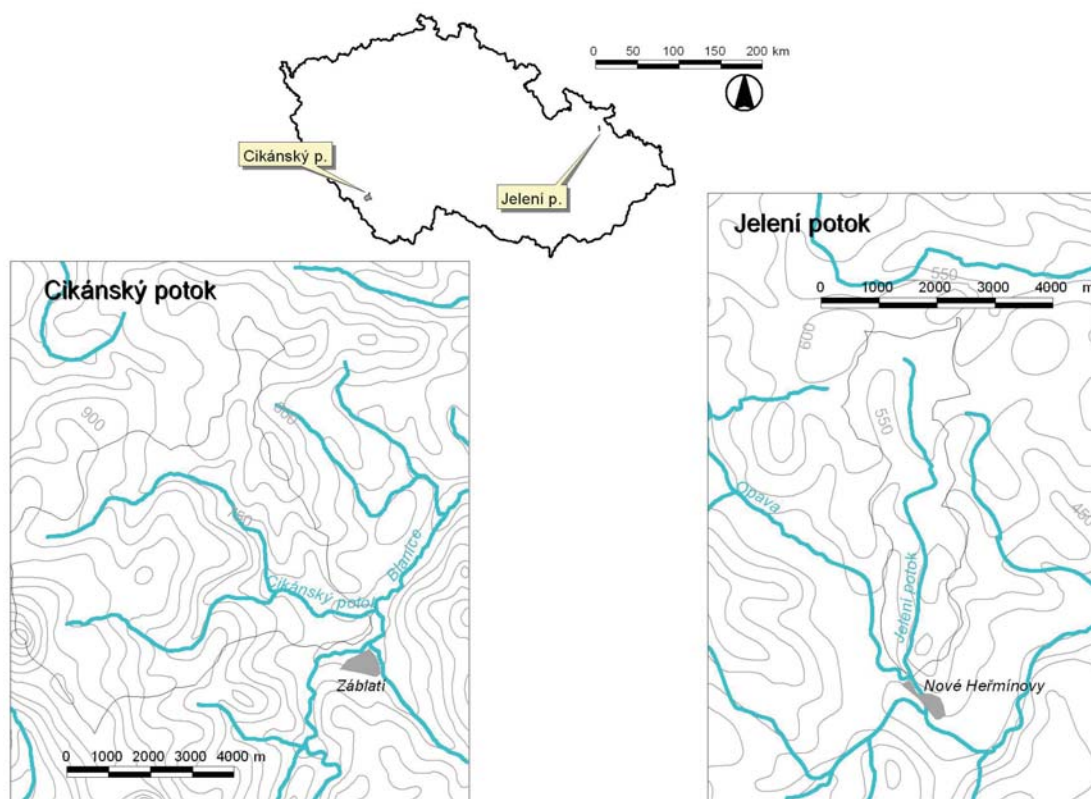


Dynamika údolní nivy na příkladu Cikánského potoka (povodí Blanice) a Jeleního potoka (povodí Opavy)

VÁCLAV TREML, ZBYNĚK ENGEL, PETR ČERMÁK, MAREK KRÍŽEK

Příspěvek je zaměřen na posouzení recentního vývoje údolní nivy v modelových územích Cikánského potoka (povodí Blanice) a Jeleního potoka (povodí Opavy). Cílem studie je porovnat na vybraných přítocích Blanice a Opavy dynamiku reliéfu údolních niv a koryt vodních toků ve vztahu k povodňovým událostem a dalším ovlivňujícím faktorům. Práce navazuje na předchozí analýzy, zaměřené na povodí Blanice, jmenovitě na nivy Cikánského a Křemenného potoka. V těchto územích byl vznik či přemodelování největšího množství fluviálních tvarů přisouzen povodňové události v roce 2002. Ve větší míře byly dále detekovány tvary pocházející z povodní v r. 1995 a z jarní povodně 2006. Ze starších povodní byly zaznamenány erozní tvary pouze sporadicky. Toto zjištění je s velkou pravděpodobností dané tím, že posuzované větší tvary (zejména velké břehové nátrže) nevznikaly najednou, ale procházely fázemi rychlého vývoje a následné stabilizace mezi povodňovými událostmi. Hodnoty lokální boční eroze na břehových nátržích, zjištěné dle exhumovaných kořenů se zpravidla nacházely uvnitř intervalu 0,5 – 1 m pro jednu povodňovou událost. Celková boční eroze u největších tvarů dosahovala hodnot až 10 m.



Obrázek 1 Vymezení studovaného území

V roce 2007 byl výzkum zaměřen na nivy Cikánského potoka (povodí Blanice) a Jeleního potoka (povodí Opavy) (Obr. 1). Dílčím cílem bylo zejména odhadnout dlouhodobější míru a charakter agradace sedimentů v nivě a dále provést zmapování povodňových tvarů v nivě Jeleního potoka. Dalším cílem bylo ověřit možnosti georadarové metody (GPR) při detekci hranic fluviálních akumulací.

1 Materiál a metody

1.1 Geomorfologické mapování

V nivě bylo provedeno geomorfologické mapování fluviálních tvarů. Mapovány byly následující jevy: rozsah údolní nivy, výplavové (dejekční) kužely, agradační valy, koryto vodního toku, povodňová koryta, opuštěná koryta, bezodtoké deprese, písčité a štěrkové lavice v nivě, písčité a štěrkové akumulace v korytě, břehové nátrže (blíže viz Křížek 2007). U akumulčních tvarů byly zaznamenávány další doplňující informace (plošný pokryv, zrnitost, gradace, mocnost), u tvarů erozních pak jejich rozměry. Poloha tvarů byla zaznamenávána GPS.

1.2 Datování povodňových tvarů dendrochronologickou metodou

Na základě geomorfologického průzkumu byly identifikovány části toku, na kterých došlo vlivem povodní k výrazným morfologickým změnám koryta, nivy, popř. navazujících svahů. V takovýchto lokalitách byly analyzovány stromy (zpravidla olše lepkavá *Alnus glutinosa*), které byly erozní událostí zasaženy obnažením, popř. masivním narušením kořenového systému. Taková událost je totiž zaznamenatelná v letokruhové řadě kořenů/kmene buď náhlým zúžením letokruhů, tvorbou reakčního dřeva nebo změnou rozlišení jarního a letního dřeva (blíže viz Treml 2007). Ze zasažených stromů byly odebírány z vybraných kořenů buď kořenové výseče, nebo kmenové vývrty (viz Treml 2007). Vzorky byly dále zpracovány standardními dendrochronologickými metodami (Stokes, Smiley 1968). Kvůli odstranění možných klimatických vlivů na letokruhovou řadu kmenových letokruhů byla z olší rostoucích v nivě, ale ne přímo ovlivňovaných procesy v korytě vodního toku, sestavena standardní chronologie, se kterou byla porovnávána získaná data ze stromů zasažených povodňovými událostmi (Fritts 1971). Měření a sestavování letokruhových řad bylo prováděno pomocí programu Past 4 (SCIEM 2004). Standardizace letokruhových řad pak pomocí software ArsStan (Cook, Krusic 2006).

Stáří erozní (akumulační) události byl určeno dle počtu letokruhů mezi borkou a prvním letokruhem, který vykazoval výraznou změnu v šířce (byl výrazně užší), popř. vykazoval jiné znaky (tvorbu reakčního dřeva, odlišení letního a jarního dřeva). V některých případech bylo minimální stáří tvaru ztotožněno se stářím stromů na něm uchycených.

1.3 Profily nivními sedimenty

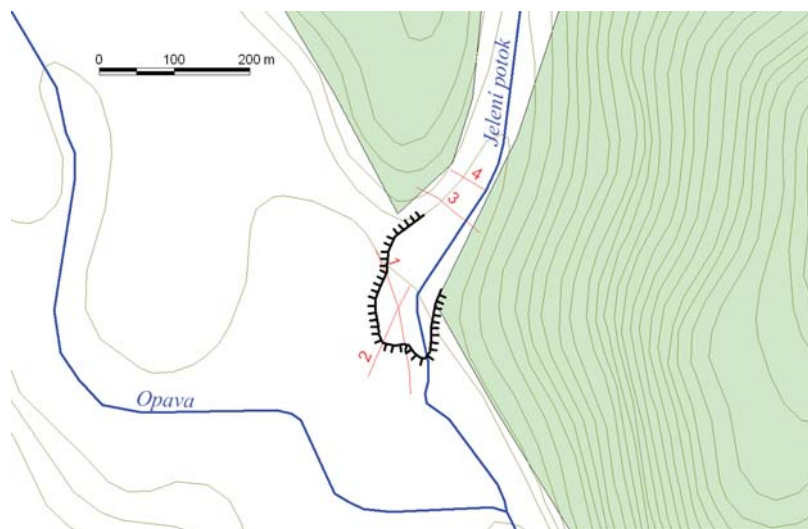
Aby mohla být popsána dynamika nivy v minulosti, bylo třeba zjistit, jakým způsobem docházelo v nivě k sedimentaci, zda to byl postupný proces, či sled náhlých extrémních povodňových událostí. Pro tento účel byly popsány profily nivními sedimenty.

V místech přirozených odkryvů (zpravidla ve stěnách břehových nátrží) byly tyto odkryvy očištěny a prohloubeny. Poté byl zapsán sled a charakter jednotlivých vrstev z hlediska jejich barvy, zrnitosti, vytrídění, zaoblení a gradace (sensu Kukul 1964). Z homogenních vrstev byl odebrán materiál na laboratorní stanovení zrnitosti a datování buď radiokarbonovou metodou, nebo pomocí stanovení izotopů ^{137}Cs , resp. ^{210}Pb .

1.4 Georadarový průzkum

Metoda GPR používá principu vyslání, odrazu a následného příjmu vysokofrekvenční elektromagnetické vlny. Odrazným rozhraním pro elektromagnetickou vlnu je fyzikální diskontinuita v elektrických vlastnostech. Intenzita odrazu je úměrná velikosti diskontinuity.

Měření bylo prováděno na příčném a podélném profilu v oblasti náplavového kužele Jeleního potoka a na dvou příčných profilech v údolí Jeleního potoka (Obr. 2). Celkem bylo georadarovou metodou změřeno přibližně 410 m profilů.



Obrázek 2 Lokalizace profilů GPR měření při vyústění Jeleního potoka

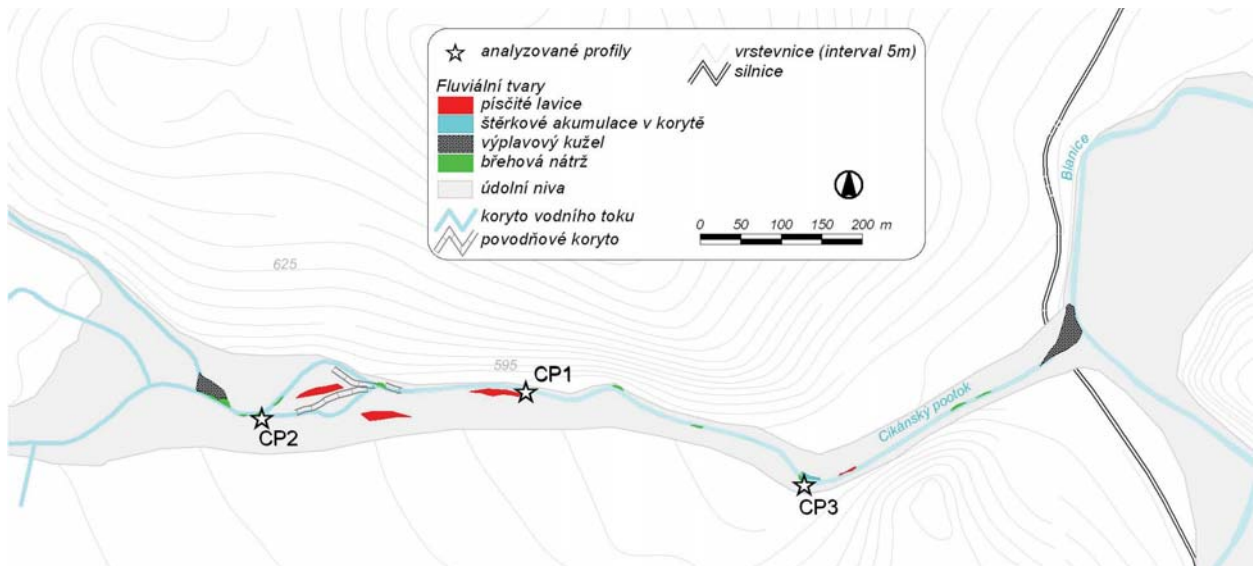
Měření bylo provedeno georadarovou aparaturou RAMAC/GPR CUII se stíněnou anténou o frekvenci 500 MHz. V daných odporových podmínkách bylo dosaženo hloubek 1 až 2 m. Naměřená data byla zpracována pomocí programu RAMAC GroundVision firmy Malá. Program umožňuje přizpůsobit zpracování radarového obrazu podmínkám prostředí a parametrům měření. Při vyhodnocení byly použity zpracovatelské procedury DC-Filter, Time-Gain Filter, Subtract mean trace a Band pass filter. Po zpracování naměřených dat výše uvedeným postupem byly do profilů vyznačeny oblasti rozdílných odrazových vlastností, které souvisejí s reliéfem podloží nebo vrstevním rozhraním v pokryvném útvaru.

2 Výsledky

2.1 Cikánský potok – profily nivními sedimenty

V nivě Cikánského potoka převládají z mapovaných povodňových tvarů břehové nátrže (Obr. 3). Profily nivními sedimenty byly odkryty ve třech částech nivy s odlišnou dynamikou. Profil CP1 (Tab. 1) se týká akumulární části nivy s četnými recentně zaznamenanými písčítými lavicemi na jejím povrchu. Svrchní část profilu (0-33 cm) je tvořena středním pískem se zřetelnou subhorizontální laminací. To napovídá, že tato část profilu byla ukládána postupně a v podmínkách relativně vyšších rychlostí proudění (sedimentoval střední písek, laminy jsou subhorizontální). Pod výrazně vyvinutou poslední horizontální laminou se pak nachází asi 7 cm mocná vrstva písku, která byla zřejmě uložena během jedné události a pak již následují hrubé štěrky s více než 70% zastoupením hrubých valounů. Ty odpovídají pravděpodobně korytové facii.

Další z profilů (CP2) byl odkryt v místech se značnou erozní dynamikou toku, kde se vyskytují četné břehové nátrže a povodňová koryta (Tab. 2). Pod humusovým horizontem sahajícím do hloubka 8cm se nachází dobře vyříděná vrstva hrubého písku až štěrku, vyznačující se nižším stupněm opracování. Vzhledem k horšímu opracování se lze domnívat, že materiál může zčásti pocházet ze splachů a v korytě byl transportován jen na krátkou vzdálenost. Tato vrstva nasedá na tenkou desku středního písku s velkým podílem uhlíků. Pod ní se vyskytují již korytové sedimenty s velkým podílem opracovaných hrubých valounů (47-110 cm).



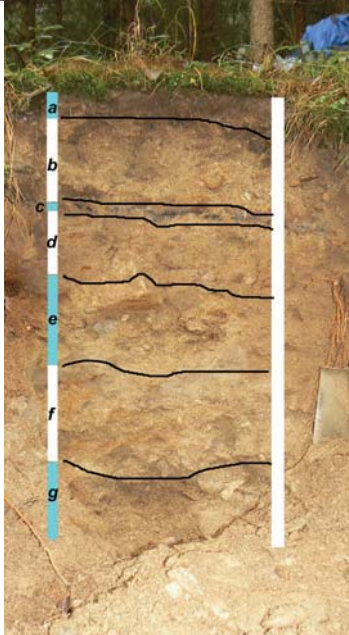
Obrázek 3 Fluviální tvary v nivě Cikánského potoka

Profil CP3 (Tab. 3) se nachází na okraji nivy v místech, kde se zvyšuje sklon údolního dna. Zhruba až do hloubky 48 cm jde o nivní sedimenty ukládané mimo koryto toku s místy patrnou laminací týkající se zejména prachových částic. Pod tímto sledem vrstev se nachází velmi špatně opracovaný materiál (48-70 cm), což svědčí o jeho krátkém transportu. Vzhledem k blízkosti navazujícího svahu lze spekulovat o jeho původu odnosem právě z přilehlého svahu. Pod touto vrstvou se v hloubce 80-170 cm vyskytují sedimenty korytové facie (dobře opracované s velkým podílem horizontálně uložených hrubých valounů).

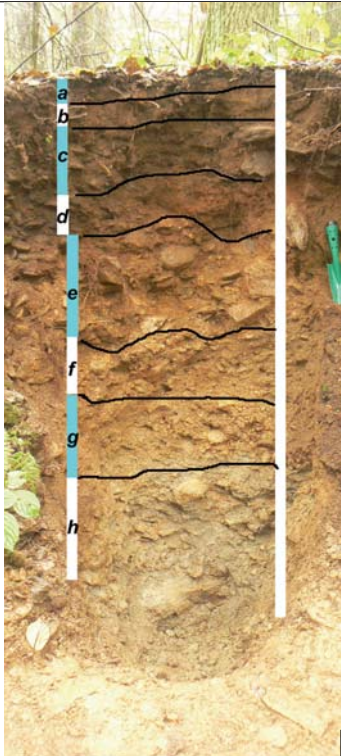
Tabulka 1: Charakteristika profilu CP1

| Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|--------------|----------|---------------|-----------|----------|---------|--|
| 0-33 | 10Y R4/3 | Střední písek | 1 | | 0 | Subhorizontální laminy |
| 33-40 | 10Y R4/2 | Střední písek | 3 | 4 | + | |
| 40-85 | 10Y R4/4 | Štěrka | 4 | 4,4 | | Podíl klastů > 70%, Subhorizontální uložení |

Tabulka 2: Charakteristika profilu CP2

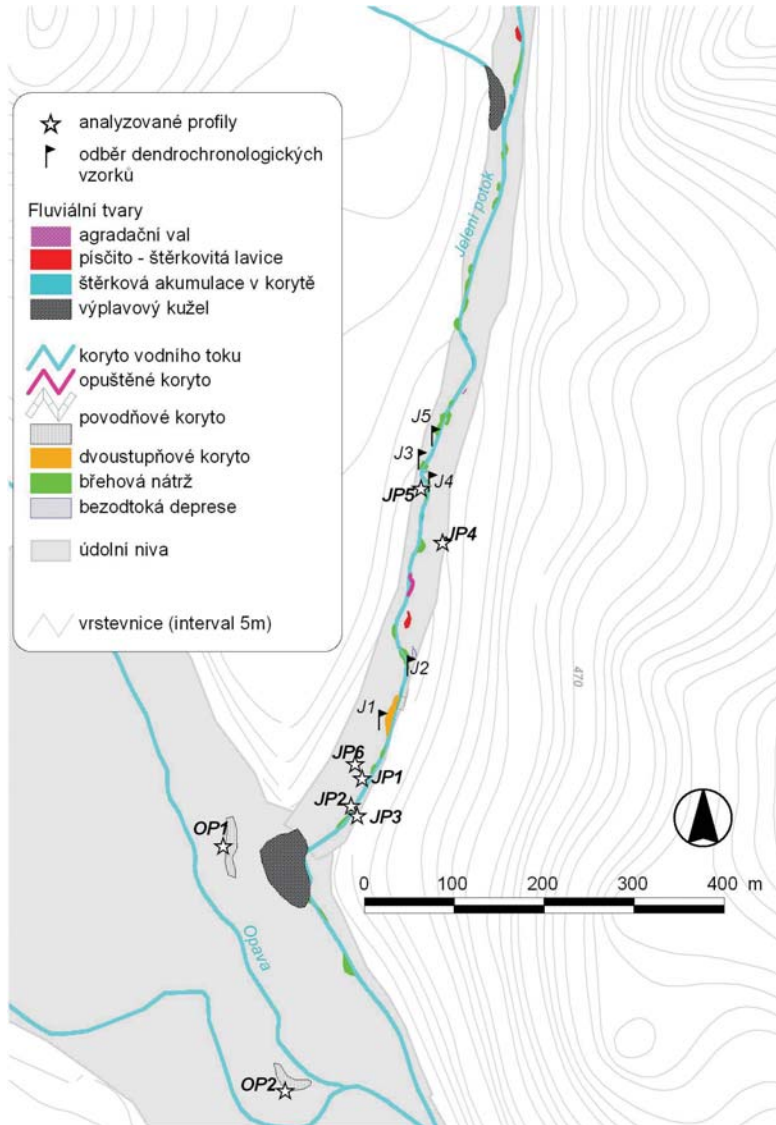
|  | Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|---|--------------|-----------------|----------------------------|-----------|----------|---------|----------------------------------|
| a | 0-8 | Humus. horizont | Prach, střední písek | 2 | 0 | + | |
| b | 8-28 | 10YR 7/8 | Hrubý písek, štěrk | 2 | 3,8 | 0 | Klasy 10% |
| c | 28-32 | GLEJ2 2,5PB | Střední písek | 2 | | 0 | uhlíky |
| d | 32-47 | 10YR 4/3 | Hrubý písek, střední písek | 1 | 4,8 | 0 | Klasy 1% |
| e | 47-65 | 10YR 4/4 | Střední písek, štěrk | 4 | 4,9 | 0 | Klasy >60%, horizontální uložení |
| f | 65-85 | 2,5Y 5/3 | Hrubý písek, štěrk | 3 | 4,5 | 0 | Klasy 20%, horizontální uložení |
| g | 85-110 | 2,5Y 4/3 | Štěrk | 4 | 4,2 | 0 | |

Tabulka 3: Charakteristika profilu CP3

|  | Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|---|--------------|-------------|----------------------|-----------|----------|---------|--|
| a | 0-10 | 7,5YR 2,5/2 | Prach | 2 | | 0 | |
| b | 10-18 | 10YR 3/3 | prach | 2 | 4 | 0 | Klasy 5%, subhorizontální uložení |
| c | 18-36 | 7,5YR 3/4 | Prach, hrubý písek | 3 | 4 | 0 | subhorizontální uložení, místy laminace |
| d | 36-48 | 7,5YR 3/4 | Střední písek, prach | 2 | | 0 | |
| e | 48-70 | 10YR 4/6 | Střední písek, štěrk | 4 | 3 | 0 | Klasy 70% d=5-30 cm |
| f | 70-80 | 10YR 4/6 | Hrubý písek | 2 | | 0 | |
| g | 80-120 | 10YR 4/6 | Hrubý písek, štěrk | 3 | 4,5 | 0 | Klasy 40% horizontální uložení d= 5-10cm |
| h | 120-170 | 2,5Y 4/2 | Hrubý písek, štěrk | 4 | 4,8 | 0 | Klasy 70% horizontální uložení d=10-30cm |

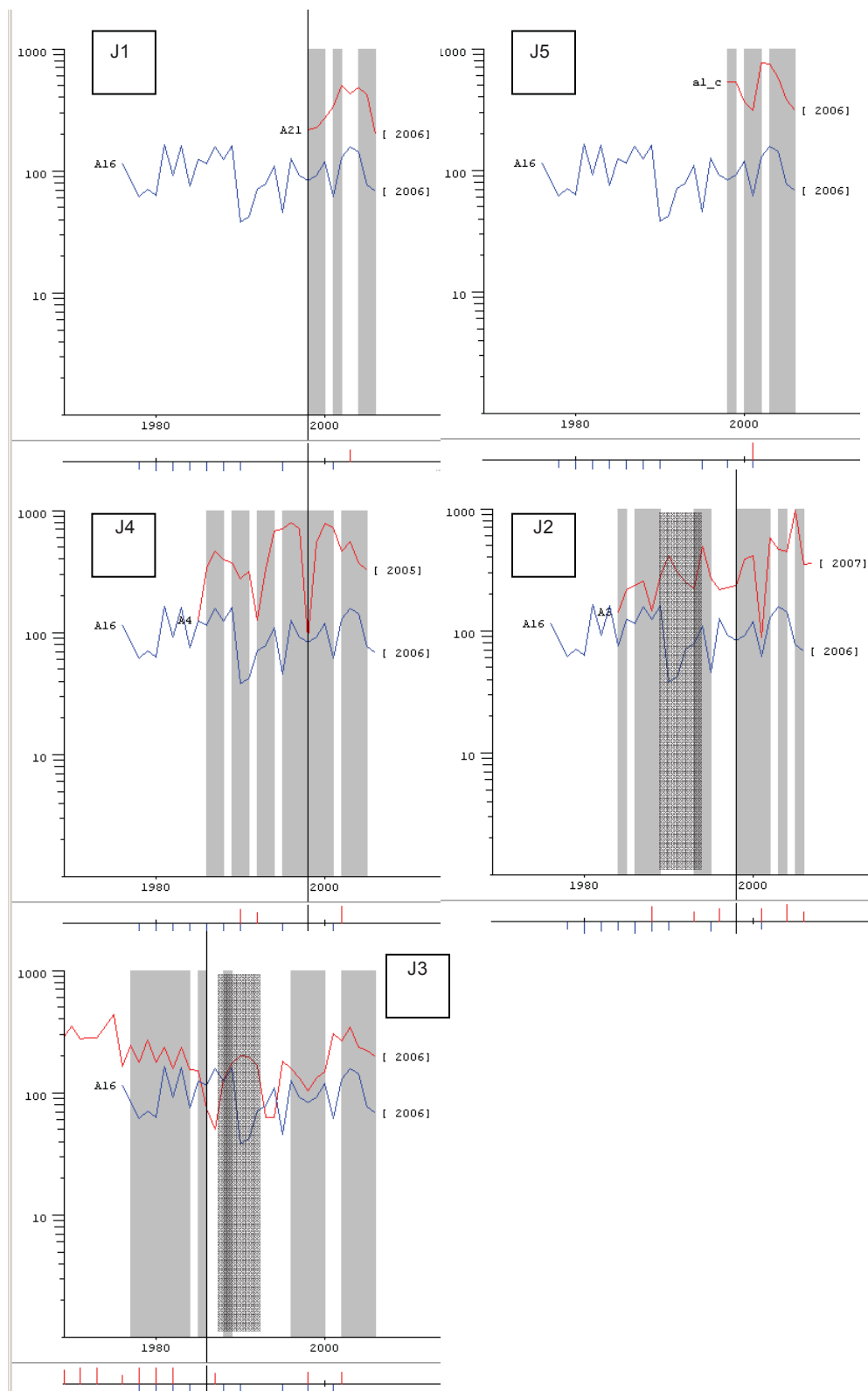
2.2 Jelení potok – výskyt povodňových tvarů reliéfu

V dolní části nivy Jeleního potoka výrazně převažovaly erozní tvary reprezentované převážně břehovými nátržemi, v menší míře pak povodňovými koryty (Obr. 4). Délka zmapovaných břehových nátrží se pohybovala od 4 do 30 m (medián 7 m), šířka pak od 0,5 do 5 m (medián 1,5 m). Velké zastoupení břehových nátrží ukazuje na vysokou dynamiku toku a na nerovnovážený stav koryta. U něj se dá vzhledem k jeho přímému průběhu odhadovat umělou úpravu jeho trasy v minulosti.



Obrázek 4 Povodňové tvary v dolní části nivy Jeleního potoka

Největší z datovaných erozních tvarů vznikly zřejmě při povodni v roce 1997 (Obr. 5). To se týká druhého stupně koryta kolonizovaném porostem olší (J1 – délka 30m, šířka stupně 4-6m) a podobně kolonizovaného dna velkého bočního výmolu (J5 – délka 17m, maximální šířka 4m). Vznik břehové nátrže J4 (délka 12m, max. šířka 3m) byl příčinou masivního poškození kořenového systému, což se projevilo na razantním poklesu šířky letokruhu v následujícím vegetačním období ve srovnání se standardní chronologií. Břehové nátrže J2 (délka 30m, max. šířka 3m) a J3 (délka 10m, maximální šířka 2,5m) zřejmě začaly vznikat již před povodní 1997. Tenzní dřevo indikující změnu polohy kmene (naklonění) se začalo tvořit v olších rostoucích na jejich okrajích v období 1989-1992 (Obr. 5).

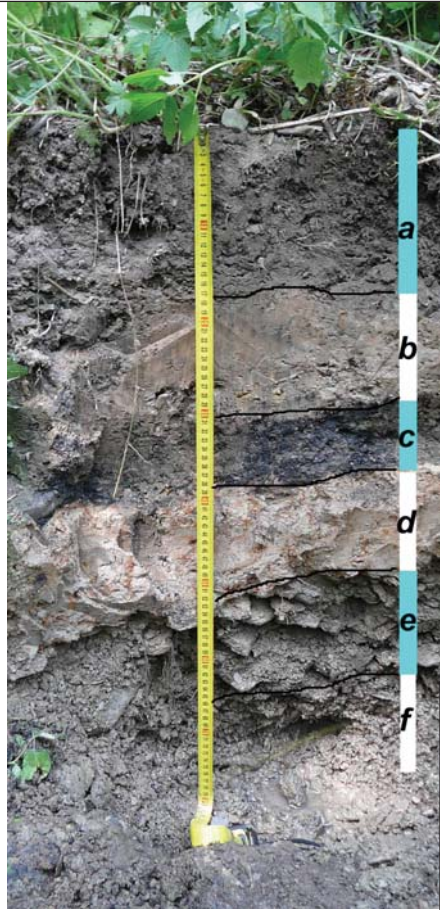


Obrázek 5 Letokruhové křivky olší lepkavých (*Alnus glutinosa*) rostoucích na nebo v blízkosti povodňových tvarů. Na ose X je vynesena absolutní tloušťka v log škále, na ose Y kalendářní roky. Modře je označen standard vytvořený z 20 olší v lokalitě. Šrafování značí období s tvorbou tenzního dřeva.

2.3 Jelení potok – profily nivními sedimenty

V nivě dolního toku Jeleního potoka a v navazující části nivy Opavy bylo odkryto několik profilů nivními sedimenty. Profily JP1, JP2, JP3 a JP6 se nachází těsně před vyústěním nivy Jeleního potoka do údolí Opavy. Na profilu JP 1 je zaznamenán souvrství prachových nivních hlín (0-51cm) proložené zřetelnou vrstvou na organickou hmotu bohatých jemnozrnných sedimentů (Tab. 4). Tu interpretujeme jako výplň mělké prohlubně vyplněné hnilokaly (např. bezodtoká deprese), která byla posléze překryta sedimenty povodňových hlín. Spodní část profilu (51-80 cm) představuje korytovou facii vyznačující se horizontálně uloženými hrubými valouny a štěrkovou matrix.


Tabulka 4: Charakteristika profilu JP1

|  | Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|--|--------------|------------------|-------------------|-----------|----------|---------|--------------------------------|
| a | 0 - 17 | 2,5 Y 3/2 | prach (+štěrk) | 2 | 4 | 0 | |
| b | 17 - 30 | 2,5 Y 5/3 | prach (+jíl) | 2 | 3 | 0 | |
| c | 30 - 39 | Gley2 2,5/5PB | jíl. prach | 3 | 3 | 0 | Velké množství organické hmoty |
| d | 39 - 51 | 2,5 Y 5/3 | prach+jíl | 1 | | 0 | Fe konkrce |
| e | 51 - 65 | 2,5 Y 4/3 | hr. písek+štěrk | | 5 | 0 | |
| f | 65 - 80 | 2,5 Y 4/3 | štěrk(4-10mm)+jíl | | 4 | 0 | |

Na profilu JP2 (Tab. 5) jsou zaznamenány hlinité nivní sedimenty, které postupně přecházejí v písky až štěrky na dně profilu. Profil interpretujeme jako v nivě (mimo koryto) ukládané sedimenty na což ukazuje jejich zrnitostní charakteristika, které nasedají na korytovou facii na bázi profilu.

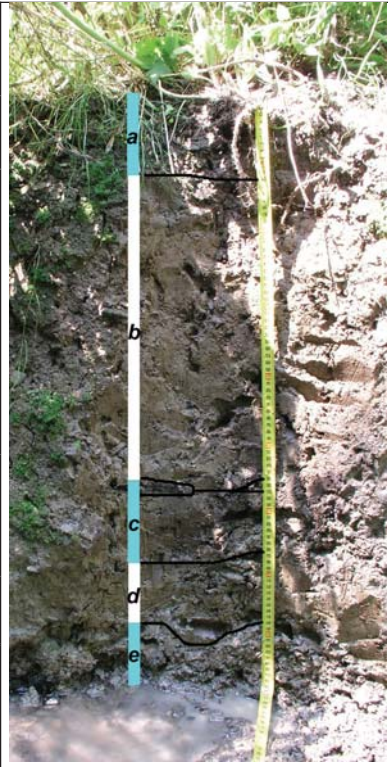
Profil JP3 (Tab. 6) znovu odkrývá převážně sedimenty usazované mimo koryto, tj. při povodňových událostech. V hloubce 71-81 cm byla zaznamenána výrazná pozitivní gradace sedimentu, což by ukazovalo na zanášení opouštěného koryta, které je reprezentováno korytovou facií (81-90 cm). V případě tohoto profilu lze rovněž získat obraz o absolutní rychlosti agradace nivy díky datování uhlíků z hloubky 59 cm (820±30 BP, Poz-22186). Zhruba 60 cm sedimentu se tedy uložilo za cca 900 let, což by odpovídalo agradaci 0,5 mm ročně. Uhlíky leží na bázi povodňových hlín, které jsou v této části nivy zřetelně oddělené od pod nimi ležících štěrků. I na ostatních profilech je toto rozhraní výrazné, předpokládáme že reprezentuje zhruba stejné období.

Tabulka 5: Charakteristika profilu JP 2

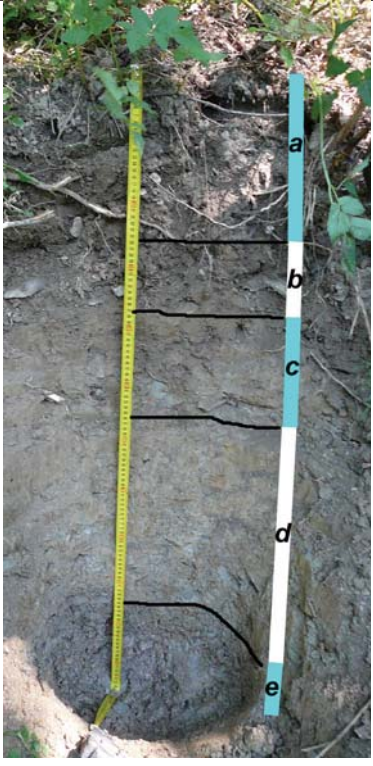
|  | Hloubka (cm) | Barva | zmitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|---|--------------|------------|-------------|-----------|----------|---------|---------------|
| | 0 - 15 | 2,5 Y 3/2 | prach | 1 | | 0 | |
| | 15 - 45 | 10 Y R 4/3 | prach+šterk | 2 | 3 | 0 | šterk 5-20 mm |
| | 45 - 85 | 2,5 Y 4/3 | prach+šterk | 4 | 3 | 0 | |
| | 85 - 91 | 5Y 5/2 | prach+šterk | 3 | 3 | 0 | 20% šterk |
| | 91 - 96 | 10 Y R 5/6 | prach+šterk | 3 | 2 | 0 | |

Profil JP 4 je umístěn výše po toku Jeleního potoka (Obr. 4, Tab. 7). Je v něm zachycena význačná poloha valounů s doškovitým uložením mezi dvěma vrstvami prachových sedimentů. Tato poloha zřejmě reprezentuje sedimenty ukládané mimo koryto, avšak v jeho těsné blízkosti. Zjištěné struktury jsou typické např. pro agradační valy. Prachové sedimenty zase napovídají na klidnou sedimentaci v nivě za nízkých rychlostí proudění. Báze profilu (92-110cm) je tvořena korytovými sedimenty.

Tabulka 6: Charakteristika profilu JP 3

|  | Hloubka (cm) | Barva | Zmitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|---|--------------|-----------|------------------|-----------|----------|---------|---|
| | 0 - 11 | 5 Y 4/3 | prach(+val >1cm) | 3 | 3 | | Postupný přechod |
| | 11 - 58 | 2,5 Y 4/3 | prach(+jíl) | 2 | 4 | | Postupný přechod, uhlíky |
| | 58 - 71 | 2,5 Y 5/2 | prach+jíl(50+50) | 4 | 5 | + | Postupný přechod, uhlíky, 59cm ~ 820±30BP |
| | 71 - 81 | 2,5 Y 5/2 | prach+jíl | 3 | 4 | | Příměs hrubý písek, šterk |
| | 81 - 90 | 2,5 Y 5/2 | hrubý šterk(50%) | | 4 | | Příměs jíl a prach |

Tabulka 7: Charakteristika profilu JP 4

|  | Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|---|--------------|-------------------------|----------|-----------|----------|---------|--|
| | 0 - 23 | 2,5 Y 3/3 | prach | 2 | 4 | 0 | |
| 23 - 36 | 10 YR 3/4 | valouny 4-15cm - 40% | 4 | 4 | 0 | | Doškovité uspořádání, ostrý přechod |
| 36 - 44 | 10 YR 3/4 | prach | 3 | 4 | 0 | | |
| 44 - 92 | 2,5 Y 5/3 | prach+jíl | 4 | 4 | + | | Příměs štěrku 5-10cm |
| 92 - 110 | 5 Y 4/3 | hrubý štěrk 80% | 3 | 3 | 0 | | Výplň prach a jíl |

Profil JP 5 (Tab. 8) zachycuje fluvialní sedimenty s dominující prachovou frakcí a velkou příměsí valounů. Ve svrchní části profilu (0-70 cm) prakticky absentuje písčité frakce. Vzhledem k velikosti valounů musely být sedimenty ukládány buď v bezprostřední blízkosti koryta nebo v periodicky protékaném korytě.

Tabulka 8: Charakteristika profilu JP5

|  | Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|---|--------------|-------------------------|-------------------|-----------|----------|---------|--|
| | 0 - 28 | 10 YR 4/4 | prach+ valouny | 4 | 5 | 0 | |
| 28 - 70 | 2,5 Y 4/3 | prach+ valouny | 3 | 5 | 0 | | postupný přechod, valouny 5-20cm, horizontální uložení |
| 70 - 100 | 10 YR 4/6 | hrubý štěrk+ valouny | 3 | 4 | 0 | | valouny do 20cm |

Tabulka 9: Charakteristika profilu JP 6

| Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|--------------|--------------------|------------|-----------|----------|---------|--|
| 0 - 11 | 10 YR 3/2 | jíl+ prach | 1 | 4 | 0 | |
| 11 - 33 | 10 YR 5/8 (5/1) | jíl+ prach | | | 0 | glej, železité konkrece |
| 33 - 85 | 2,5 Y 4/2 | jíl+ štěrk | 2 | 4 | 0 | hor.(90%) a doškovité (10%) uspoř. |

Profil JP 6 je opět situován v blízkosti vyústění nivy Jeleního potoka do nivy Opavy (Tab. 9). Oproti ostatním profilům byl vykopán ve větší vzdálenosti od současného koryta Jeleního potoka (cca 40 m). Zachycuje hlinité až jílovité sedimenty (0-33 cm), které se ukládaly v podmínkách pomalého proudění za povodní v nivě. Tyto usazeniny nasedají na štěrky korytové facie (33-85 cm).

Tabulka 10: Charakteristika profilu OP1

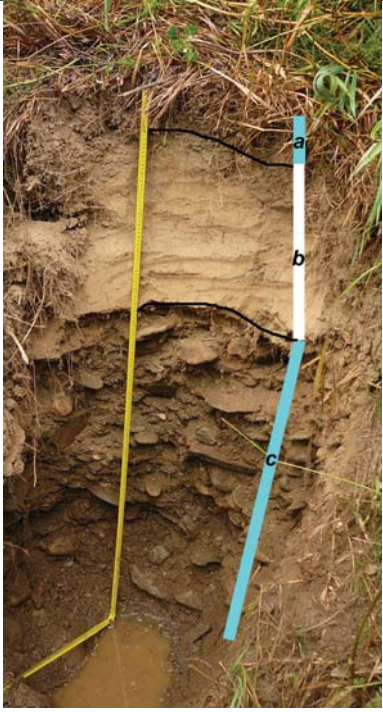
| Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|--------------|--|-------------------------|-----------|----------|---------|--|
| 0 - 90 | Glej 1 6/10Y 10 YR 4/6 | prach+ písek | 4 | | 0 | žel.konkrece (62-80cm), náhlý př. |
| 90 - 134 | Glej 2 4/10 B 2,5 YR ¾ 5 YR 6/8 | prach+ pís.+ valouny | 1 | 4,1 | 0 | horiz.uložení, postupný př. valouny (prům. delší osa 53 mm) |
| 134 - 170 | Glej 2 4/10 B 10 YR 5/6 | hrubý štěrk | 2 | 4,7 | 0 | hor. uložení, bez žel. konkrecí valouny (prům. delší osa 76 mm) |

Pro porovnání charakteru sedimentace byly odkryty také dva profily v přilehlé části nivy Opavy (Obr. 4). Na profilu OP1 (Tab. 10) je zachycena 90 cm mocná vrstva hlinito-jílovitých povodňových hlín, která přechází do jemného až hrubého štěrku. Profil interpretujeme jako zpočátku (na bázi profilu) korytové sedimenty, které přechází do sedimentů ukládaných v nivě mimo koryto vodního toku. Tyto sedimenty musely být ukládány vzhledem k zrnitosti ve větší vzdálenosti od koryta v prostředí snížených rychlostí

proudění. Profil je situován na okraji plošně rozsáhlého výmolu/povodňového koryta vzniklého při povodni v r. 1997.

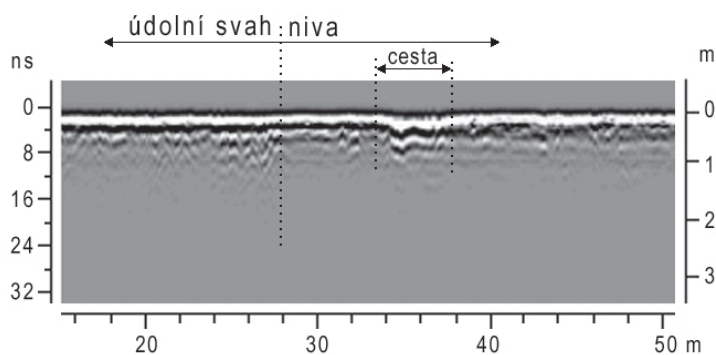
Profil OP 2 je situován ve stěně výmolu vzniklého za povodně 1997 (Tab. 11). Nachází se ve vzdálenosti 20 m od břehové hrany současného koryta Opavy. Profil reprezentuje jednak sedimenty ukládané v těsné blízkosti koryta, za zvýšených rychlostí proudění (10-57 cm), a jednak korytové sedimenty (57-160 cm). Středně písčité sedimenty ve svrchní části profilu se vyznačují čeřinovým zvrstvením s polohami jemnějších písků, což indikuje ukládání za vyšších rychlostí proudění, tj. buď v korytě, nebo v jeho těsné blízkosti při povodních. Vzhledem k poloze profilu (na „výsepní“ straně povodňového výmolu) jde spíše o sedimenty ukládané v těsné blízkosti koryta ve formě morfologicky nevýrazného agradačního valu.

Tabulka 11: Charakteristika profilu OP2

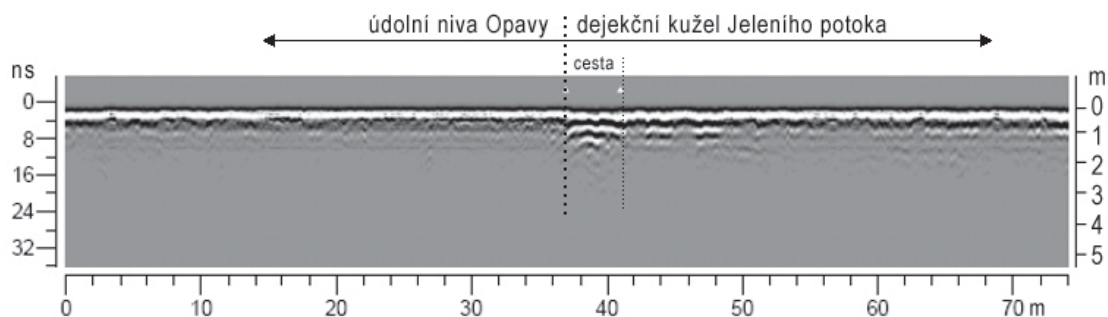
|  | Hloubka (cm) | Barva | Zrnitost | Vytřídění | Zaoblení | Gradace | Poznámka |
|--|--------------|--------------|---------------------|-----------|----------|---------|--|
| | 0 - 10 | | | | | 0 | |
| | 10 - 57 | 2,5 Y 4/3 | písek (jemný) | 4 | | 0 | žel. konkrce (do 20 cm) stř. zrnitý písek - vrstva 32-35 cm, čeřinové zvrstvení |
| | 57 - 160 | 2,5 Y 3/3 | hrubý písek+ štěrky | 1 | 4,6 | 0 | valouny (prům. delší osa 104 mm) podíl val>10cm 20-25% horizontální usp. |

2.4 Jelení potok – georadarová měření

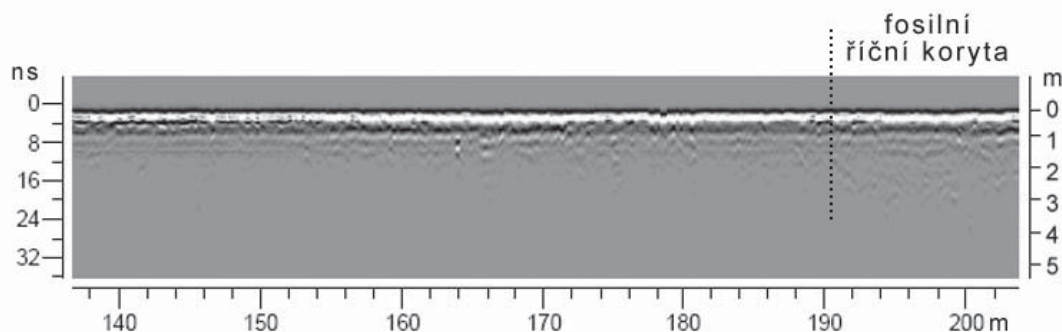
V daných podmínkách prostředí bylo nejlepších výsledků dosaženo při ověřování průběhu říční nivy na příčných profilech údolím. Okraj nivy se v radarovém obrazu projevuje výraznou změnou průběhu odražené elektromagnetické vlny, podmíněným přechodem z prostředí úpatních svahových sutí do oblasti siltových a jemně písčitých sedimentů ukládaných za povodní. V porovnání s rozkolísaným záznamem údolního svahu má radarový obraz v oblasti nivy celkově vyrovnanější průběh (Obr. 6). Z hlediska vymezení údolní nivy se georadarová metoda ukázala jako účinná i v oblasti akumulačního reliéfu. Morfologicky nevýrazný výplavový (dejekční) kužel Jeleního potoka, který lze od okolní nivy Opavy v terénu jen těžko rozlišit, je v radarovém obrazu dobře patrný. Rozhraní nivy lze v tomto případě vymežit na základě nárůstu hloubkového dosahu elektromagnetické vlny v oblasti dejekčního kuželu, který se v záznamu projevuje rovněž větší rozkolísaností odražených elektromagnetických vln (Obr. 7). Georadarové měření odhalilo rovněž existenci fosilních říčních koryt Jeleního potoka (jižní část profilu P1), která vznikla překládáním toku a patří k charakteristickým projevům povodňové aktivity (Obr. 8).



Obrázek 6 Radarový obraz okrajové části údolního svahu a nivy (výřez z profilu 3)



Obrázek 7 Radarový obraz přechodné oblasti údolní nivy Opavy a dejekčního kuželu jeleního potoka (výřez z profilu 1)



Obrázek 8 Oblast fosilních říčních koryt v jižní části profilu 1

3 Diskuse

Nejčtetnějším tvarem reliéfu zaznamenaným v obou modelových územích byly břehové nátrže. Zejména koryto Jeleního potoka jimi bylo značně postiženo, a to i ve svých přímých úsecích, což dokladuje nerovnovážný stav tohoto koryta. Ten je mj. způsoben jeho umělou úpravou v minulosti, o níž vypovídá nepřirozeně narovnaný průběh koryta. Pokud by tyto změny pokračovaly stejnou intenzitou bez sanačních zásahů, tak lze ve střednědobém horizontu očekávat postupnou změnu trasy koryta. Ta je již dnes patrná, když se v některých místech vyskytují opuštěná koryta, případně povodňová koryta Jeleního potoka. Zjištěná převaha erozních tvarů nad akumulací je způsobena zejména tím, že akumulace jsou velmi rychle inkorporovány do nivy a přestávají být v krátkém čase zřetelné (Křížek, Engel 2007). Stáří těch největších erozních tvarů bylo stanoveno s největší pravděpodobností na rok 1997, některé z nich však již vznikaly dříve (přelom osmdesátých a devadesátých let - nátrže J2 a J3). Ve vytvořeném dendrochronologickém standardu pro olši lepkavou rostoucí v nivě Jeleního potoka (Obr. 5) jsou největšími růstovými výkyvy v nedávném období suché léto v roce 2001 a povodňová událost v r. 1997. To ukazuje významný a relativně dlouhodobý efekt této povodně na prostředí celé údolní nivy, protože

pro zpracování standardní chronologie byly zvoleny stromy povodní přímo nezasažené. Ovlivněné však zřejmě byly dlouhodobou zátopou, popř. extrémně vysokou hladinou podzemní vody.

Na profilech výplní nivy bylo zaznamenáno několik základních typů sedimentů. Jednalo se o korytové sedimenty, které byly zjištěny většinou na bázi profilů, povodňové hlíny a sedimenty ukládané v těsné blízkosti koryta při vyšších rychlostech proudění. U obou podhorských toků (Jelení potok, Cikánský potok) dosahovaly mocnosti v nivě ukládaných jemnozrnných sedimentů od 30 do 60 cm. Poslední významná fáze agradace niv v Českém masivu je dávana do souvislosti se středověkým osidlováním podhorských a horských oblastí (Ložek 2003, Klimek 2002). Právě do tohoto období zřejmě lze zařadit počátek zvýšené intenzity ukládání nivních sedimentů ve studovaných oblastech, což dokládá i zatím jediné radiokarbonové datum z báze povodňových hlín v nivě Jeleního potoka. Výrazně větší mocnost povodňových hlín byla zjištěna v nivě Opavy (až 1 m), což odpovídá velikosti daného toku. Korytové akumulace detekované i v relativně velké vzdálenosti od současného koryta jsou dokladem migrace koryta v minulosti. Poslední etapa zvýšené boční eroze meandrujících toků je kladena Starkelem (2002) do časového úseku 2000-500BP.

Posledním typem sedimentů byly akumulace ukládané v těsné blízkosti koryta. Největší mocnosti dosahovaly opět v blízkosti současného koryta Opavy (0,6 m). Přes tuto mocnost se neprojevovaly na morfologii povrchu nivy ve formě agradačních valů.

Georadarová měření v oblasti vyústění údolí Jeleního potoka do nivy Opavy prokázala použitelnost této geofyzikální metody při vymezení nebo ověřování průběhu údolní nivy a při vyhledávání fosilních říčních koryt. Odhalená fosilní koryta jen potvrzují složitou stavbu nivy dokladovanou na odkrytých profilech.

4 Závěr

Ve sledovaných částech údolních niv vodních toků převažovaly erozní povodňové tvary reliéfu nad akumulacími. Největší ze zaznamenaných erozních tvarů (břehové nátrže, druhý stupeň koryta) vznikaly během povodně v r. 1997, popř. na přelomu osmdesátých a devadesátých let. Profily nivními sedimenty ukazují na vyšší dynamiku posunů říčního koryta v minulosti, která byla postupně vystřídána etapou akumulace jemnozrnných povodňových hlín.

5 Literatura

- Cook, E.R., Krusic, H. (2006): Users manual for program ArsStan. Tree ring laboratory, Lamont Doherty Observatory, 106 s.
- Fritts, H.C. (1971): Dendroclimatology and dendroecology. *Quaternary Research* 1, s. 419-449.
- Klimek, K. (2002): Human-induced overbank sedimentation in the foreland of the Eastern Sudety mountains. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, s. 391-402.
- Křížek, M. (2007): Údolní niva jako geomorfologický fenomén. In: Langhammer, J. (ed.) *Povodně a změny v krajině*. Praha: Univerzita Karlova, s. 217-230.
- Křížek, M., Engel, Z. (2007): Geomorfologické projevy povodní – příkladová studie povodně 2002 v povodí Otavy. In: Langhammer, J. (ed.) *Povodně a změny v krajině*. Praha: Univerzita Karlova, s. 231-244.
- Kukal, Z. (1964): *Geologie recentních sedimentů*. Praha: Nakl. Čs. Akad. Věd, 441 s.
- Ložek, V. (2003): Naše nivy v proměnách času: Vznik a vývoj dnešních niv. *Ochrana přírody*, 58 (4), s. 101-106.

- SCIEM (2004): PAST V4 – Personal analysis system for treering research – instruction manual. Sciem, Wien, 84 s.
- Starkel, L. (2002): Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems). *Quaternary International*, 91, s. 25-32.
- Stokes, M.A. Smiley, T.L. (1968): An introduction to tree-ring dating. Chicago : University of Chicago Press, 73 s.
- Treml, V. (2007): Možnosti dendrochronologie při určení změn reliéfu vyvolaných povodněmi, případová studie Babí potok. In: Langhammer, J. (ed.) *Povodně a změny v krajině*. Praha: Univerzita Karlova, s. 187-198.