Západočeská univerzita v Plzni
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA GEOGRAFIE

ODEZVA STRŽOVÉ EROZE NA PROBÍHAJÍCÍ ENVIRONMENTÁLNÍ ZMĚNY (VE STŘÍBRSKÉ PAHORKATINĚ)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Tomáš Veselý

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň,

……
vlastnoruční podpis

Poděkování

Rád bych vyjádřil vděčnost všem, kteří se jakkoliv podíleli na tvorbě této práce, zejména vedoucímu práce RNDr. Pavlu Mentlíkovi, Ph.D. za metodické vedení, cenné rady a připomínky. Dále pak Bc. Radku Havlovi a Ing. Lence Líznerové za laskavé zapůjčení geodetického vybavení včetně výpočetního a grafického softwaru, kolegům Bc. Petru Jindrovi a Martinu Sühsovi za ochotnou a nenahraditelnou výpomoc při terénních geodetických pracích a Bc. Tereze Haplové za překlad z a do Angličtiny. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu ve studiu.

OBSAH

1 ÚVOD 1
2 CÍLE PRÁCE 2
2.1 DÍLČÍ CÍLE 2
3 ROZBOR LITERATURY 3
3.1 STRŽ 3
3.2 ELEMENTARIZACE 5
3.3 GMIS JAKO NÁSTROJ GEOMORFOLOGICKÉ ANALÝZY 6
3.4 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA 7
4 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 8
4.1 POLOHA 8
4.2 GEOMORFOLOGIE A GEOLOGIE 9
4.3 KLIMATICKÉ POMĚRY 10
4.4 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ V ČASE 13
5 POUŽITÉ METODY 15
5.1 GEODETICKÉ MĚŘENÍ, VÝPOČETNÍ A ZOBRAZOVACÍ PRÁCE 15
5.2 TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU 19
5.3 TVORBA GEOMORFOLOGICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU 22
5.4 SLEDOVÁNÍ ROZŠIŘOVÁNÍ STRŽE 1 22
6 STRŽ 1 24
6.1 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA 25
6.1.1 Systém procesů 25
6.1.2 Systém procesů s odezvou 26
6.2 PROJEVY SOUČASNÉ GEOMORFOLOGICKÉ AKTIVITY 26
6.3 GEOMORFOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM 32
6.3.1 Sklonitostní analýza 33
7 STRŽ 2 37
7.1 PROJEVY SOUČASNÉ GEOMORFOLOGICKÉ AKTIVITY 37
7.2 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA 38
8 STRŽ 3 39
9 ZÁVĚR 40
10 SEZNAM OBRÁZKŮ 42
11 SEZNAM LITERATURY 44
12 RESUMÉ 46
13 PŘÍLOHA I
13.1 SEZNAM PŘÍLOHY I

1 ÚVOD

Tato práce je inspirovaná prací *Stankovianského (2003)*, která se zabývala stržovou erozí v Myjavské pahorkatině. Jedná se o jev, který má poměrně velký ekonomický význam (kdy stržová eroze zmenšuje plochy hospodářsky využívaných půd). V dnešní době je navíc stržová eroze spojována s otázkou, zda tento proces může být akcelerován probíhajícími klimatickými změnami (spolu s dalšími geomorfologickými procesy) *(více Stankovianský, 2003)*.

Při terénním výzkumu, který byl zaměřen na ověřování změn geomorfologických forem, které byly popsány v práci *Pecha (1983)*, byl objeven systém strží, který vykazoval zřetelné znaky současné aktivity (pokroucené stromy, čerstvě uložené sedimenty na výplavovém kuželu pod strží). Z tohoto důvodu byla tato lokalita vybrána jako modelové území pro dlouhodobé sledování současných geomorfologických procesů. Předkládaná práce je pilotní studií k této problematice.

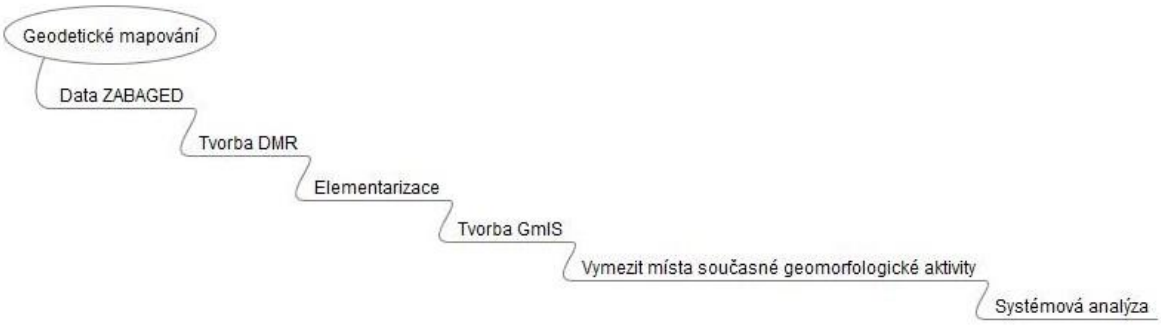
2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je pro zkoumaný stržový systém vytvořit geoinformační systém (na bázi Geomorfologického informačního systému - *Minár et al. 2005; Mentlík et al. 2006; Mentlík, 2007)*, který by umožnil analýzu současných geomorfologických procesů. Dalším cílem je vytvoření tzv. „výzkumného území“, které bude zaměřeno na dlouhodobé sledování současných geomorfologických procesů a testování různých výzkumných metod.

2.1 DÍLČÍ CÍLE

- Vytvořit přesnou mapu stržového systému ve velkém měřítku
- Vytvořit Digitální model reliéfu (DMR) zvoleného systému
- Provést elementarizaci zmapovaného stržového systému a vrstvu elementárních forem reliéfu využít jako základ Geomorfologického informačního systému (GmIS)
- Vymezit místa současné geomorfologické aktivity ve stržích (na dně strží, na svazích, na horní hraně strží)
- Definovat současné geomorfologické procesy a geosystémy, ve kterých tyto procesy působí

Obr. 2a Myšlenková mapa využitého metodického postupu *(vlastní zpracování)*



3 ROZBOR LITERATURY

3.1 STRŽ

V Geomorfologické terminologii panuje ve vymezení termínu „strž“ nejednotnost. Liší se též názory na vznik, vývoj a typologickou klasifikaci těchto erozních útvarů.

Podle *Pecha (1983)* je strž ronového původu a má hloubku více než 2,5 m, sklon stěn přesahuje úhel 45°. Strže bývají obvykle i hlubší a místy se v nich vyskytují tržné stěny vzniklé sesuvy na stěnách a výchozy skalního podkladu. Sesouvající se materiál je hromaděn na dně a následně je protékající vodou transportován směrem k ústí strže, kde pod ústím často vytváří nánosové kužele *(Pech, 1983).*

Kliment (1985) označuje geneticky a proporčně srovnatelné tvary prostě jako „erozní tvary“. Tyto jsou podle něj výsledkem působení lineární (rýhové) eroze. Ve své práci posuzuje vliv podloží, reliéfu a krajinného pokryvu na vznik a vývoj těchto erozních tvarů. Na základě čtyř základních kritérií sestavil typologickou klasifikaci erozních tvarů, která je postavena tak, že rozdílné úseky na sebe mohou i navazovat. Mezi kritéria klasifikace podle *Klimenta (1985)* patří geologické podloží, protékanost erozních tvarů, stupeň zaříznutí erozních tvarů, tvary příčných profilů a jako doplňkové kritérium uvádí rozměr erozních tvarů.

Strže (erozní tvary) popisuje i *Stankoviansky, 2003*, který morfometricky a geneticky srovnatelný útvar ve Slovenštině popisuje jako „výmoľ“ a jeho původcem je „výmolová erózia“. Nejvíce výmolů se podle *Stankovianského (2003)* váže na pahorkatiny a nižší vrchoviny tvořené horninami méně odolnými proti působení ronových procesů. *Stankoviansky (2003)* jako hlavní příčinu tvorby strží uvádí všeobecně nadměrné množství vody v krajině, což je způsobeno buď klimatickou změnou, nebo způsobem využívání země. Konkrétně se zabývá vlivem klimatických změn během malé doby ledové (LIA) a zemědělské revoluce. Bere však na vědomí, že stržové systémy mohou vznikat i během lokálních krátkodobých, ale intenzivních lijáků, které se objevují i několikrát během století *(Stankoviansky, 2003).*

Pech (1983) po komplexním geomorfologickém terénním výzkumu strží a všech dalších tvarů, které z nich ve Stříbrské pahorkatině vznikaly, předpokládá, že klíčovými

faktory ovlivňujícími vznik těchto erozních útvarů jsou a) svažitost terénu, b) stáří základního tvaru reliéfu, c) petrografické složení reliéfu, d) složení, vlastnosti a mocnost zvětralinového pláště, e) klimatické podmínky místa vzniku.

Pech (1983) zjistil, že:

a) Nejhlouběji zaříznuté erozní rýhy se soustřeďují do oblastí, kde erozní svahy nabývají sklonu od 6° do 30°. Počátek erozních rýh je většinou vázán na svahy se klonem 4°-6° a jejich zakončení je vázáno na místa přechodu z příkrého na pozvolný svah, kde sklon klesá pod 3°. Při náhlých prudkých přechodech sklonitosti začíná ronová rýha ronovou mísou v místě počátku většího sklonu. Její velikostní průměr bývá větší než příčný profil dále se vyvíjejícího zářezu *(Pech, 1983).*

b) Stáří tvaru reliéfu, jímž ronová rýha prochází, ovlivňuje její morfometrické charakteristiky, jako jsou například hloubka, šířka a sklon stěn. Starší geomorfologický tvar reliéfu je při stejném sklonu svahu a rovnocenném geologickém podloží náchylnější k zvětrávání hornin *(Pech, 1983)*.

c) Horniny proterozoika, které ve zkoumané oblasti tvoří geologický podklad, zapříčiňují typickou sklonitostní asymetrii svahových zářezů. Sklonová asymetrie reliéfových rýh v proterozoiku je dána především stupněm provrásnění rozličně postavených vrstev břidlic, podle jejichž vrstevních ploch dochází obvykle k zahloubení *(Pech, 1983).* Jako rozhodující vidí i *Pech (1983)* směr a sklon vrstev břidlic. Pokud směr vrstev probíhá šikmo ke svahu nebo napříč svahem, vývoj erozních rýh je asymetrický, zahloubenější s výrazně zaříznutým dnem a jsou odkloněny od spádnice svahu ve směru vrstev. Vznik symetrických strží naopak podporuje uložení vrstev ve směru spádnice *(Pech, 1983)*.

d) Vliv složení, vlastností a mocnosti zvětralinového pláště na vývoj strží se týká především zrnitostního složení a mocnosti zvětralinového pláště *(Pech, 1983).* Horniny lehké až středně těžké snáze propouštějí vodu a tím usnadňují transport mobilnějších částic, uvolněných působením vody po svahu ve směru spádnice, i v hlubších vrstvách svrchních horizontů čímž umožňují vznik

hlubších erozních rýh. V soudržnějších jílnatých horizontech je zabraňováno průsaku dešťové vody, která je nucena k povrchovému odtoku s menší možností eroze *(Pech, 1983)*.

e) V souvislosti s klimatickými podmínkami je nejdůležitějším faktorem množství a hlavně intenzita srážek *(Pech, 1983)*. Dále hraje významnou roli regelace na povrchu země, která je ovlivněna délkou trvání sněhové pokrývky, přízemními mrazíky, expozicí vzhledem k Slunci a převládajícím vzdušným prouděním *(Pech, 1983)*.

Z tohoto vyplývá, že zde panuje skutečně nejednotnost v terminologii, neboť autoři popisují do značné míry shodné útvary, na jejichž vzniku se podílejí ve větší či menší míře oba zmiňované erozní procesy. I dále v práci bude uvažováno o obou možnostech vzniku popisovaných erozních tvarů, jelikož se zde setkáme i s útvary, které *Pech (1983)* popisuje jako ronové mísy, viz výše.

3.2 ELEMENTARIZACE

Elementární formy jsou vymezeny morfometricky na základě podobných hodnot základních morfometrických proměnných faktorů (nadmořská výška, sklon svahu, orientace svahu, křivost atd.) a jejich hranice jsou tvořeny diskontinuitami v hodnotách těchto proměnných faktorů *(Mentlík & Novotná, 2010)*. Tyto útvary však nejsou vymezeny pouze morfometricky, důležitá je také morfogenetická povaha jednotlivých elementárních forem. Původ (vznik) by měl být vysvětlitelný u každé elementární formy *(Mentlík & Novotná, 2010).*

Elementární formy souvisle pokrývají celé zkoumané území a všem je přisuzován stejný význam, což je pro výzkum důležité *(Mentlík, 2006).*

Pokud tyto elementární formy vznikají v časové a příčinné následnosti v rámci téhož geomorfosystému, pak jejich seskupením vznikají tzv. složené formy *(Mentlík, 2006).*

3.3 GMIS JAKO NÁSTROJ GEOMORFOLOGICKÉ ANALÝZY

Geomorfologická analýza je stavěna na předpokladu, že tvar georeliéfu je závislý na probíhajících (minulých i současných) geomorfologických procesech. Analýza georeliéfu pak poskytuje indicie k poznání geomorfologických procesů minulých i současných, které měly podíl na jeho vzniku *(Mentlík, 2006).* Činností geomorfologických procesů jsou utvářena tzv. geomorfologická individua (tradičně tzv. geomorfologické formy), u nichž je možno určit jejich genezi. Těmto individuím jsou přiřazovány atributy, které je mezi sebou rozlišují podle morfologických nebo morfometrických charakteristik, jimiž se odlišují od přilehlého georeliéfu *(Mentlík, 2006).* Samotný postup geomorfologické analýzy v GmIS by mohl být vyjádřen následujícími kroky *(Mentlík, 2006)*:

- **Identifikace** – výstupem je vrstva vymezující zájmové území.
- **Diferenciace**
    - **1. fáze** – jsou vymezovány elementární formy reliéfu dle jejich morfologických a morfometrických charakteristik. Za výstup pro GmIS je považována mapa elementárních forem reliéfu.
    - **2. fáze** – je určena geneze hlavních geomorfologických forem reliéfu, které jsou následně označovány jako primární formy (tedy takové s jasnou genezí). Výstup z GmIS pak představuje primární geomorfologická mapa. U zkoumaného území je tento krok komplikován velkým měřítkem výzkumu. Protože GmIS je zde vytvářen ve velkém detailu, je převažujícím faktorem vedoucím ke vzniku elementárních forem stržová eroze.
    - **3. fáze** – v této fázi je pomocí dokumentačních bodů dále upřesňována geneze elementárních forem *(Mentlík, 2006).* Tento krok je velmi důležitý pro geomorfologickou analýzu na zvolené rozlišovací úrovni. Vymapované projevy recentní aktivity určují další atributy zkoumaných forem.

- **Systematizace** – dochází k rekonstrukci geosystémů nacházejících se v zájmovém území, které jsou sestavovány za pomoci již určených geomorfologických individuí (elementárních forem reliéfu). Na základě prostorových vazeb vůči těmto individuím může být vyvozována geneze dalších forem reliéfu (viz dále kapitola systémová analýza).

3.4 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA

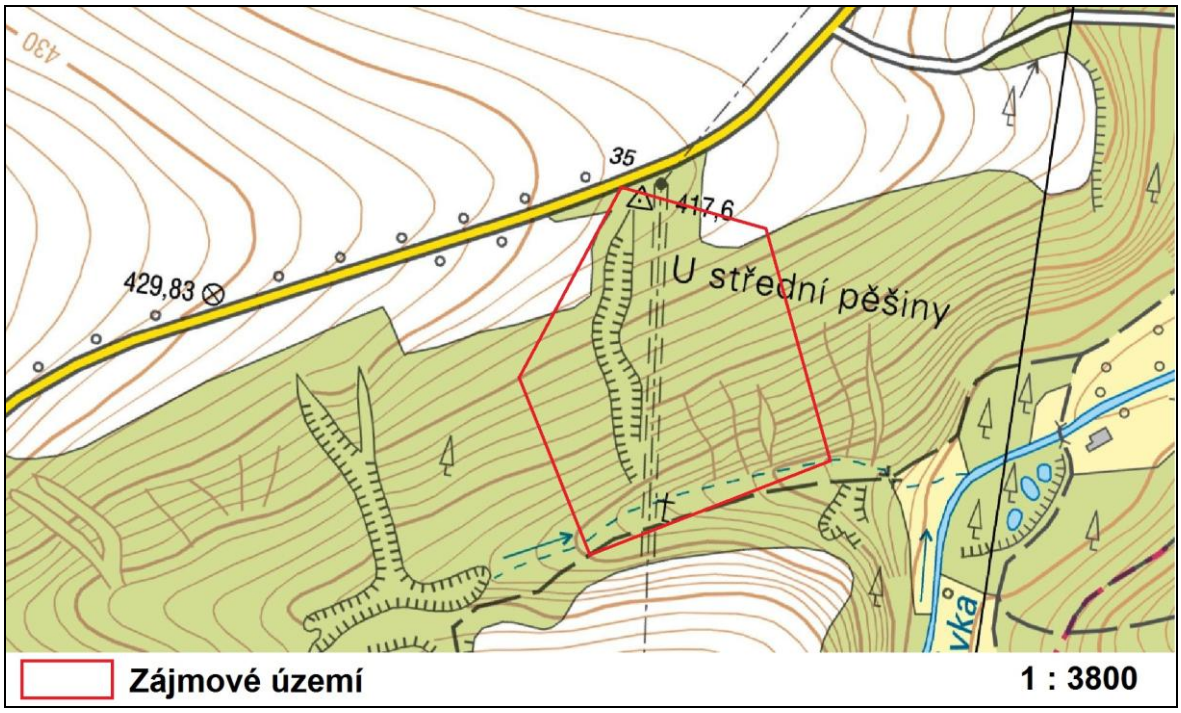
Systémovou analýzu je možno zahájit po procesu diferenciace (viz výše). Pro správný postup při provádění systémové analýzy je nutné přísně dodržovat hierarchické úrovně, jelikož reálná krajina je značně komplikovaná pro pochopení základních procesů a vazeb v jednotlivých geosystémech *(Mentlík, 2010)*. Toto zjednodušení lze provést i díky znalosti povahy konkrétních geomorfologických procesů *(Mentlík, 2010)*. Jako další pravidla pro postup při systémové analýze *Mentlík (2010)* uvádí nutnost zpětné kontrolovatelnosti při převodu částí georeliéfu na prvky systému a postupu od jednodušších ke složitějším systémům.

4 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

4.1 POLOHA

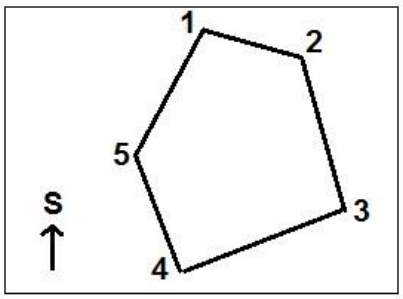
Zájmové území (viz obrázek 4a) je situováno ve svahu ukloněném na jihovýchod, který se nachází ve střední části Stříbrské pahorkatiny přibližně 800 metrů od severního okraje obce Kladruby, v zákrutě silnice II. třídy č. 193 vedoucí z Kladrub do Stříbra. Zájmové území se nachází v katastrálním území Kladruby u Stříbra v severovýchodním rohu mapového listu ZM10 číslo 11-43-25 (číslování dle kladu listů Základních map středních měřítek). Jižní hranici zájmového území představuje potok č. 1-10-01-127 (číslování dle Základní vodohospodářské mapy ČR 1:50000), který je levostranným přítokem Úhlavky. Zbylé hranice zájmového území byly vytyčeny uměle tak, aby zahrnovaly tři zkoumané strže. Souřadnice lomových bodů hranic zájmového území v S-JTSK jsou uvedeny v tabulce 4b. Zájmové území má zhruba tvar pětiúhelníku s obvodem přibližně 826 metrů a plochou 4,53 hektarů. Vzhledem k časové a finanční náročnosti geodetického měření byly mapovány a zkoumány pouze tři určené strže.

Obr. 4a Vymezení zájmového území *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)*



Tab. 4b Souřadnice lomových bodů hranic ZÚ *(vlastní zpracování)*

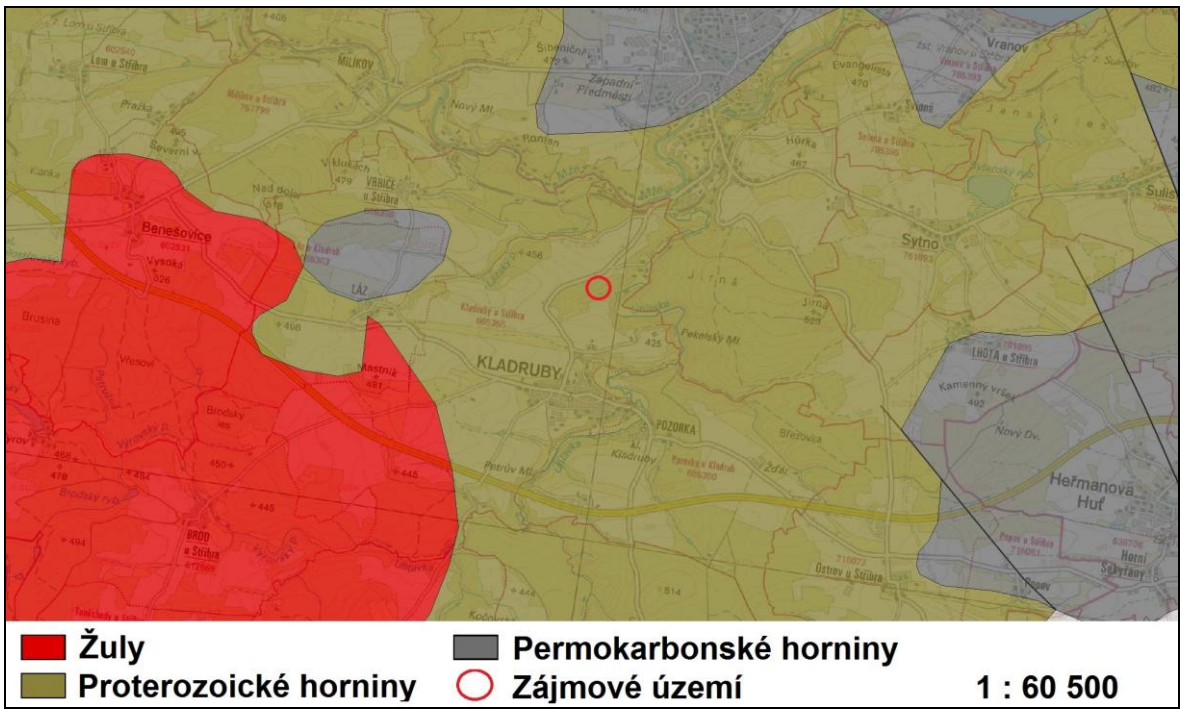
	Y (S-JTSK)	X (S-JTSK)
1	850 797,46	1 067 381,23
2	850 683,65	1 067 413,00
3	850 633,36	1 067 597,39
4	850 819,52	1 067 668,85
5	850 875,98	1 067 529,46



4.2 GEOMORFOLOGIE A GEOLOGIE

Zájmové území se nachází v provincii Česká vysočina, Poberounské soustavě, oblasti Plzeňská pahorkatina, celku Plaská pahorkatina a podcelku Stříbrská pahorkatina *(Národní geoportál INSPIRE, 2012).* Geologické podloží zájmového území je tvořeno proterozoickými fylity s vložkami metadrob, které jsou překryty svahovými hlínami *(Pech, 1983).* Geologická mapa širšího okolí viz obrázek 4c.

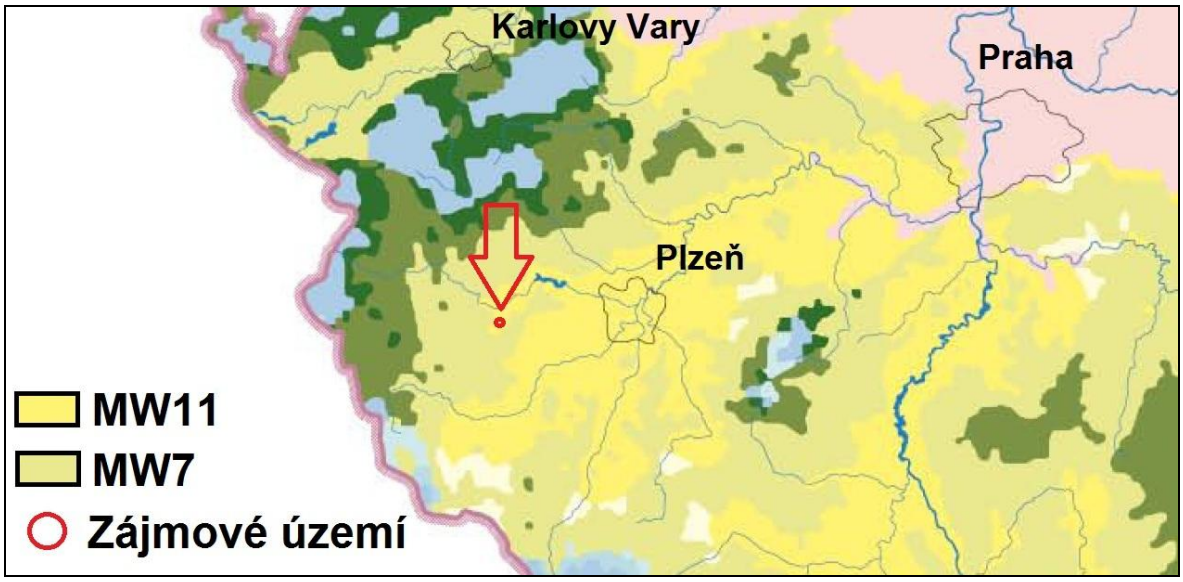
Obr. 4c Geologická mapa *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)*



4.3 KLIMATICKÉ POMĚRY

Podle Quittovy klasifikace se zájmové území rozkládá v oblasti MW11 (viz obrázek 4d), což je oblast mírně teplá *(Tolasz, 2007).* Toto území je specifické následujícími vybranými klimatickými charakteristikami. Počet letních dní je v rozmezí 40 – 50, počet ledových dní 30 – 40, průměrná lednová teplota -2 - -3°C, průměrná červencová teplota 17 - 18°C, průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více 90 – 100, počet dní se sněhovou pokrývkou 50 – 60 *(Tolasz, 2007).*

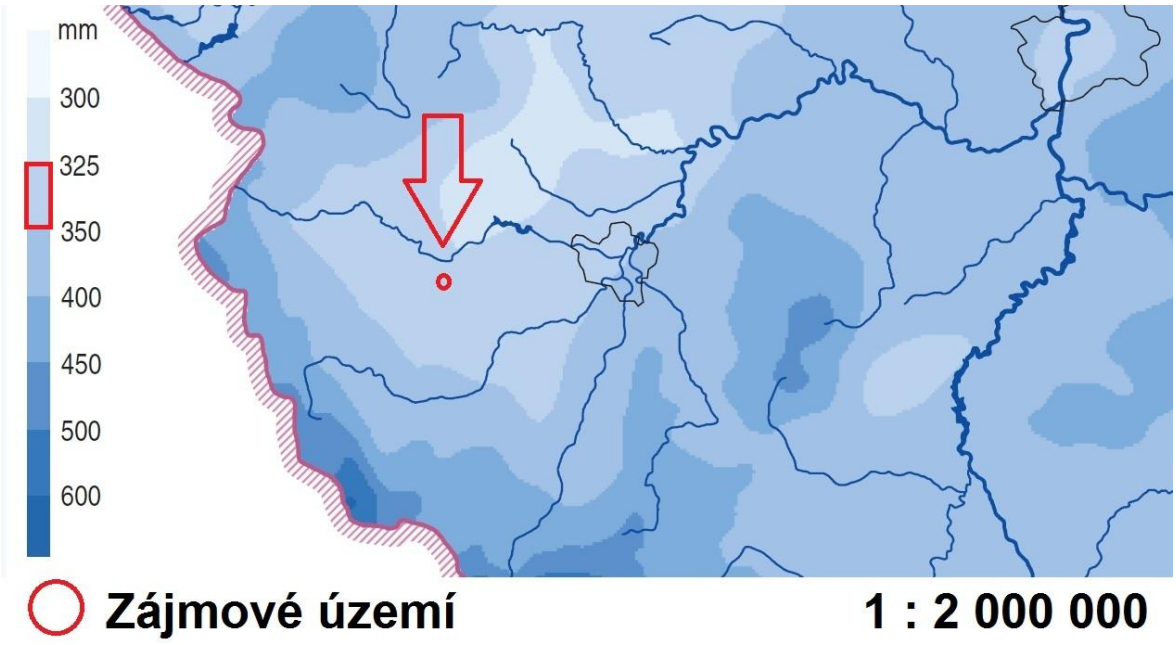
Obr. 4d Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace *(Tolasz, 2007)*



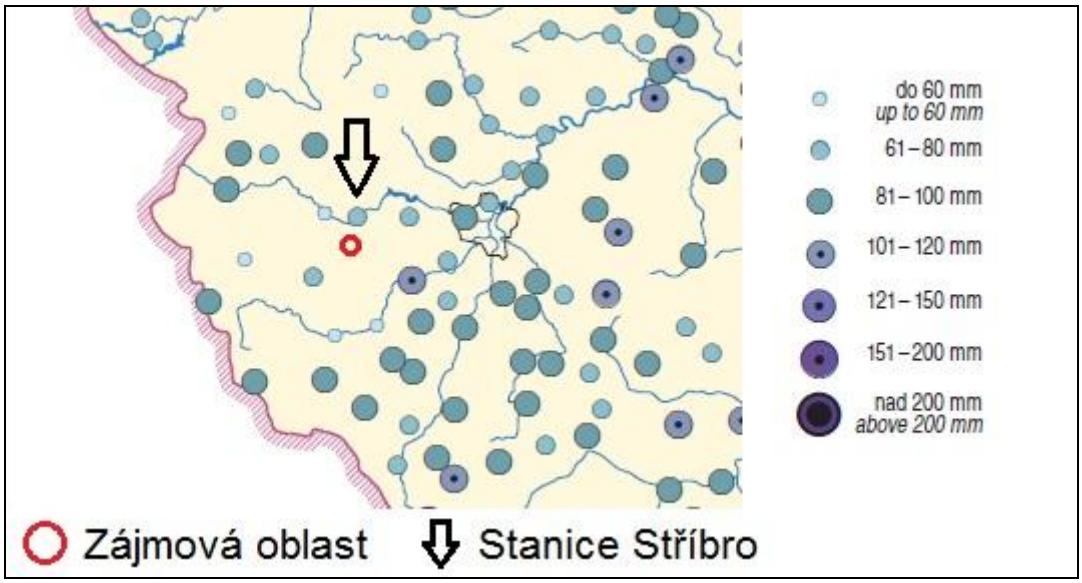
Z hlediska srážek bude důležitější letní polovina roku, jelikož na stržovou erozi v zájmovém území mají zřejmě větší vliv srážky dešťové. *Stankoviansky (2003)* sice uvažuje náhlé tání sněhu za faktor ovlivňující vznik a vývoj strží, ale v zájmovém území k nikterak náhlému jarnímu tání nedochází. Většina klimatických charakteristik týkajících se sněhu zde dosahuje nízkých hodnot *(Tolasz, 2007).* Od dubna do září spadne v oblasti zájmového území 325 – 350 milimetrů srážek (viz obrázek 4e) z celkových ročních 450 – 500 milimetrů *(Tolasz, 2007).* Jelikož se vznik a vývoj strží váže taktéž na extrémní srážkové události, může být přínosné zaměřit se jednodenní, dvoudenní a třídenní absolutní maxima srážek *(Stankoviansky, 2003).* Z obrázku 4f je patrné, že se jednodenní

absolutní srážková maxima zachycená měřící stanicí ve Stříbře pohybují v rozmezí 61 – 80 mm *(Tolasz, 2007).* V případě dvoudenních maxim se jedná o hodnoty do 80mm, viz obrázek 4g *(Tolasz, 2007).* Hodnoty byly vyčísleny z nejméně třicetileté řady pozorování *(Tolasz, 2007).* Tyto hodnoty sice patří mezi ty nejnižší měřené, ale nemusí být rozhodující. Silné přívalové deště mívají často lokální charakter a sítí měřících stanic, kterých je po České republice nepravidelně rozmístěno jen 570, nemusí být vůbec zaznamenány *(Tolasz, 2007).* Měřící stanice ve Stříbře je od zájmového území vzdálena vzdušnou čarou přibližně 4 kilometry.

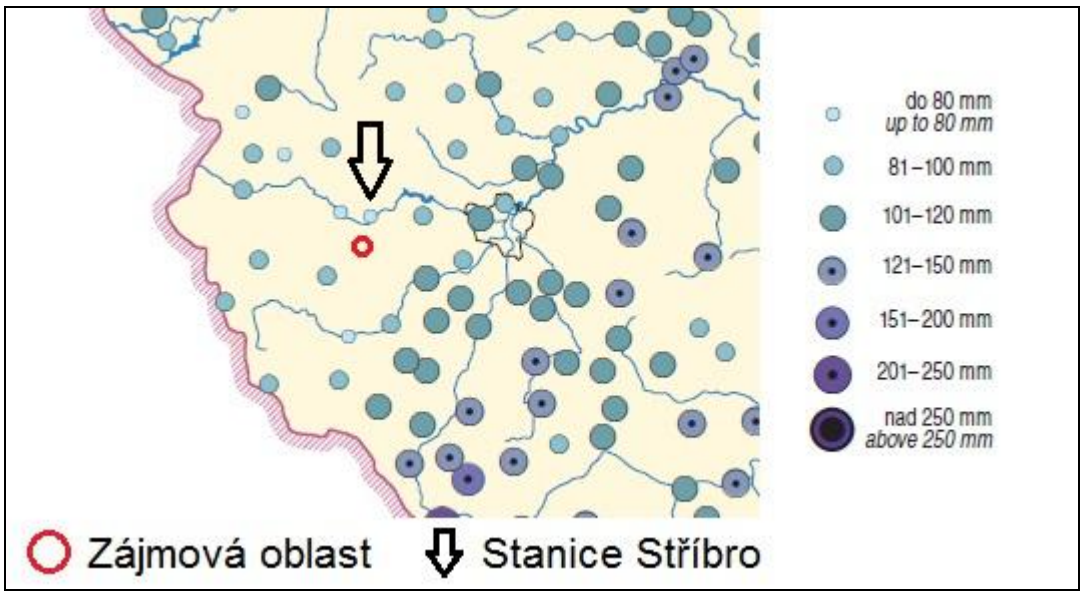
Obr. 4e Průměrný úhrn srážek v letním půlroce *(Tolasz, 2007)*



Obr. 4f Jednodenní absolutní srážková maxima *(Tolasz, 2007)*



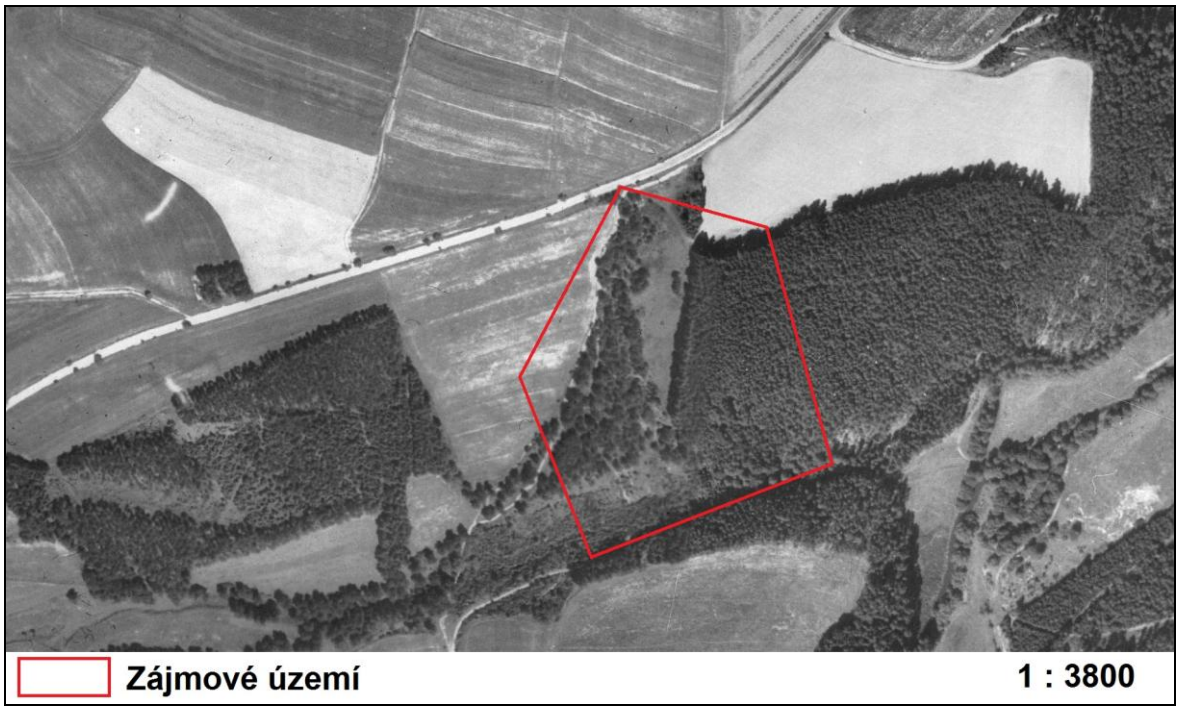
Obr. 4g Dvoudenní absolutní srážková maxima *(Tolasz, 2007)*



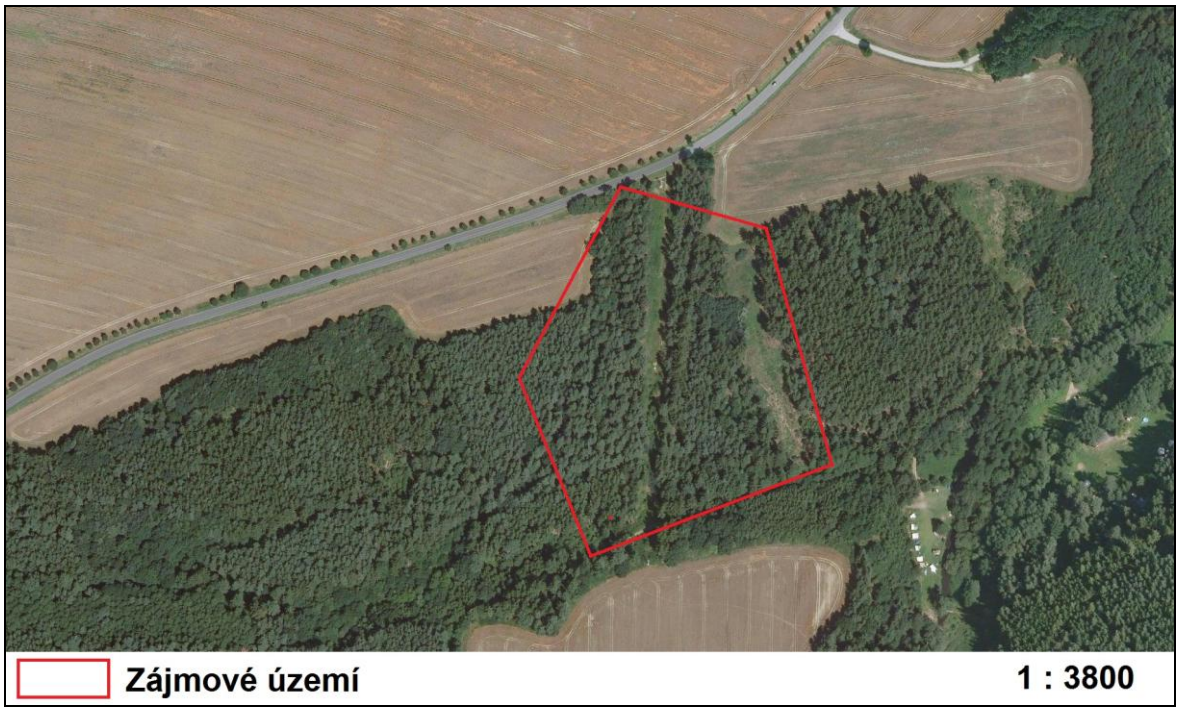
4.4 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ V ČASE

Z historické ortofotomapy dostupné na Národním geoportálu INSPIRE, která pochází z 50. let 20. století, je patrné, že okolí zájmového území bylo intenzivně zemědělsky využíváno a struktura krajiny byla viditelně fragmentovaná. Na tomto snímku (viz obrázek 4e) jsou viditelné četné polní cesty a remízy, které dělí svah nad zájmovým územím na menší celky, což je velmi výhodné pro utlumení svahové erozní činnosti. Aktuální ortofotomapy dostupné na Národním geoportálu INSPIRE však zobrazují již viditelně změněnou krajinu (viz obrázek 4f). Denudační svah nevykazuje téměř žádnou fragmentaci, což může mít za následky akceleraci svahových erozních procesů. Jediné zachované protierozní opatření, které je ze snímků patrné, je orba půdy ve směru vrstevnic. Vliv tohoto svahu na procesy probíhající v zájmovém území však není uvažován, jelikož je přerušen silnicí č. 193 z Kladrub do Stříbra. Drobnou, ale viditelnou změnou prošlo i samotné zájmové území. Zejména v jeho severo-západní části lze z obrázků 4e a 4f vypozorovat současnou vyšší míru zalesnění oproti stavu z poloviny 20. století. Vyšší míra zalesnění může mít i vliv na omezení erozních účinků, které jsou v lese nižší než na zemědělsky využívaném území *(Stankoviansky, 2003).*

Obr. 4e Historická ortofotomapa okolí zájmového území z 50. Let 20. Století *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)*



Obr. 4f Současná ortofotomapa okolí zájmového území *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)*



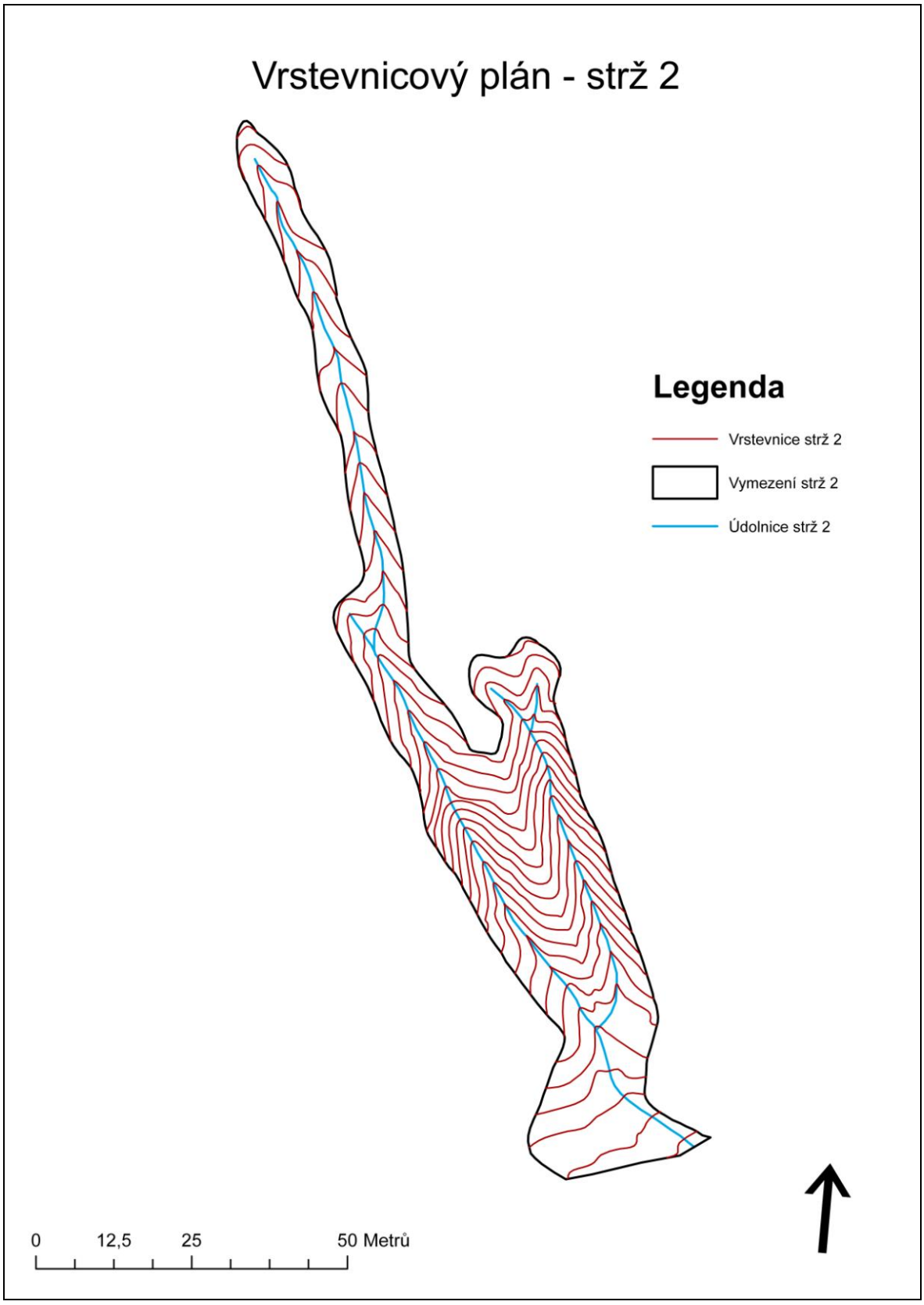
5 POUŽITÉ METODY

5.1 GEODETICKÉ MĚŘENÍ, VÝPOČETNÍ A ZOBRAZOVACÍ PRÁCE

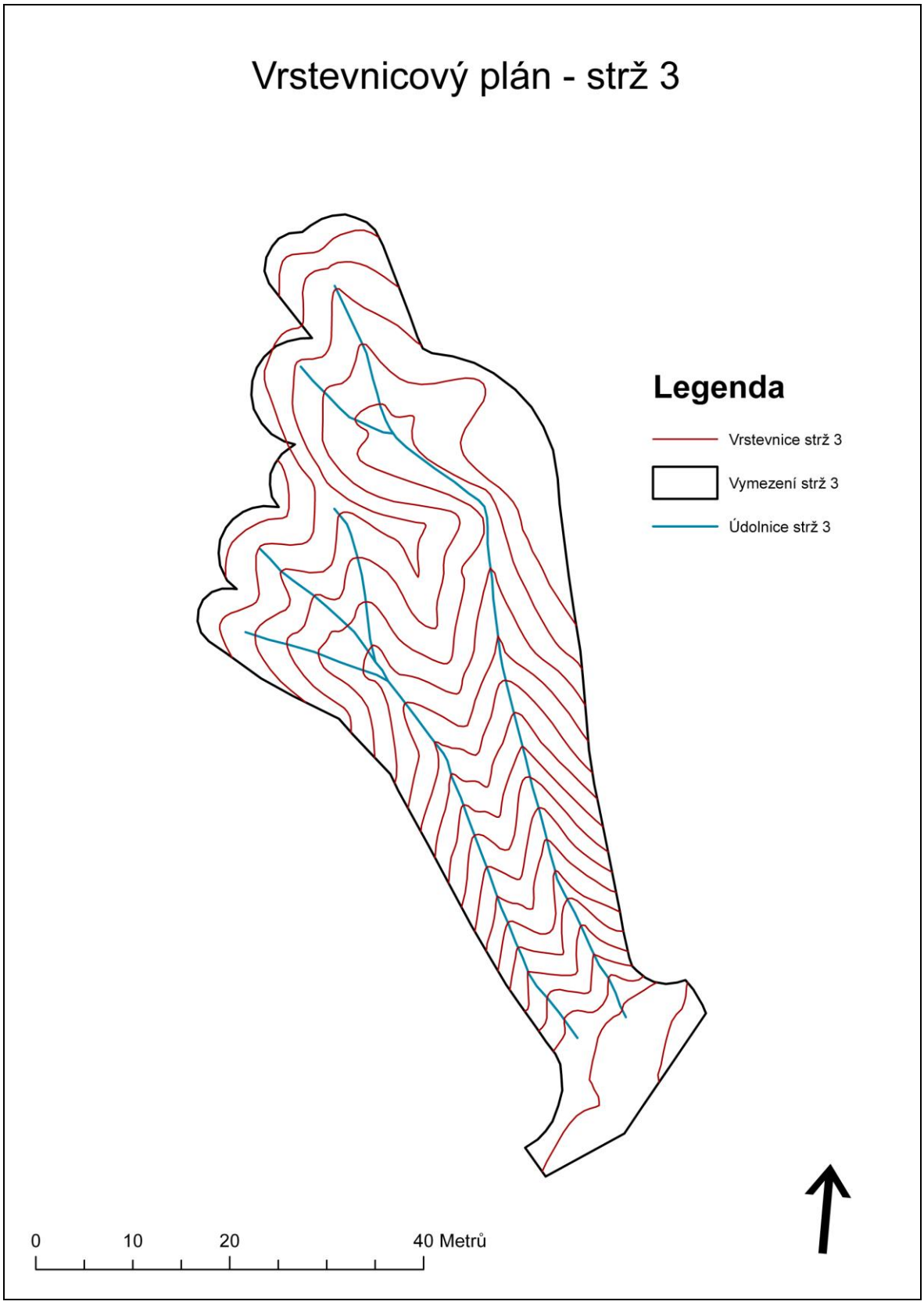
Geodetické měření probíhalo v listopadu a prosinci 2011 v lesním svažitém terénu bez sněhové pokrývky totální stanicí SOKKIA SET230RK3. Geodetická síť byla v zájmovém území vytvořena pomocí vetknutých jednostranně orientovaných polygonových pořadů. Základní metodou užívanou pro souřadnicové výpočty je rajón, který díky úhlům a délkám určuje polohu bodu tzv. polárními souřadnicemi *(Mašín, 1979).* V polygonových pořadech se měří úhly a vzdálenosti na všech vrcholech (včetně připojovacích a orientačních bodů v závislosti na druhu pořadu) a tím tvoří v podstatě řetězec na sebe napojených rajónů *(Mašín, 1979).* Pro potřeby mapování strží byly využity tři vetknuté jednostranně orientované polygonové pořady, které jsou orientovány pouze v počátečním bodě, ale souřadnicově připojeny v počátečním i koncovém bodě *(Mašín, 1979).* Jižní cípy polygonových pořadů byly připojeny na bod podrobného bodového pole polohového číslo 579 a severní cípy na trigonometrický bod číslo 35 s úhlovou orientací na věž kladrubského kostela (trigonometrický bod číslo 21, kat. úz. Stříbro) *(Zeměměřický úřad, 2012)*. Podrobné body byly měřeny polární metodou, tzn. polohově i výškově z bodů polygonových pořadů s orientací vždy na předešlé a následující stanovisko *(Mašín, 1979)*. Podrobné body jsou rozmístěny na charakteristických liniích strží a na příčných profilech s rozestupem přiměřeným zobrazovacímu měřítku a možnostem v poměrně členitém a díky vegetaci místy těžko přístupném terénu.

Výpočetní a zobrazovací práce byly provedeny v programu GEUS verze 16.0. Souřadnice bodů polygonových pořadů byly vypočteny pomocí funkce Výpočet polygonových pořadů při dodržení všech přípustných odchylek. Pro zobrazení podrobných bodů a charakteristických linií, následnou lineární interpolaci výšek (funkce Interpolace výšek) a tvorbu vrstevnic se jako nejvýhodnější jevilo měřítko 1:300. Vrstevnice byly zobrazeny v metrovém intervalu pro strže 2 a 3 viz obrázek 5a, 5b. Strž 1 má znatelně ostřejší průběh a pro přehlednost zobrazení bylo nutné přistoupit ke generalizaci na dvoumetrové vrstevnicové intervaly viz obrázek 5c.

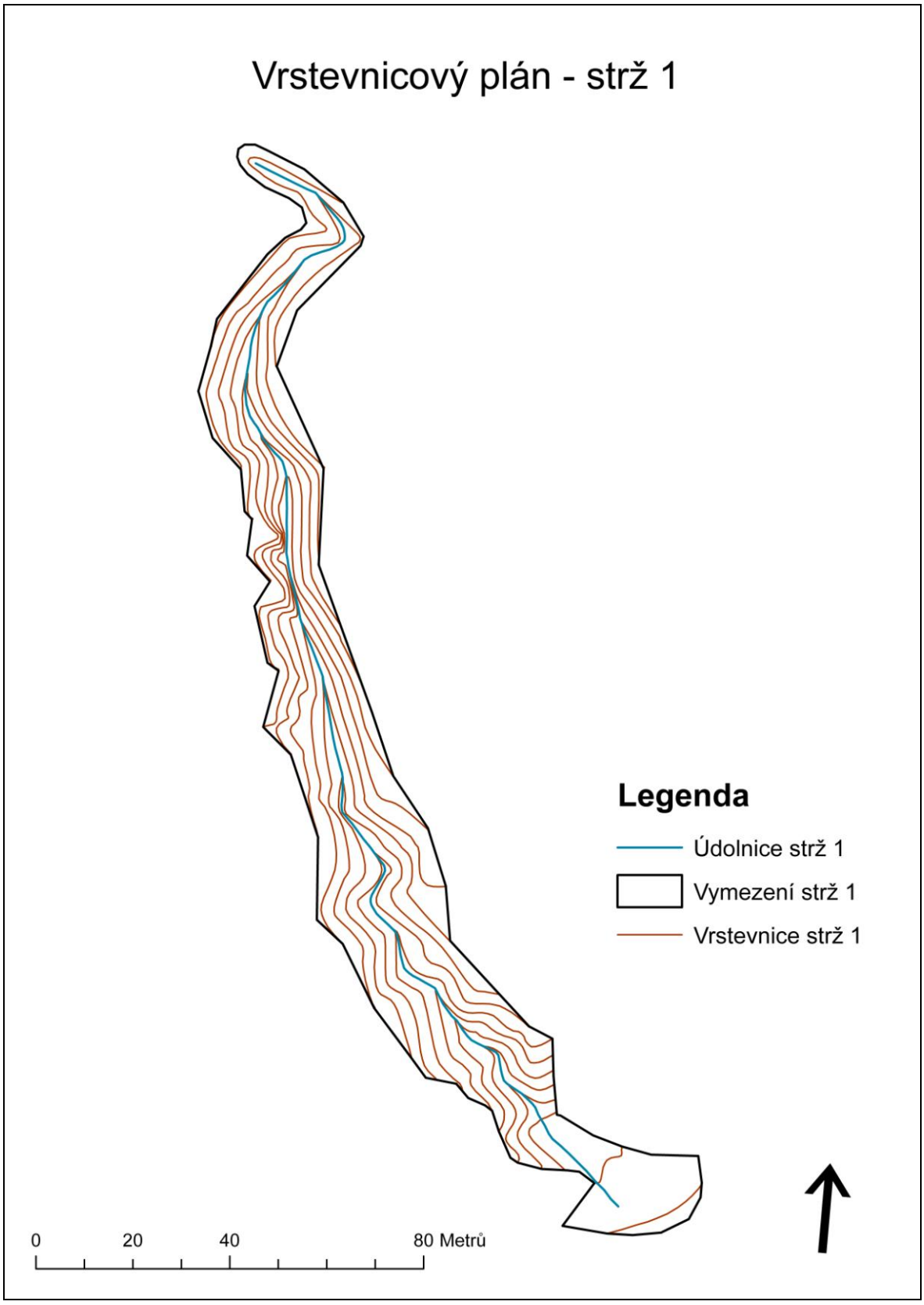
Obr. 5a Vrstevnicový plán – strž 2 *(vlastní zpracování)*



Obr. 5b Vrstevnicový plán – strž 3 *(vlastní zpracování)*



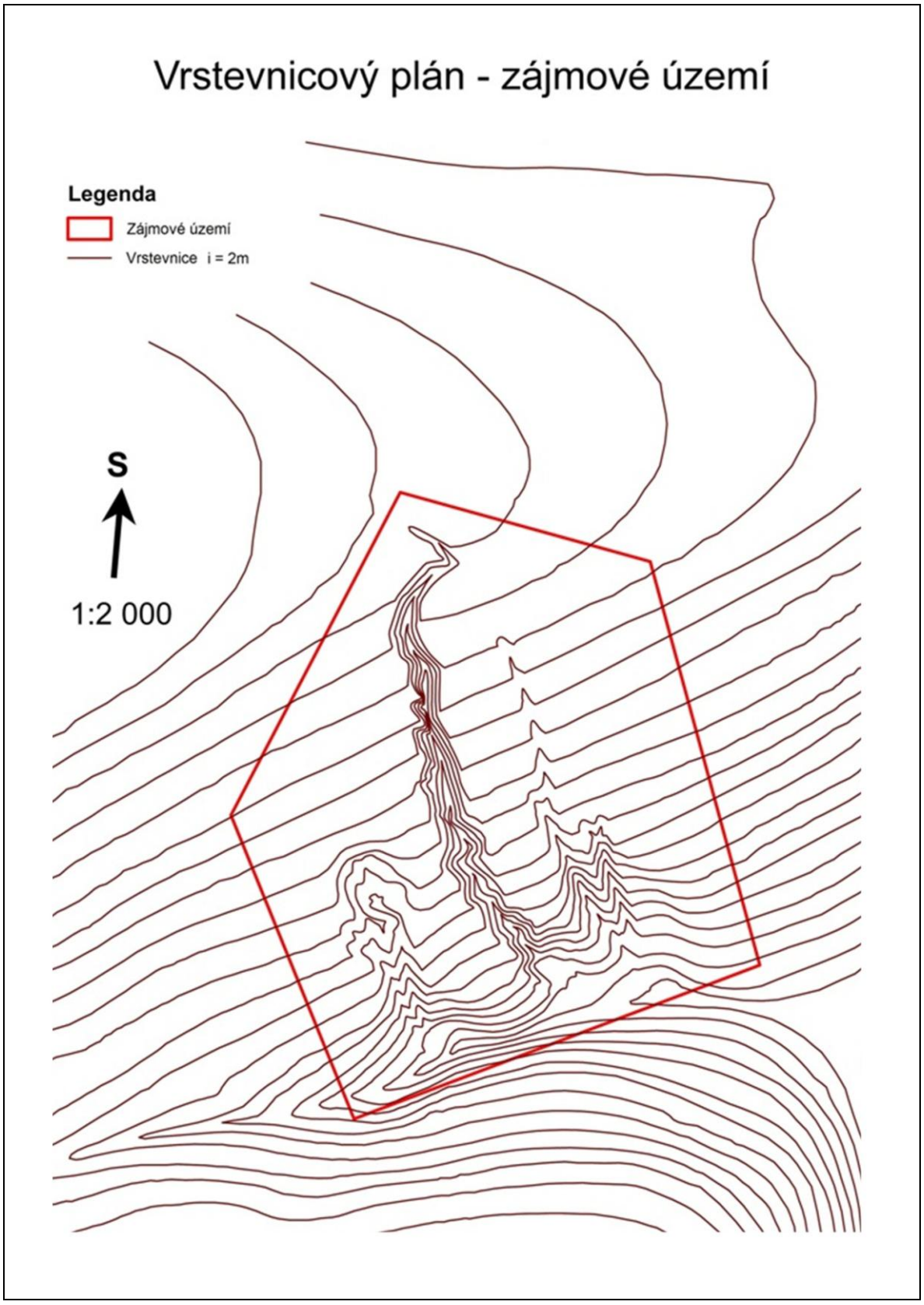
Obr. 5c Vrstevnicový plán – strž 1 *(vlastní zpracování)*



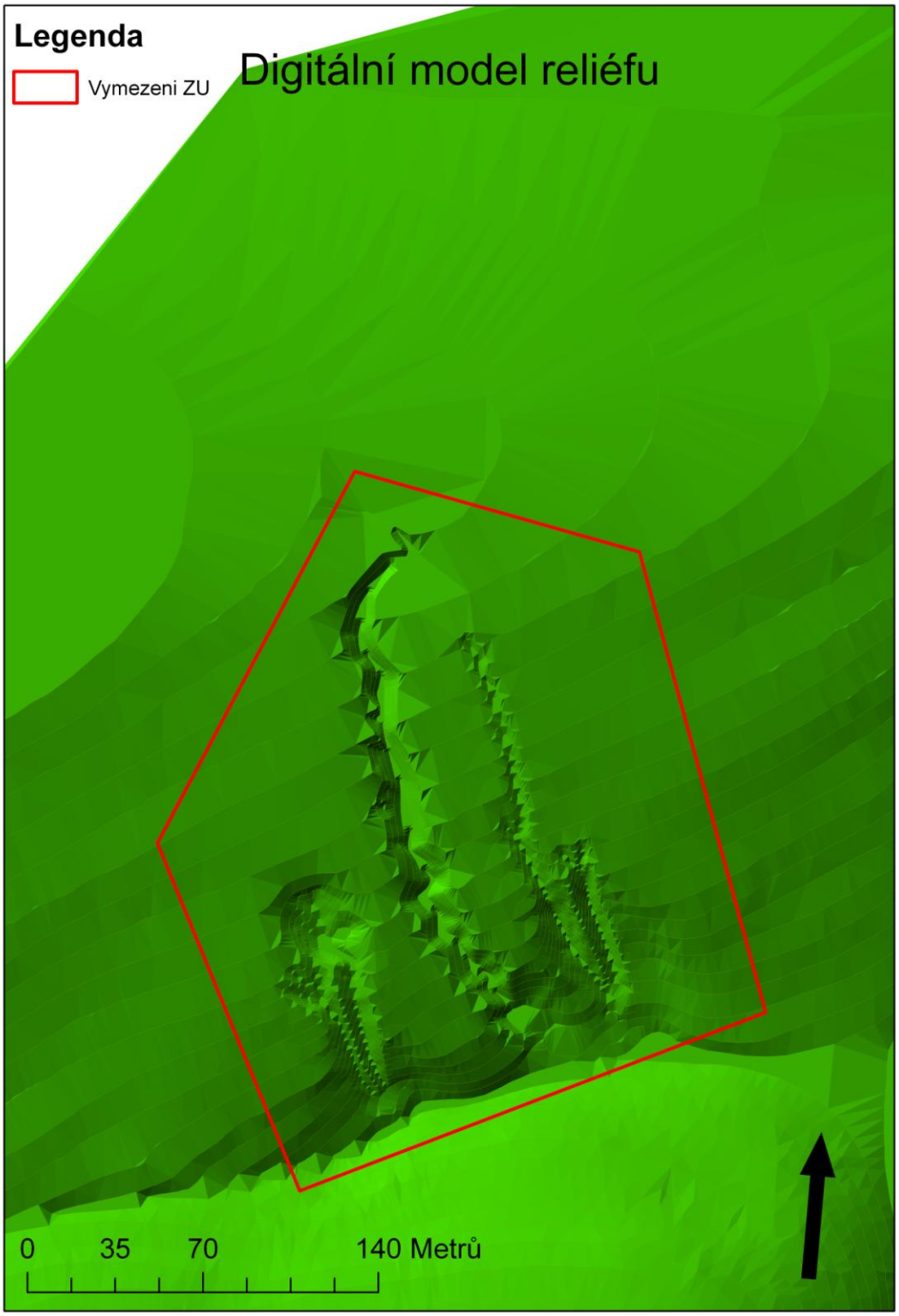
5.2 TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU

DMR (taktéž Digitální model terénu – DMT) je dle Terminologického slovníku zeměměřictví a katastru nemovitostí definován jako: „Digitální reprezentace zemského povrchu v paměti počítače, složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje mj. odvozovat výšky mezilehlých bodů.“ *(Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, 2012).* DMR byl vytvořen v prostředí ArcGIS 9.3. Vstupní data byla získána ze ZABAGED® (data pro zpracování práce zapůjčil Zeměměřický úřad) ve formě mřížky se stranou čtverce dlouhou 10 m. Z mřížky ve formátu *.shp byl vytvořen digitální model zájmového území (vstup jako masspoints). Pro další analýzu strží je bylo nutné správně „napasovat“ do již vytvořeného digitálního modelu tak, aby byly zachovány jejich proporce, morfometrické charakteristiky a zejména kontury horních hran. Pro tyto účely bylo nejvýhodnější vytvořit vrstevnice zájmového území a šetrně je napojit na již vytvořené vrstevnice všech strží. Vrstevnicový plán zájmového území viz obrázek 5d. Vrstevnice zájmového území byly vektorizovány jako polyline na podkladu modelu zájmového území, který byl barevně rozčleněn do výškových kategorií v intervalech 2 m tak, aby odpovídaly výškovým intervalům vrstevnic strží. Vrstevnice byly tedy vedeny po hranicích barevného výškového rozčlenění vždy po celých sudých hodnotách a v místech strží se šetrně napojují a kopírují vrstevnice. Tímto postupem vzniklo kompletní vrstevnicové téma zájmového území včetně strží ve formátu *.shp. Vrstevnice s dvoumetrovým intervalem jsou dostačující pro modelování pouze strže č. 1, která má mnohem výraznější průběh (rozestupy vrstevnic jsou malé, což zhorší čitelnost mapy). Pro následné přesné modelování strží 2 a 3, které vykazují znatelně mírnější průběh (větší rozestupy vrstevnic), bylo potřeba vytvořit ještě pomocné vrstevnice, které by doplnily ty hlavní. Vznikla tedy vrstva (*.shp) pomocných vrstevnic, které kopírovaly celé liché vrstevnice strží 2 a 3. Pomocné vrstevnice nebyly vedeny celým zájmovým územím. Na hranici zájmového území byly ukončeny za horními hranami strží tak, aby tyto hrany byly kompletně zachyceny. Pro tvorbu finálního digitálního modelu reliéfu zájmového území, který slouží jako hlavní součást pro zpracování GmIS, byly využity vrstvy vrstevnic zájmového území a pomocných vrstevnic strží 2 a 3, které vstupovaly jako softline.

Obr. 5d Vrstevnicový plán zájmového území *(vlastní zpracování)*



Obr. 5e Digitální model reliéfu (DMR) *(vlastní zpracování)*



5.3 TVORBA GEOMORFOLOGICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU

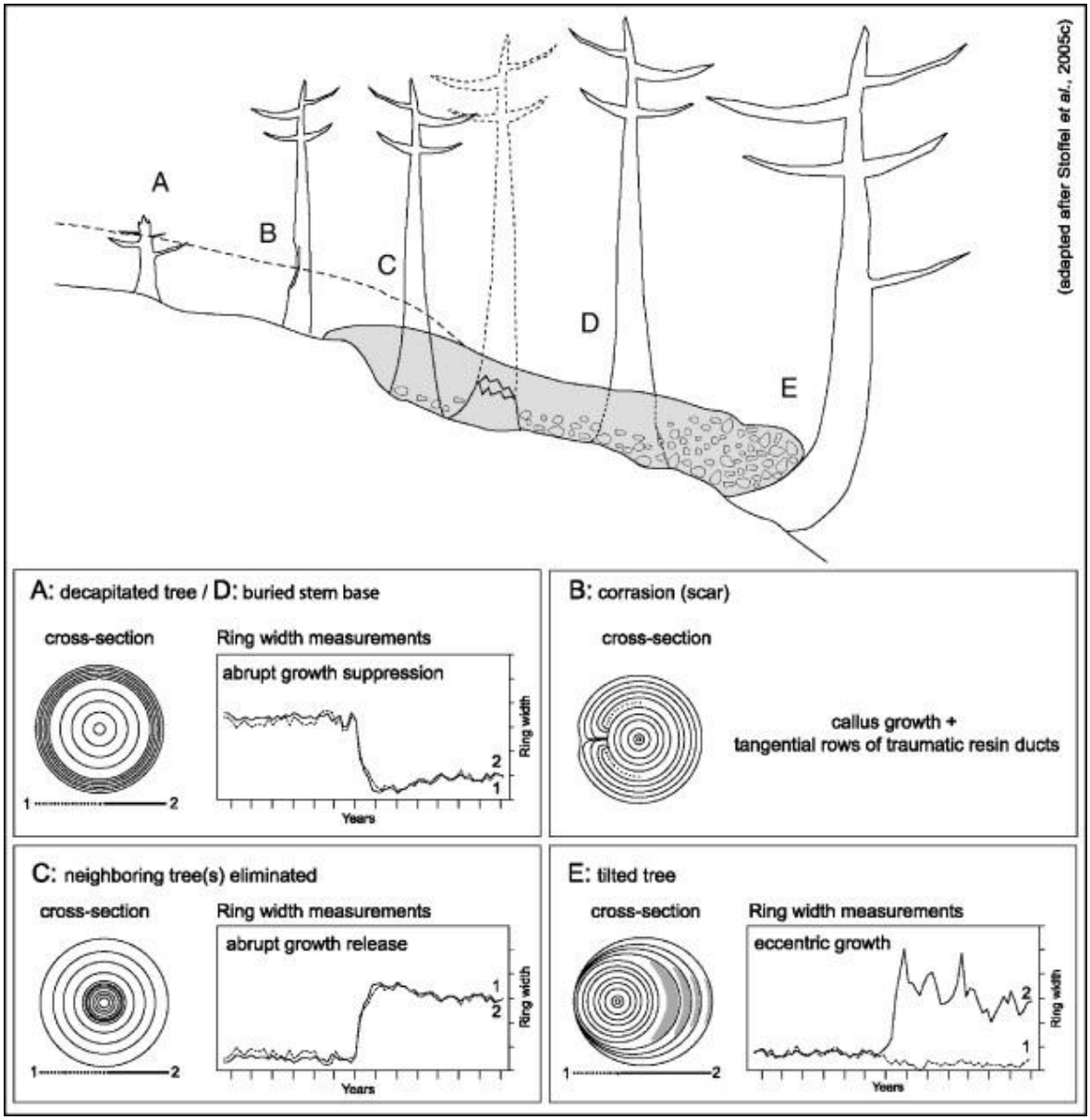
Jako základ pro tvorbu GmIS byla použita vrstva elementárních forem a rastrová reprezentace zkoumané strže vytvořená funkcí Topotoraster. Analýza morfometricko-morfografických charakteristik proběhla za pomoci funkce Zonal statistics. Zonální statistika vypočítá statistiku pro každou zónu v pásmu datové sady na základě hodnot z jiné sady *(ESRI, 2012).* Jako výstup vznikla atributová tabulka s následujícími hodnotami pro jednotlivé elementární formy (zóny): area, min, max, range, mean, std a sum.

- AREA – rozloha elementární formy (zóny)
- MIN – minimální sklon svahu resp. minimální nadmořská výška dané EF
- MAX – maximální nadmořská výška resp. max. nadmořská výška dané EF
- RANGE – rozptyl hodnot sklonu svahu resp. nadmořských výšek dané EF, Range = Max – Min
- MEAN – střední sklon svahu resp. střední nadmořská výška dané EF
- STD – směrodatná odchylka hodnot
- SUM – součet hodnot všech buněk, které jsou obsaženy v dané EF

5.4 SLEDOVÁNÍ ROZŠIŘOVÁNÍ STRŽE 1

Rozšiřování strže bylo sledováno na pařezu smrku ztepilého (*Picea abies*), který nebyl dle odhadu pokácen dříve než před pěti lety (viz obr. 6c). Pokud se kmen jehličnatých stromů začne naklánět, pak je náklon stromu kompenzován vyšším tempem přirůstání dřevní hmoty na straně náklonu a to se projeví vyšší šířkou letokruhů viz obr. 5f. Tento jev ve své práci popisuje *Bollschweiler a kol. (2007)*, kde jsou jako příčiny náklonu jehličnatých stromů (*Larix decidua*, *Picea abys*) uvažovány úlomkotoky, které svou masou tlačí na spodní část kmenů.

Obr. 5f Reakce stromů na působení úlomkotoků *(Bollschweiler a kol. 2007)*



6 STRŽ 1

První zkoumaná strž (viz obrázek 5c) je totožná se strží, kterou ve své práci popisuje *Pech (1983).* Leží mezi zbylými dvěma stržemi. Geologické podloží tvoří svahové hlíny ležící na proterozoických fylitech s vložkami metadrob *(Pech, 1983).* Její délka je přibližně 250 metrů, šířka zhruba v polovině délky se pohybuje okolo 16 metrů a maximální hloubka přibližně 8 metrů, viz obr. 6a. *Pech (1983)* tuto strž popisuje jako přibližně 200 metrů dlouhou (kvůli hustému keřovitému porostu na okraji však nebyl schopen přesného měření délky), v místě měření zjistil šířku 14 metrů, což uvádí i jako hodnotu průměrné šířky. Přesné místo měření šířky však nebylo blíže specifikováno a je tedy nedohledatelné a měření nemá vysokou vypovídací hodnotu. V místě měření šířky měřil *Pech (1983)* i hloubku strže, která činila 8 metrů, což přibližně odpovídá i současné maximální hloubce.

Zvodnělost strže je zřejmě nepravidelná, závislá na množství vody, která je do ní dodávána ze srážek a tajícího sněhu. Na konci března 2012 zvodnění začínalo přibližně 25 metrů nad ústím strže. Na úpatí svahu se pod ústím strže hromadí transportovaný materiál, který tvoří akumulační kužel dlouhý přibližně 25 metrů a široký maximálně 20 metrů.

Morfologický systém je tvořen strží a přilehlou akumulační oblastí (akumulačním kuželem). Jako základní procesy působící v systému můžeme označit plošný splach, gravitační procesy (opady, odtrhy), transport a sedimentaci zejména v akumulačním kuželu. Plošný splach je nejdůležitějším faktorem, jelikož za daných okolností způsobuje ronovou erozi, která je původcem vzniku reliéfových rýh, mezi které se řadí právě strže *(Pech, 1983)*. Plošným splachem je samozřejmě do systému přiváděna voda, která má kromě svých erozních účinků také zásadní úlohu transportního média. Gravitační procesy reprezentují opady a odtrhy materiálu především v partiích horních hran strží, přičemž vyšší aktivita těchto procesů byla zjištěna na západní hraně strže, viz obr. 6b. Po opadech a odtrzích zůstávají stěny strže místy kolmé až převislé. Odtržený materiál se hromadí na dně strže a odtud je jeho část transportována vodou do akumulační oblasti. Aktivita výše zmiňovaných procesů je závislá na místě, ve kterém působí.

6.1 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA

U sledované strže je možné vymezit čtyři základní morfologické části:

1) Mělká část bez hlavního směru – jedná se o prvních asi 75 m strže. Hloubka zde dosahuje maximálně 6 m. Projevy současné aktivity (deformované stromy), jsou vázány na místo, kde strž výrazně mění směr. Morfologické projevy nebyly zaznamenány.

2) Středně hluboká část strže s lineárním průběhem – tato část strže začíná na ~75 a končí na ~165m strže. Její šířka se zde pohybuje mezi 17 - 19 m. Na svazích se projevují jak projevy lineární eroze (menší strže), tak v horních částech svahů četné nátrže. Přítomny jsou bahenní proudy, zjištěn byl současný opad úlomků. Maxima sklonů svahů zde dosahují nejvyšších hodnot (často se pohybují v rozmezí 45 - 60°).

3) Hluboká část strže po změně směru strže – strž v této části dosahuje největších hloubek. Je (z velké části) stabilně protékaná. Na dně a ve spodních částech stěn výrazně vystupuje skalní podloží, jehož foliace a další strukturní predispozice zřejmě určují změnu směru strže. Projevy současné aktivity na svazích jsou méně výrazné než u předchozí části.

4) Výplavový kužel – rozkládá se pod ústím strže a dochází na něm k akumulaci materiálu, který je protékáním vyplavován ze strže. Unášecí síla vody je zde taková, že stačí k transportu klastů o velikosti cca 2 cm. Pokud je do strže dodáváno dostatečné množství vody, protékání dosáhne až do přilehlého potoka.

6.1.1 SYSTÉM PROCESŮ

Geomorfologické procesy ve strži působí v tzv. kaskádovém systému, což znamená, že přenos materiálu probíhá směrem ze svahu dolů. Na stěnách a hranách strže dochází k opadu materiálu, který se hromadí na dně strže. Tento materiál je pak transportován tekoucí vodou a tím obrušuje dno strže, čímž působí hloubkovou erozi.

6.1.2 SYSTÉM PROCESŮ S ODEZVOU

Příkladem může být vztah mezi hloubkovou erozí, která probíhá na dně strže, a gravitačními procesy (odtrhem a opadem úlomků z horních hran a stěn strže), kterými se strž rozšiřuje. Tekoucí voda na dně strže unáší opadané úlomky, které dno obrušují a tím prohlubují. Prohlubováním strže se zvyšuje sklon jejích stěn a ty jsou pak více náchylné na výše zmiňované gravitační procesy. Tento koloběh tvoří pozitivní zpětnou vazbu, která způsobuje nestabilitu geomorfologických systémů.

6.2 PROJEVY SOUČASNÉ GEOMORFOLOGICKÉ AKTIVITY

Strž vykazuje zvýšenou aktivitu recentních geomorfologických procesů, které jsou zřejmě nejvíce patrné na stěnách strží a jejich horních hranách, viz obr. 6c. Na stěnách se jedná o bahenní proudy, výchozy skalního podloží, na kterém dochází k opadávání skalních úlomků a malé fluviální zářezy. Na horních hranách, které jsou ostré, se aktivita projevuje v podobě odtrhů a opadu úlomků. Současná aktivita strže je zřejmá také v horní části, kde byl ve strži nalezen žulový patník, který s ostatními patníky tvořil linii nad horní hranou strže a vlivem jejího rozšiřování se vyvrátil. Aktivita horních hran strže, resp. její rozšiřování do stran je taktéž patrná na borovicích (jejichž stáří bylo odhadnuto na 50 – 60 let), které jsou nuceny vyrovnávat úbytek materiálu způsobený rozšiřováním strží. Rychlost rozšiřování ovšem není tak velká, aby se borovice neprodleně vyvrátily, ale dává jim čas náklon vyrovnávat – pokroucení je patrné maximálně do výšky 1 metru nad zemí a dále již rostou znovu vzpřímeně. Poloha nejvýrazněji zdeformovaných borovic je zaznamenána na obr. 6c, přičemž byly do mapy zaneseny odhadem na základě terénního šetření.

Z pařezu zkoumaného smrku je zřejmé, že prvních 18 let rostl strom bez viditelného vlivu strže, jelikož letokruhy mají stejné intervaly (přibližně 1 mm). Po zhruba 18 letech růstu smrku se strž rozšířila a její hrana se dostala do takové vzdálenosti od stromu, že ten začal reagovat na možné ohrožení tím, že po následujících 9 let zvýšil tempo přirůstání dřevní hmoty na straně ke strži. V tomto období byl interval mezi letokruhy cca 2 mm za rok. Po uplynutí tohoto (druhého) období přichází třetí období, které je nejdelší a zvýšené tempo přirůstání dřevní hmoty je ještě patrnější. Třetí období

trvá přibližně 30 let a je charakterizováno 3 – 5mm rozestupy mezi letokruhy, z čehož lze usuzovat, že v průběhu právě tohoto období se hrana strže posunula do bezprostřední blízkosti stromu. Průřez stromem viz obrázek 6d.

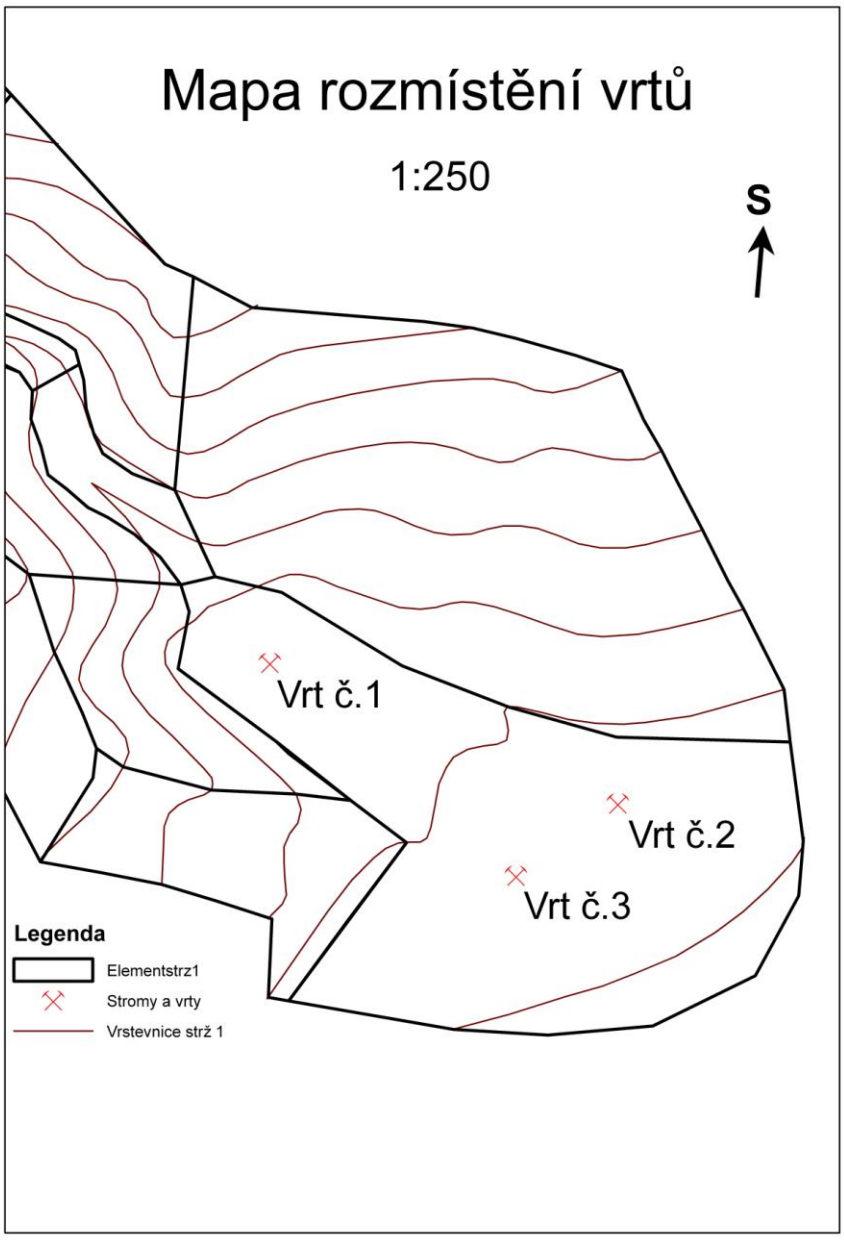
Pro odhad dynamiky transportních a akumulačních procesů byly na akumulačním kuželu provedeny tři vpichovací sondy, všechny o hloubce 1 m. Sonda č. 1 byla provedena zhruba 4 metry pod ústím strže a sondy č. 2 a 3 byly provedeny v dolní polovině akumulačního kužele. Rozmístění sond viz obrázek 6a.

Ve sondě č. 1 byly až do hloubky 55cm objeveny hlinito-písčité sedimenty bez organických příměsí s obsahem štěrku 50 – 60% a klastů o velikosti zrna 1 - 1,5 cm. Pod tímto horizontem byla zjištěna světlá písčitá poloha bez příměsi organického materiálu se sníženým obsahem štěrku, která sahala do hloubky 80cm. Zbylých 20 cm tvořil stejný materiál jako v případě první vrstvy.

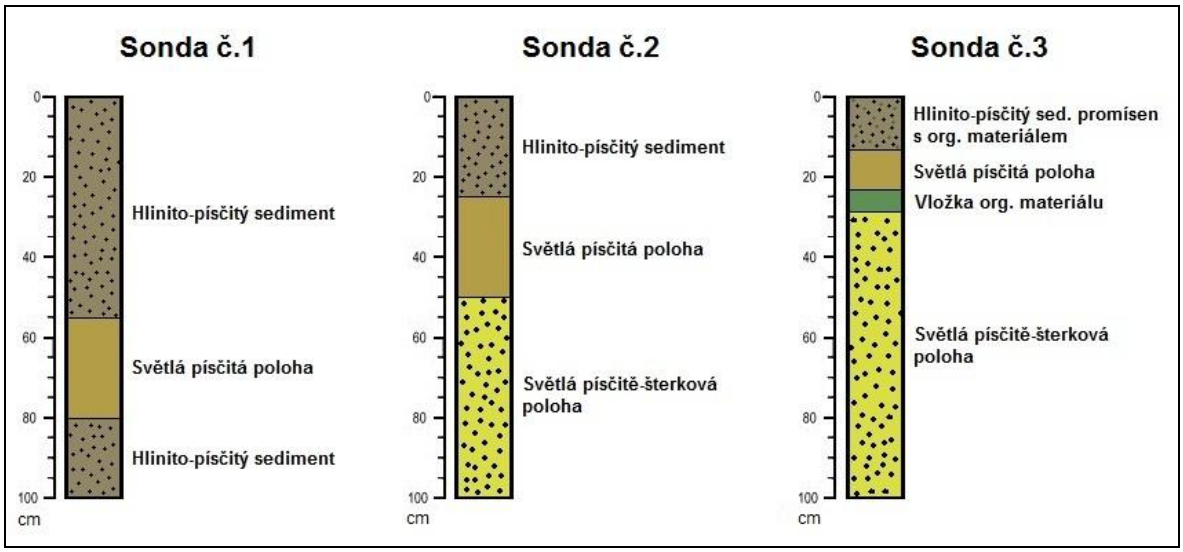
První vrstvu sondy č. 2 tvořil stejný materiál jako v případě sondy č. 1, tedy hlinito-písčité sedimenty. Oproti vrtu č. 1 však sahá první vrstva do nižší hloubky, konkrétně do hloubky 25cm. Druhá vrstva je taktéž shodná s druhou vrstvou 1. vrtu, dokonce má stejnou mocnost, ale leží mezi 25 – 50cm pod povrchem, což znamená, že je uložena znatelně výše, než je tomu u vrtu č. 1. V hloubce 50 – 100cm byla objevena světlá písčitě-hlinitá poloha s klasty s velikostí zrn do 2,5 cm.

Svrchní hlinito-písčitá vrstva byla u vrtu č. 3 nejslabší, dosahovala do hloubky 13cm pod povrchem a byla promísena s organickým materiálem. Světlá písčitá poloha byla u tohoto vrtu taktéž nejtenčí. Je uložena v hloubce 13 – 23 cm a navazuje na ni 5 cm silná vložka organického materiálu. Od hloubky 28cm byla zjištěna světlá písčitě-hlinitá poloha, která pokračovala až do maximální hloubky vrtu.

Obr. 6a Mapa rozmístění vpichovacích sond *(vlastní zpracování)*

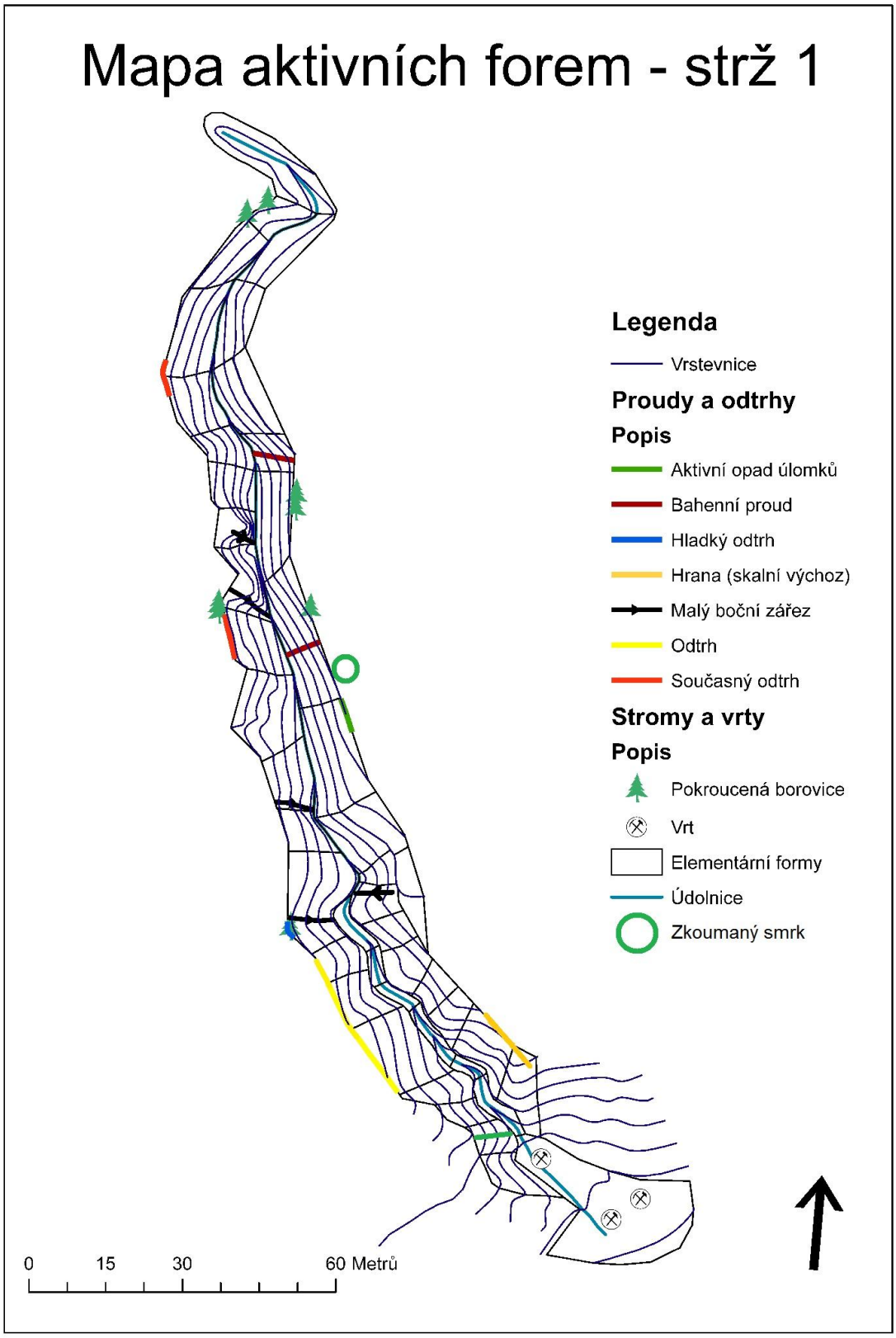


Obr. 6b Profily odebraných vrtů *(vlastní zpracování)*

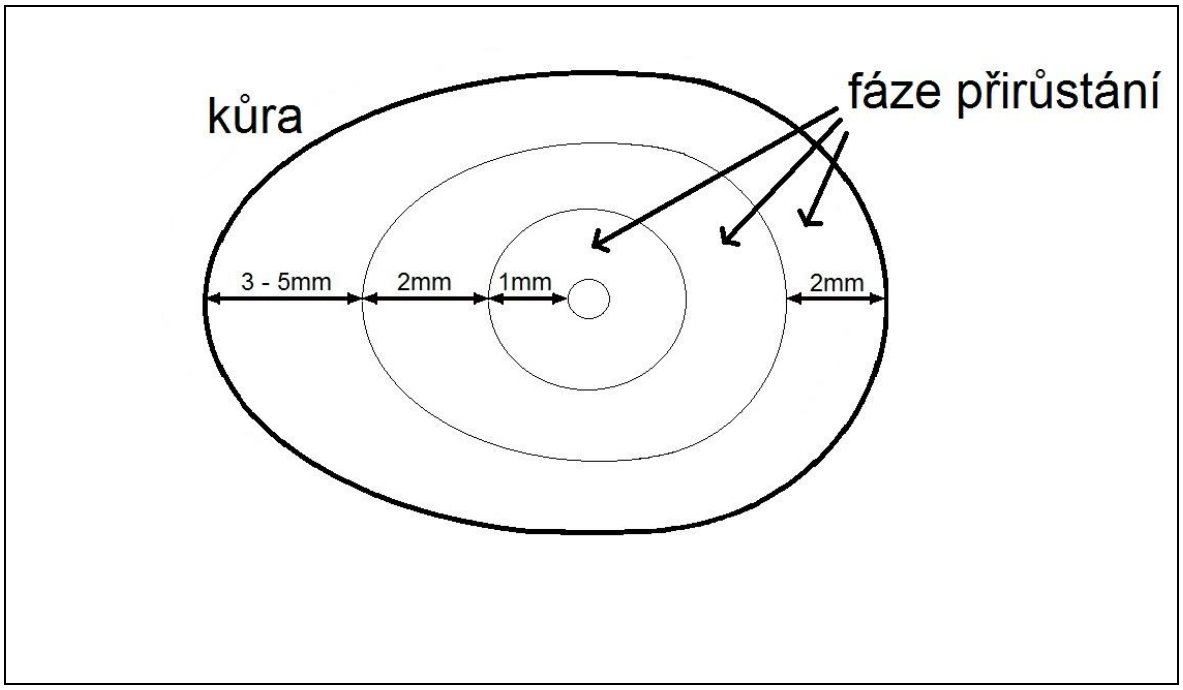


Z provedených půdních sond vyplývá, že mocnost výplavového kuželu je větší než 1 m. Sedimenty nejsou příliš výrazně stratifikovány – u štěrkových a štěrkopísčitých poloh nebylo možné zjistit, zda se jedná o sedimenty spojené s jednou událostí. Řídké jsou i vložky organického materiálu, které by bylo možné využít pro oddělení jednotlivých sedimentačních událostí a datování stáří sedimentů. Uvedené skutečnosti spíše ukazují na kontinuální usazování sedimentů, které mají hrubší charakter v průběhu výraznějších klimatických událostí (výraznější srážky). K rozvinutí a ověření této hypotézy je nutný následný podrobný sedimentologický výzkum.

Obr. 6c Mapa aktivních forem strže č. 1 *(Vlastní zpracování)*



Obr. 6d Průřez zkoumaným smrkem ztepilým *(vlastní zpracování)*



6.3 GEOMORFOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM

Jako výstup Zonální statistiky provedené v prostředí ArcGIS 9.3 byly hodnoty reprezentující sklon a výškový charakter. Právě tyto hodnoty mohou mít jistou výpovědní hodnotu o aktivitě a procesech, které probíhají ve vymezených elementárních formách (zónách). Atributová tabulka s hodnotami výstupů ze Zonální analýzy viz obr. 6e.

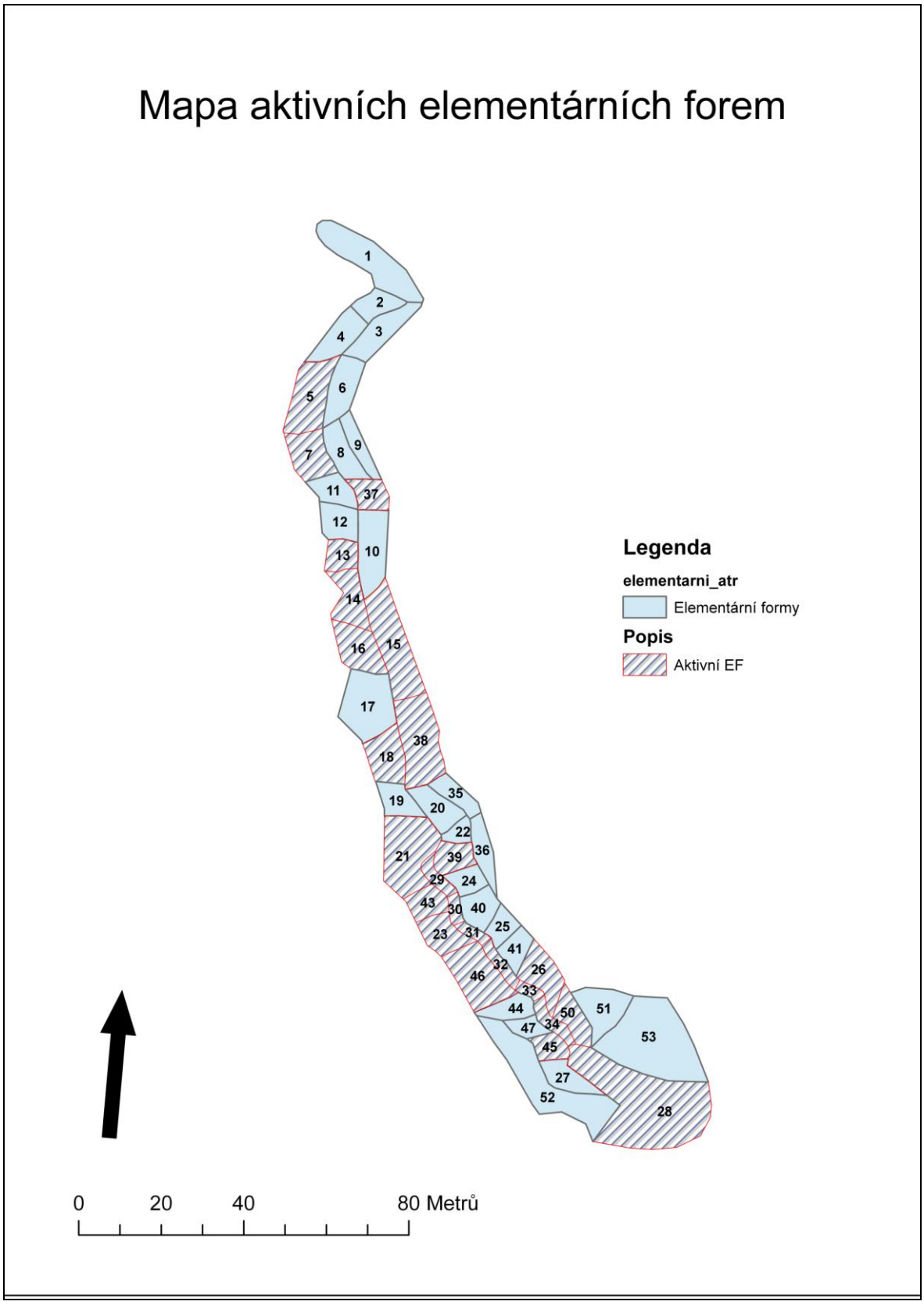
Obr. 6e Atributová tabulka s hodnotami výstupů ze Zonální analýzy *(vlastní zpracování)*

Id	Popis	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MIN_1	MAX_1	RANGE_1	MEAN_1	STD_1	SUM_1	Poloha	Aktivita
1	Počateční neakt	190	2,07	28,13	26,07	11,79	6,81	2239,61	413,81	416,72	2,91	415,44	0,73	78934	Úvod strže	0
2	Málo aktivní EF	57	8,46	34,38	25,92	24,67	7,33	1406,37	412,95	416,31	3,37	414,77	0,95	23641,7	Západní stěna	0
3	Málo aktivní EF	108	2,86	28,76	25,91	12,48	6,64	1348,16	411,96	414,24	2,28	413,5	0,54	44657,6	Východní stěna	0
4	Málo aktivní EF	91	6,84	42,67	35,83	29,42	9,68	2677,53	412,04	416,16	4,12	414,42	1,25	37712,2	Západní stěna	0
5	Aktivní EF	152	4,49	43,96	39,47	30,67	11,04	4661,31	408,95	415,82	6,87	412,4	1,78	62685,2	Západní stěna	Současný odtrh
6	Málo aktvní EF	101	3,62	40,3	36,68	24,72	11,22	2496,27	409,06	413,82	4,76	411,89	1,37	41600,7	Východní stěna	0
7	Aktivní EF	107	4,37	44,46	40,09	31,32	11,17	3351,32	407,23	414,12	6,89	411,01	2,08	43978,1	Západní stěna	Současný odtrh
8	Málo aktivní EF	77	8,07	47,32	39,25	33,14	9	2551,58	406,67	411,38	4,71	409,27	1,21	31514	Východní stěna	0
9	Málo aktivní EF	56	7,95	36,2	28,24	18,86	6,95	1056,24	410,58	413,22	2,64	411,71	0,64	23055,5	Východní stěna	0
10	Málo aktivní EF	135	5,3	51,93	46,63	37,55	13,52	5069,17	402,67	410,16	7,49	405,96	2,08	54804,5	Východní stěna	0
11	Málo aktivní EF	63	12,37	50,42	38,06	34,99	11,25	2204,66	404,57	412,24	7,66	408,57	2,27	25739,9	Západní stěna	0
12	Málo aktivní EF	74	8,4	50,83	42,43	38,75	12,08	2867,48	404,41	411,88	7,47	408,55	2,48	30232,6	Západní stěna	0
13	Aktivní EF	55	9,61	50,98	41,37	38,58	10,03	2121,94	403,87	410,39	6,52	407,56	1,92	22415,8	Západní stěna	Výrazná ostruha - malý boční zářez
14	Aktivní EF	92	12,35	58,85	46,49	43,72	11,34	4022,29	401,69	410,01	8,32	405,94	2,43	37346,5	Západní stěna	Výrazná ostruha - malý boční zářez
15	Aktivní EF	200	7,19	50,21	43,02	38,33	10,84	7665,8	398,23	408,61	10,38	403,35	2,48	80669,9	Východní stěna	Bahenní proud
16	Aktivní EF	110	9,11	49,36	40,25	37,11	10,29	4082,17	399,28	408,32	9,04	403,98	2,6	44437,6	Západní stěna	Současný odtrh
17	Málo aktivní EF	176	5,51	49,32	43,8	32,59	10,16	5736,06	397,69	406,58	8,89	402,26	2,57	70797,6	Západní stěna	0
18	Aktivní EF	106	6,47	47,6	41,13	34,07	11,06	3611,14	396,06	403,35	7,29	399,44	2,07	42341	Západní stěna	Malý boční zářez
19	Málo aktivní EF	63	7,64	48,41	40,78	38,62	9,6	2433,04	395,27	401,81	6,54	398,59	2,05	25110,9	Západní stěna	0
20	Málo aktivní EF	82	5,17	43,97	38,8	34,35	9,98	2816,96	394,3	400,06	5,76	397,01	1,56	32554,7	Východní stěna	0
21	Aktivní EF	206	4,07	44,3	40,23	31,44	8,09	6476,75	393,86	401,76	7,89	397,67	2,17	81919,1	Západní stěna	Malý boční zářez, hladký odtrh
22	Málo aktivní EF	35	14,56	42,41	27,84	35,22	7,07	1232,78	394,11	399,77	5,66	397,55	1,6	13914,4	Východní stěna	0
23	Aktivní EF	81	11,39	43,37	31,98	31,13	8,36	2521,48	391,2	397,77	6,56	394,71	1,72	31971,3	Západní stěna	Odtrh
24	Málo aktivní EF	50	17,5	43,08	25,59	33,38	8,34	1668,99	393,16	398,46	5,29	396,19	1,54	19809,3	Východní stěna	0
25	Málo aktivní EF	49	7,04	40,32	33,28	28,79	10,25	1410,51	391,43	396,6	5,17	394,55	1,45	19333	Východní stěna	0
26	Aktivní EF	96	13,58	44,97	31,39	36,14	7,91	3469,55	386,03	394,54	8,51	390,8	2,22	37516,7	Východní stěna	Hrana (skalní výchoz)
27	Neaktivní EF	72	19,27	41,39	22,12	29,8	5,4	2145,77	380,8	387,32	6,52	383,76	1,61	27630,7	Západní stěna	0
28	Aktivní EF	491	3,12	25,09	21,97	9,74	3,87	4780,72	377,63	382,77	5,14	379,37	1,21	186270	Akumulační oblast	Akumulace vyplaveného materiálu
29	Aktivní EF	35	5,72	35,2	29,48	19,66	9,15	688,25	392,52	394,45	1,93	393,33	0,42	13766,4	Dno strže	Akumulace, transport
30	Aktivní EF	23	5,08	31,48	26,39	16,87	8,19	388,07	391,73	392,69	0,96	392,13	0,25	9019,05	Dno strže	Akumulace, transport
31	Aktivní EF	20	6,77	33,17	26,4	16,23	7,62	324,66	390,76	391,76	1,01	391,37	0,28	7827,39	Dno strže	Akumulace, transport
32	Aktivní EF	36	8,68	39,06	30,38	22,59	8,8	813,26	387,57	391,39	3,82	389,39	1,06	14018,1	Dno strže	Akumulace, transport
33	Aktivní EF	19	11,85	39,2	27,35	22,14	8,37	420,75	386,27	387,82	1,55	387,06	0,45	7354,06	Dno strže	Akumulace, transport
34	Aktivní EF	42	10,48	38,44	27,97	22,53	7,84	946,11	382,89	386,77	3,88	385,05	0,95	16172,2	Dno strže	Akumulace, transport
35	Málo aktivní EF	60	11,37	41,26	29,89	25,48	8,13	1528,69	399,5	402,28	2,78	401,02	0,71	24061,1	Východní stěna	0
36	Málo aktivní EF	64	2,36	23,93	21,57	12,99	5,25	831,62	397,88	400,36	2,48	399,36	0,63	25558,8	Východní stěna	0
37	Aktivní EF	65	7,97	51,67	43,7	39,6	11,01	2573,73	404,36	411,52	7,15	408,26	2,11	26537	Východní stěna	Bahenní proud
38	Aktivní EF	191	8,45	48,26	39,8	33,94	10,8	6482,11	395,99	404,9	8,91	400,47	2,25	76488,9	Východní stěna	Aktivní opad úlomků
39	Aktivní EF	62	7,71	39,36	31,65	29,93	6,43	1855,77	393,5	398,99	5,49	395,95	1,64	24548,6	Východní stěna	Výrazná ostruha - malý boční zářez
40	Málo aktivní EF	71	18,31	40,84	22,53	31,73	5,47	2252,48	391,88	397,78	5,9	394,45	1,72	28006,2	Východní stěna	0
41	Málo aktivní EF	56	10,85	43,24	32,39	31,23	9,64	1748,81	388,79	395,73	6,94	393,09	1,75	22012,9	Východní stěna	0
43	Aktivní EF	63	9,52	43,66	34,13	30,89	11,2	1946,32	392,77	398,63	5,86	396,17	1,73	24958,8	Západní stěna	Odtrh
44	Málo aktivní	61	9,09	38,7	29,61	27,24	7,75	1661,33	386,33	392,7	6,37	389,56	1,94	23763,4	Západní stěna	0
45	Aktivní EF	46	22,22	43,34	21,12	36,98	6,17	1700,98	382,56	389,1	6,54	385,82	1,85	17747,7	Západní stěna	Aktivní opad úlomků
46	Aktivní EF	157	9,91	38,62	28,72	27,63	8,6	4338,35	387,94	395,81	7,88	392,27	1,99	61586,7	Západní stěna	Odtrh
47	Málo aktivní EF	39	18,1	42,52	24,41	34,11	6,8	1330,31	384,65	390,82	6,17	388,1	1,66	15135,7	Západní stěna	0
48	EF vyřazena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	EF vyřazena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	Aktivní EF	73	25,77	40,37	14,6	35,21	3,18	2570,58	382,38	391,42	9,04	386,77	2,37	28234,5	Východní stěna	Ústí strže
51	EF vyřazena	113	24,5	35,93	11,42	31,89	2,45	3603,88	382,3	391,45	9,16	387,56	2,18	43793,8	0	0
52	EF vyřazena	264	3,62	34,13	30,5	18,94	6,04	5001,08	379,82	392,4	12,58	386,26	3,72	101973	0	0
53	EF vyřazena	352	11,08	28,5	17,42	20,87	3,88	7344,49	379,25	388,14	8,88	383,15	2,07	134869	0	0

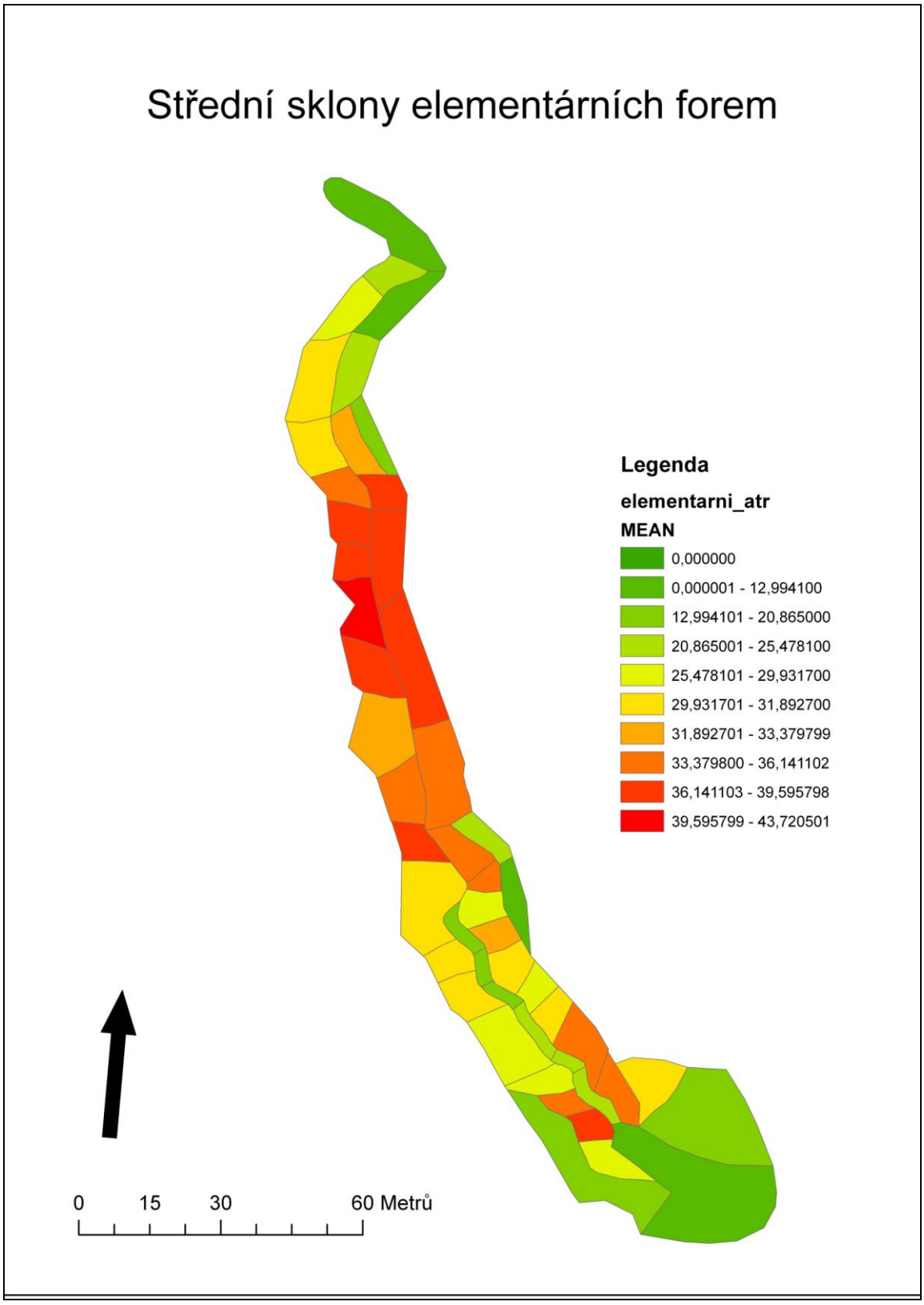
6.3.1 SKLONITOSTNÍ ANALÝZA

Analýzou sklonitosti svahů jednotlivých elementárních forem můžeme zjistit závislost probíhajících geomorfologických procesů právě na sklonu svahu. Maximální hodnoty středního sklonu svahu dosahuje EF č. 14 (43,72°), která je charakteristická svým konvexním tvarem tvořícím jakousi ostruhu na západní stěně strže. Tato EF je aktivní, což dokazuje malý fluviální zářez (viz kapitola 6.2), který je pro ni taktéž charakteristický. Když vynecháme akumulační oblast a úvod strže, tak nejnižší hodnotu středního sklonu svahu (12,48°) nalezneme u EF č. 3, která se nachází na východní stěně strže, má přímý průběh a je pouze málo aktivní. Není však pravidlem, že největší aktivitu vykazují EF s největšími sklony ležící na západní stěně strže, jelikož i některé málo aktivní EF na stěnách strže dosahují středních sklonů okolo 35° a aktivní EF vykazující druhý nejvyšší střední sklon svahu (39,60°) leží na východní stěně strže (mapa aktivních EF viz obr. 6f). Pokud však sečteme hodnoty středního sklonu svahu pro všechny EF na západní stěně (663,74°), získáme vyšší číslo, než při součtu stejných hodnot EF na stěně východní (573,06°). Na západní stěně je sice 20 elementárních forem, zatímco na té východní pouze 19, ale i kdybychom zde přičetli jednu průměrnou hodnotu, stále by tento součet byl zhruba o 60° nižší. Vyššímu součtu sklonitostí EF na západní stěně strže pak vyšší počet aktivních EF odpovídá. Na západní stěně strže bylo identifikováno 11 aktivních EF, na východní stěně pouze 6. Zvláštními aktivními EF jsou EF na dně strže a akumulační oblast, které vykazují vysokou aktivitu a pouze podprůměrné hodnoty středního sklonu svahu mezi 16 - 23°. Mapa středních sklonů svahu jednotlivých EF viz obr. 6g, mapa sklonitosti stěn strže viz obr. 6h.

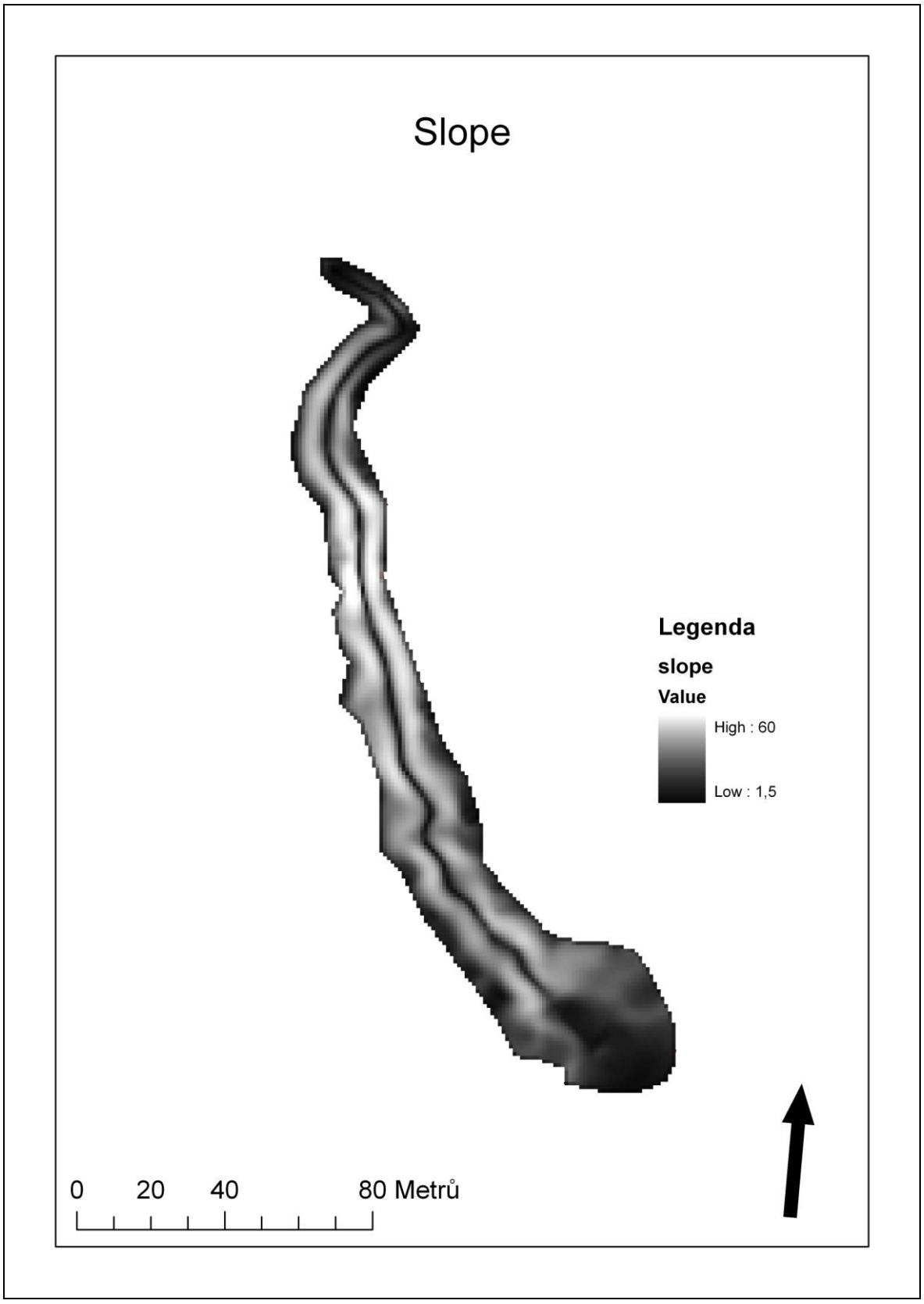
Obr. 6f Mapa aktivních elementárních forem *(vlastní zpracování)*



Obr. 6g Mapa středních sklonů svahu jednotlivých EF *(vlastní zpracování)*



Obr. 6h Mapa sklonitosti stěn strže *(vlastní zpracování)*



7 STRŽ 2

Strž 2 leží přibližně 20 metrů východně od první zkoumané strže na stejném geologickém podloží a strže jsou vůči sobě téměř rovnoběžné. Strž 2 je oproti strži 1 kratší, na délku měří přibližně 180 metrů. Na rozdíl od strže 1 je strž 2 složena ze dvou paralelních větví, oddělených od sebe přibližně metr širokým hřbetem, které ústí na konci svahu ve společnou akumulační oblast (viz obrázek 5a). Delší je západní větev (zmiňovaných 180 m), kratší východní větev je dlouhá přibližně 70 m. Západní větev je taktéž širší a hlubší. Maximální šířka západní větve se pohybuje okolo 10m a maximální hloubka okolo 4m. Východní větev dosahuje maximální šířky okolo 8m a hloubka nepřekračuje 3,5 m.

Akumulační oblast, která na obě větve navazuje, je dlouhá přibližně 20 m a v nejširším místě široká 25 m. Delší západní větev strže 2 vykazuje nepravidelnou zvodnělost, závislou zřejmě na množství srážek, které jsou do stržového systému dodávány. Nepravidelná zvodnělost začíná přibližně 30 m nad ústím strže. Kratší východní větev strže začíná útvarem, který *Pech (1983)* popisuje jako ronovou mísu. Ronové mísy se vyvíjejí při náhlých přechodech sklonitosti, kdy je na svahu vyvinuta zřejmá hrana změny sklonitosti (*Pech, 1983*). Průměr těchto ronových mís bývá zpravidla větší, než šířka dále pokračující strže (*Pech, 1983*). V našem konkrétním případě je změna svažitosti terénu i hrana změny svažitosti očividná. Strž však nezačíná jednoduchou ronovou mísou, ale mísou, která je tvořena ze dvou menších ronových mís, navzájem oddělených mírným hřbetem. Zhruba v polovině délky západní větve strže, nad hranou změny sklonu svahu, se nachází místo, které ze strže vybočuje na západ a připomíná malou ronovou mísu, popřípadě je možné, že zde vzniká nové rameno strže.

7.1 PROJEVY SOUČASNÉ GEOMORFOLOGICKÉ AKTIVITY

Strž 2 vykazuje aktivitu recentních geomorfologických procesů, nikoliv však v tak zásadní míře, jak je tomu v případě strže 1. Zatímco současná aktivita strže 1 je patrná téměř po celé její délce, tak aktivita strže 2 je soustředěna pouze do jednoho místa. Toto místo se nachází v západní větvi, pod hranou změny sklonu svahu. Konkrétně se jedná o jeden hladký odtrh a jedno menší místo opadu úlomků. Horní hrany strže 2 jsou na rozdíl

od strže 1 hladké, bez ostrých přechodů a její stěny (svahy) mají konstantní spád, což o průběhu současných geomorfologických procesů nesvědčí. Nad hranami strže nebyly pozorovány pokroucené stromy, které by indikovaly boční rozšiřování, jak tomu bylo v případě strže 1.

7.2 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA

Vzhledem ke zjištěné nízké současné geomorfologické aktivitě ve strži č. 2 bylo ustoupeno od tvorby systémové analýzy a Geomorfologického informačního systému.

8 STRŽ 3

Strž 3 leží přibližně 20 metrů západně od strže 1 a ze všech zkoumaných strží je svou délkou nejkratší (viz obrázek 5b). Stejně jako strž 2 je rovnoběžná se strží 1 a skládá se ze dvou větví, které jsou od sebe odděleny úzkým hřbetem. Východní větev měří zhruba 90 m na délku a 10 m na šířku, západní je pak o cca 25 m kratší a 3 m užší. Hloubka obou větví nepřesahuje 1,5 m. Obě větve pak ústí ve společné akumulační oblasti, která ve srovnání se strží 1 a 2 není nikterak výrazná. Na délku měří asi 8 m a na šířku 15 m. Oproti strži 2 má strž 3 vyvinuty ronové mísy na začátku obou dvou větví. Tyto mísy dohromady zaujímají téměř polovinu rozlohy celé strže a obě jsou složeny ze třech dalších drobných ronových mís, které jsou od sebe děleny drobnými, ale zřetelnými hřbety. Strž není zvodnělá a to ani nepravidelně, její hrany nejsou ostré a stěny obou větví jsou stejně jako akumulační oblast porostlé souvislou vrstvou mechu. Projevy současných geomorfologických procesů zde nebyly zaznamenány. Z tohoto důvodu nebyla pro strž 3 tvořena systémová analýza ani Geomorfologický informační systém.

9 ZÁVĚR

Geomorfologický výzkum, jehož hlavním cílem bylo analyzovat současné geomorfologické procesy probíhající ve zkoumaných stržích a vytvoření Geomorfologického informačního systému, probíhal ve střední části Stříbrské pahorkatiny. Zájmové území o rozloze cca 4,5 hektarů se nachází necelý kilometr severně od Kladrub. Zájmové území bylo vytyčeno okolo tří nalezených strží na zalesněném svahu, který je ukloněn k jihu. Tyto strže byly podrobně polohově i výškově zaměřeny totální stanicí SOKKIA SET230RK3 polární metodou. Souřadný systém byl do zájmového území přiveden za pomoci polygonových pořadů. Jako výsledek tohoto postupu vznikly podrobné vrstevnicové plány strží ve velkém měřítku. Na tomto podkladě byla také provedena elementarizace strže 1. Takto vyjádřené strže byly zasazeny do vrstevnicového plánu přilehlého území, který byl vyinterpolován na základě dat ze ZABAGED® poskytnutých Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním, čímž vznikl vrstevnicový plán celého svahu i se zkoumaným stržovým systémem ve velkém měřítku. Tento plán byl základní pomůckou při tvorbě digitálního modelu reliéfu (DMR) v prostředí ArcGIS 9.3. Při tvorbě GmIS byla využita vrstva elementárních forem strže a rastrová reprezentace strže, která byla vygenerována v prostředí ArcGIS 9.3. za pomoci funkce Topotoraster. Geografický informační systém byl po rozvaze vytvořen pouze pro strž 1, jelikož zbylé strže nevykazovaly výraznou aktivitu současných geomorfologických procesů. Zmapovány však byly i tyto neaktivní strže a je tedy možné budoucí sledování jejich případného vývoje. Jako hlavní sledované veličiny v GmIS byly zvoleny sklon svahu elementárních a výšková charakteristika EF. Sklon svahu EF byl reprezentován údaji o jeho maximálním, minimálním, rozsahu a středním sklonu, jelikož právě vyšší sklon má potenciál vázat na sebe i vyšší aktivitu současných geomorfologických procesů. Stejnými údaji byla reprezentována i nadmořská výška. Největší současná geomorfologická aktivita byla tedy zaznamenána ve strži 1. Tato strž byla rozčleněna na 47 elementárních forem, z nichž 24 bylo určeno jako současně aktivní a 23 jako současně málo aktivních, popř. neaktivních. 11 z těchto aktivních EF bylo identifikováno na západní stěně strže, 6 na východní stěně, 6 na dně strže a zbylou aktivní EF tvoří akumulační oblast. Za tímto rozložením lze hledat vliv vyšší sumy středních sklonů elementárních forem na západní stěně strže, z čehož lze vyvodit závěr, že západní stěna je obecně více aktivní. Na stěnách strže dochází

k následujícím procesům: aktivní opad úlomků, bahenní proudy, odtrhy, obnažování skalního podkladu a tvorbě bočních zářezů. Aktivní EF na dně strže se nachází v protékané spodní třetině strže 1 a vysokou aktivitu vykazují i přes svůj poměrně malý sklon. V těchto formách dochází k akumulaci materiálu, který opadává ze stěn strží a následně je tekoucí vodou transportován níže, čímž ve strži působí hloubkovou erozi. Materiál vyplavený ze strže se ukládá v akumulační zóně, která právě tímto procesem vykazuje svou aktivitu. Výsledkem všech těchto procesů je prohlubování a rozšiřování strže 1. Vzhledem k nepřesnému zaměření strže *Pechem (1983)* však tento závěr nelze ověřit na hodnotách typu šířka a hloubka.

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2a Myšlenková mapa využitého metodického postupu *(vlastní zpracování)* 2

Obr. 4a Vymezení zájmového území *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)* 8

Obr. 4b Souřadnice lomových bodů hranic ZÚ *(vlastní zpracování)* 9

Obr. 4c Geologická mapa *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)* 9

Obr. 4d Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace *(Tolasz, 2007)* 10

Obr. 4e Průměrný úhrn srážek v letním půlroce *(Tolasz, 2007)* 11

Obr. 4f Jednodenní absolutní srážková maxima *(Tolasz, 2007)* 12

Obr. 4g Dvoudenní absolutní srážková maxima *(Tolasz, 2007)* 12

Obr. 4e Historická ortofotomapa okolí zájmového území z 50. Let 20. Století *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)* 14

Obr. 4f Současná ortofotomapa okolí zájmového území *(Národní geoportál INSPIRE, 2012)* 14

Obr. 5a Vrstevnicový plán – strž 2 *(vlastní zpracování)* 16

Obr. 5b Vrstevnicový plán – strž 3 *(vlastní zpracování)* 17

Obr. 5c Vrstevnicový plán – strž 1 *(vlastní zpracování)* 18

Obr. 5d Vrstevnicový plán zájmového území *(vlastní zpracování)* 20

Obr. 5e Digitální model reliéfu (DMR) *(vlastní zpracování)* 21

Obr. 5f Reakce stromů na působení úlomkotoků *(Bollschweiler a kol. 2007)* 23

Obr. 6a Mapa rozmístění vpichovacích sond *(vlastní zpracování)* 28

Obr. 6b Profily odebraných vrtů (vlastní zpracování) 29

Obr. 6c Mapa aktivních forem strže č. 1 (vlastní zpracování) 30

Obr. 6d Průřez zkoumaným smrkem ztepilým (vlastní zpracování) 31

Obr. 6e Atributová tabulka s hodnotami výstupů ze Zonální analýzy *(vlastní zpracování)* 32

Obr. 6f Mapa aktivních elementárních forem *(vlastní zpracování)* 34

Obr. 6g Mapa středních sklonů svahu jednotlivých EF *(vlastní zpracování)* 35

Obr. 6h Mapa sklonitosti stěn strže *(vlastní zpracování)* 36

11 SEZNAM LITERATURY

PECH, J. 1983. Komplexní geomorfologický výzkum střední části Stříbrské pahorkatiny. Plzeň: Pedagogická fakulta v Plzni. Vyd. 1. 246 s.

STANKOVIANSKY, M. 2003. Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny. Bratislava: Univerzita Komenského Bratislava. Vyd. 1. 152 s. ISBN: 80-223-1784-5

KLIMENT, Z. 1985. Lineární eroze v povodí Manětínského potoka. Geomorfologický sborník 2 – ZČU Plzeň, 2003. Vyd. 1. s. 95 – 106. ISBN: 80-7082-946-X

MENTLÍK, P. 2005. Příspěvek k poznání geomorfologie povodí Jezerního potoka (oblast Prášilského jezera) na Šumavě [rigorózní práce]. Bratislava. Univerzita Komenského v Bratislave. 111 s.

MENTLÍK, P. 2006. Geomorfologická analýza a tvorba GmIS pro okolí Prášilského jezera a jezera Laka na Šumavě (Česká republika) [disertační práce]. Bratislava. Univerzita Komenského v Bratislave. 252 s.

MENTLÍK, P., NOVOTNÁ, M. 2010. Elementary forms and „scientific reliability“ as an innovative approach to geomorfhological mapping. *Journal of Maps*, 2010: 564–583**.**

MENTLÍK, P. 2007. Systémová a geomorfologická analýza. *Miscellanea Geographica 13,* Plzeň: Katedra geografie, s. 41-46.

HARTVICH, F., MENTLÍK, P. 2010. Slope development reconstruction at two sites in the Bohemian Forest Mountains. *Earth Surface Processes and Landforms* 35: 373–389.

BOLLSCHWEILER, M. a kol. 2007. Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity using dendrogeomorphological methods. Geomorphology, roč. 87, č. 4, s. 337 - 351

MAŠÍN, Z. a kol. 1979. Geodézie 2 pro střední průmyslové školy zeměměřické. Kartografie Praha. 2. vyd. 360 s. ISBN: 29-908-79

Portál veřejné správy ČR., 2011. [online]. Aktualizováno. dostupné z WWW: http://geoportal.cenia.cz

Zeměměrický úřad, 2012. Databáze bodových polí. [online]. Dostupné z WWW: http://bodovapole.cuzk.cz/

Tolasz, R. 2007. Atlas podnebí česka. 1. vyd. Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, 254 s. ISBN: 978-80-86690-26-1

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, 2003. [online]. [cit. 26.4.2012]. Dostupné z WWW: http://www.vugtk.cz/slovnik/1050_digitalni-model-reliefu--digitalni-model-terenu-(dmr--dmt)

ESRI, 2012. ArcGIS Desktop Help 9.2. [online]. [cit. 13.5.2012]. Dostupné z WWW: http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/spatialanalyst/key-features/statistical

12 RESUMÉ

Provedeným výzkumem byla ve strži 1 zjištěna vysoká aktivita současných geomorfologických procesů a to na stěnách strže, dně strže a její akumulační oblasti. Strž byla rozčleněna na 47 charakteristických elementárních forem, které ji holisticky pokrývají. Na západní stěně strže bylo identifikováno více současně aktivních elementárních forem, než na stěně východní. To je přisuzováno vyššímu součtu sklonů svahu, než je tomu u východní stěny. Pro tuto strž byl vytvořen geomorfologický informační systém, který má sloužit k seskupení a uchování sklonitostních a výškových charakteristik jednotlivých elementárních forem. Pro zbylé dvě zkoumané strže nebyl vytvořen geomorfologický informační systém, jelikož u nich nebyla prokázána současná aktivita geomorfologických procesů, která by momentálně stála za pozornost.

High activity of current geomorphological processes was discovered on the walls and at the bottom of the gully 1 and also in its accumulation area by the taken observation. The gully was divided into 47 characteristic elementary forms that cover it holistically. On the west wall more simultaneously active elementary forms were identified than on the east wall. This is attributed to the higher summation of slope inclinations than on the east wall. The geomorphological information system was created for this gully. It is suppossed to group and preserve slope and altitudinal characteristics of particular elementary forms. Any geomorphological information system was not created for other two gullies, because no current activity of geomorphological processes worths while paying attention to at the moment.

13 PŘÍLOHA

Všechny přiložené fotografie se týkají strže 1. Jako měřítko pro fotografie byla využita nivelační lať vysunutá na výšku 3 m.

13.1 SEZNAM PŘÍLOHY

Obr. A Přehledka fotografií *(vlastní zpracování)*

Obr. 1 Současný odtrh na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 2 Současný odtrh na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 3 Bahenní proud na východní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 4 Bahenní proud na východní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 5 Aktivní opad úlomků na východní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 6 Malý boční zářez na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 7 Malý boční zářez na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 8 Pokroucená borovice na západní stěně *(vlastní foto)*

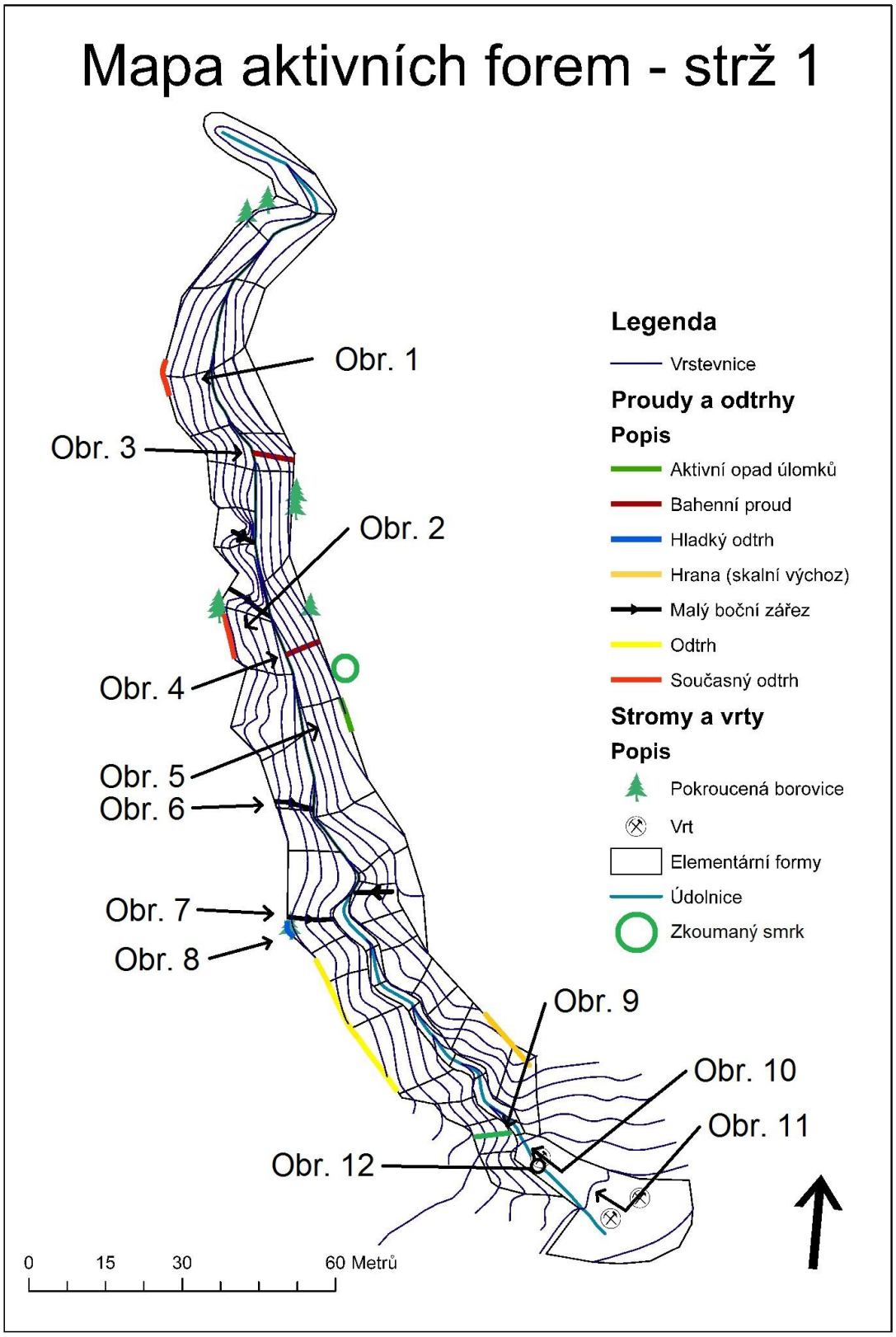
Obr. 9 Aktivní opad úlomků na západní části ústí strže *(vlastní foto)*

Obr. 10 Ústí strže – pohled do strže *(vlastní foto)*

Obr. 11 Pohled do ústí strže z akumulační oblasti *(vlastní foto)*

Obr. 12 Údolnice akumulační oblasti – transportované smrkové šišky *(vlastní foto)*

Obr. A Přehledka fotografií *(vlastní zpracování)*



Obr. 1 Současný odtrh na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 2 Současný odtrh na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 3 Bahenní proud na východní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 4 Bahenní proud na východní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 5 Aktivní opad úlomků na východní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 6 Malý boční zářez na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 7 Malý boční zářez na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 8 Pokroucená borovice na západní stěně *(vlastní foto)*

Obr. 9 Aktivní opad úlomků na západní části ústí strže *(vlastní foto)*

Obr. 10 Ústí strže – pohled do strže *(vlastní foto)*

Obr. 11 Pohled do ústí strže z akumulační oblasti *(vlastní foto)*

Obr. 12 Údolnice akumulační oblasti – transportované smrkové šišky *(vlastní foto)*