Litavka umí transportovat nejen jemnozrnnou suspenzi, ale také velký materiál hrubozrnný, tvořený velkými valouny a štěrkem. Dobře to dokládá například vznik nového sedimentárního tělesa po povodni v květnu 2018 pod mostem v Lochovicích, tvořeného hrubozrnným materiálem (**obr. 5**), nebo dalšího tělesa pod mostem v Libomyšli (**obr. 6**). Avšak kontaminanty jsou transportovány především v jemné frakci sedimentů v suspenzi, a proto pro získání představy o transportu rizikových prvků bylo využito jemnozrnných sedimentů uložených květnovou povodní v roce 2018. Na vybraných místech podél toku Litavky od Bratkovic až po Beroun byl bezprostředně po povodni odebrán jemnozrnný sediment prokazatelně přemístěný touto povodní a bylo stanoveno jeho chemické složení.

Koncentrace rizikových prvků v tomto sedimentu směrem po proudu se vzrůstající vzdáleností od zdroje znečištění v oblasti pod Trhovými Dušnicemi postupně klesají. Například průměrné koncentrace v povodňových vzorcích klesly z 2039 mg/kg Pb a 2584 mg/kg Zn v Bratkovicích na „pouhých“ 99 mg/kg Pb a 394 mg/kg Zn v Berouně. Změnu v koncentraci rizikových prvků v povodňových sedimentech způsobuje jeho mísení s neznečištěným sedimentem z jiných zdrojů, a také z přítoků Litavky. Nicméně i přesto průměrné koncentrace rizikových prvků v sedimentech uložených podél celé délky toku Litavky po povodni v roce 2018 od Bratkovic po Beroun překračují limity pro zemědělské půdy stanovené vyhláškou (v případě Cd 33x, u Pb 19x, u Zn 16x, u Hg 2x a u Cu 1x).

Co si počít s kontaminovanými sedimenty?

Povodním se zabránit nedá, ty byly a budou, ale lze se pokusit přijmout opatření



Obrázek 7 Přetok povodňovým přelivem typu „kachní zobák“ na vodním díle Láz dne 25. 5. 2018, ve 14:22, tedy už za vrcholem povodně. Foto Karel Žák

pro zmírnění jejich neblahých důsledků. Některá moderní technická řešení přepadů vodních nádrží mohou zabránit tvorbě povodňové vlny vznikající v případě ucpání odtoku a zvyšují tak bezpečnost hrází, které jsou součástí povodňové ochrany. Příkladem může být povodňový přeliv nádrže Láz typu „kachní zobák“ (**obr. 7**).

Historická kontaminace v nivě řeky Litavky je problém zděděný po našich předcích. Zásah v podobě vybagrování či jiný způsob velkoplošného odstranění sedimentů až na nekontaminovaný sediment, vzhledem k ploše kontaminovaného úseku nivy, možnosti těchto sedimentů a dopravní dostupnosti úseku, není ekonomicky reálný. Také je třeba si uvědomit, že při rozvolnění v nivě usazených sedimentárních těles by mohlo dojít k aktivaci a mobilizaci značného množství kontaminovaného materiálu, třeba při náhlé povodni.

Znečištění sedimentů zabraňovalo zemědělskému využití této lokality již v dobách minulých, avšak v nivním území řeky Litavky dochází nyní k jeho využití k výrobě pícnin (viz **obr. 1**). Důsledky takového počínání lze těžko odhadovat, ale je jisté, že rizikové prvky mají

značnou schopnost vstupovat do potravního řetězce. Současné uživatele těchto prostor, kteří nemusí mít tušení o jejich problematické minulosti, by měly příslušné orgány informovat a upozornit na rizika spojená se zemědělským způsobem využití.

Z hlediska budoucnosti by bylo v případě nivy u Trhových Dušnic lepší zachovat přirozený charakter koryta a neprovádět žádné velké technické zásahy, aby nedocházelo k uvolnění dalšího kontaminovaného sedimentu. Jako nejvhodnější opatření se jeví zpevnění břehů velkými bloky hornin doplněnými o zpevňující dřeviny tak, aby se Litavka v daném úseku co nejvíce držela ve stávajícím korytě a nedocházelo k jeho další migraci v nivě spojené s erozí. Podobné vhodné opatření bylo již realizováno na úseku bezprostředně pod obcí Trhové Dušnice. Neméně důležité bude také udržovat dobrou informovanost vlastníků, uživatelů pozemků v nivě, případně firem odebírajících vodu z řeky, o současném stavu a budoucím vývoji kontaminace říčního systému Litavky.

Výzkum nivních sedimentů řeky Litavky byl podpořen v rámci projektu Strategie AV21 Přírodní hrozby.