

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA CBG**

**RECENTNÍ STRŽOVÁ AKTIVITA VE STŘÍBRSKÉ**

**PAHORKATINĚ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Tomáš Vyrobík**

*Přírodovědná studia, obor Geografie pro vzdělávání*

Vedoucí práce: RNDr. Václav Stacke, Ph.D.

**Plzeň, 2014**

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

Plzeň, 1. června 2013

.....  
vlastnoruční podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu RNDr. Václavu Stacke, Ph.D. a doc. RNDr. Pavlu Mentlíkovi, Ph.D. za trpělivost a užitečné rady jak do terénního výzkumu, tak při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat doc. RNDr. Karlovi Šilhánovi, Ph.D. z Ostravské univerzity za čas věnovaný mi při práci v dendrochronologické laboratoři a za půjčené pomůcky. Také děkuji ČÚZK za poskytnutí dat DMRG 4. generace a panu Ing. Karlovi Jedličkovi, Ph.D. za poskytnutí licenčního klíče k programu ArcGIS.

## **ANOTACE V ČEŠTINĚ**

Bakalářská práce se zabývá rozšiřováním strže ležící mezi městem Stříbro a městem Kladruby. Tato strž je zajímavá tím, že se nachází mezi zemědělsky obhospodařovanými pozemky. Za její aktivitu nemohou jen lidské změny v krajině, ale i přívalové deště. Ty mohou za její recentní činnost. V posledních letech je strž nejaktivnější v místech s největším sklonem. Strž byla podrobena dendrogeomorfologickému výzkumu, který pomohl popsat probíhající změny v její aktivitě. K doplnění časových údajů byla využita metoda dendrochronologie. Výsledky byly zpracovávány a prezentovány pomocí programu ArcGIS for desktop (verze 10.2).

## **ANOTACE V ANGLIČTINĚ**

Bachelor thesis deals with widening of a gully lying between Střibro and Kladruby. This gully is interesting by being placed between agricultural lands. Not only human changes of surface is responsible for its activity, but also storm rainfalls. These had caused its recent activity, as well. The recent gully activity correlates with high slope value. The gully was examined in a dendrogeomorphology research, which has helped to describe ongoing changes in its activity. Dendrochronology enrich them with time data. The results were processed and presented by an ArcGIS for desktop (version 10.2) programme.

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

ITRDB - Tree-Ring Data Bank

U.S. Soil Conservation Service - United States Soil Conservation Service

GIS – geografické informační systémy

DMR 4G – digitální model reliéfu České republiky 4. Generace

ZÚ – zájmové území

USDA – United States department of agriculture (Ministerstvo zemědělství Spojených států amerických)

ČÚZK – Český úřad zeměměřičský a katastrální

## OBSAH

1 ÚVOD.....	2
2 CÍLE PRÁCE .....	3
3 ROZBOR LITERATURY .....	4
3.1 Geomorfologie.....	4
3.1.1 Geomorfologická hodnota hornin.....	5
3.1.2 Zvětrávání a eroze .....	6
3.1.3 Strže.....	8
3.2 Dendrochronologie .....	10
3.2.1 Zásady dendrochronologie .....	11
3.2.2 Problémy spojené s dendrochronologií .....	13
3.2.3 Dendrochronologické série.....	15
3.2.4 Aplikace dendrochronologie.....	18
3.2.4.1 Datování teplotního záznamu na severní polokouli dlouhého 2000 let.....	19
3.2.4.2 Datování historických srážkových rekordů .....	20
3.2.4.3 Dendrochronologická kalibrace.....	20
3.3 Dendrogeomorfologie.....	21
3.4 Geografické informační systémy (GIS).....	22
4 ZÁJMOMÉ ÚZEMÍ.....	23
4.1 Vymezení.....	23
4.2 DMR 4G .....	25
4.3 Geomorfologie, geologie, pedologie .....	27
4.4 Klima .....	29
4.5 Porosty a zemědělská činnost .....	30
5 METODY .....	35
5.1 Dendrochronologie .....	35
5.2 Dendrogeomorfologie.....	35
5.3 Tvorba modelu vývoje sledované strže .....	38
6 VÝSLEDKY.....	40
7 DISKUZE .....	45
8 ZÁVĚR.....	46
9 SEZNAM OBRÁZKŮ .....	47
10 SEZNAM LITERATURY.....	49

## 1 ÚVOD

Má bakalářská práce se zabývá odezvou stržové eroze na probíhající environmentální změny ve Stříbrské pahorkatině. Pojednává nad tím, zdali může být proces stržové eroze akcelerován probíhajícími klimatickými změnami.

Erozní a geomorfologická činnost je úzce spjata s chováním naší atmosféry (Huggett, 2007) - tedy nelineárního dynamického systému (Příbylová, 2012). Počasí je dáno rotací Země a vyrovnáváním teplot mezi pólem a rovníkem. Počasí a lidská aktivita silně ovlivňují míru eroze (Montgomery, 1997). Sice se odhady celkového množství eroze půd liší, ale například U.S. Soil Conservation Service uvádějí číslo okolo 4 miliard tun ročně pro celkové množství eroze půdy v USA (Montgomery, 1997). Současná míra eroze byla zrychlena lidskou činností, výstavbou a zejména zemědělstvím (Montgomery, 1997). Stržová eroze zmenšuje plochy hospodářsky využívaných půd (Stankoviansky, 2003). Zkoumané území je hospodářsky využívanými půdami těsně obklopeno (viz. obr. 14).

Terénní výzkum, přispěl k doplnění práce „Odezva stržové eroze na probíhající environmentální změny“ (Veselý, 2012). Práce Veselého (2012) byla doplněna o dendrogeomorfologický průzkum a dendrochronologické datování. Cílem těchto výzkumů bylo určení nejmladších jedné ze strží, jež Veselý (2012) ve své bakalářské práci přesně zaměřil a zmapoval. Konkrétně právě strž č. 1 (obr. 8 a 10) vykazovala zřetelné znaky současné aktivity (pokroucené stromy, čerstvě uložený materiál na výplavovém kuželu pod strží) a byla tedy určena jako vhodná pro dendrochronologický a dendrogeomorfologický výzkum.

## 2 CÍLE PRÁCE

Jako cíl práce jsem si určil doplnit časově-prostorové údaje o nejmladší aktivitě ve strži č. 1 (obr. 8 a 10) nalezením vhodně datovatelných stromů, a na nich použít dendrogeomorfologické a dendrochronologické metody. Na pozadí probíhajících klimatických změn je pravděpodobné, že stržová aktivita akceleruje. Tuto hypotézu se také pokusím ověřit. Dendrogeomorfologická část terénního výzkumu pomůže zachytit procesy ovlivňující morfologii strže a tyto budou následně absolutně datovány pomocí dendrochronologických metod. Pokusím se také určit příčiny její aktivity. Dále stanovím rychlost rozpínání strže, případně i dobu jejího vzniku, a vymezím místa recentní geomorfologické aktivity. Za pomoci nových výsledků a poznatků interpretovaných v prostředí GIS následně rozšířím závěry, které ve své bakalářské práci uvádí Veselý (2012).

Obecné kroky tedy jsou:

1. Dendrochronologické datování stržové aktivity.
2. Dendrogeomorfologická analýza nejmladších procesů ve vytipované strži.
3. Tvorba modelu vývoje a aktivity sledované strže.

## 3 ROZBOR LITERATURY

### 3.1 Geomorfologie

Geomorfologie (z řeckého gé = země, morphé = forma, logos = věda) je studium reliéfu Země a s ním spojených procesů. Její zařazení mezi fyzicko-geografické vědy není ve všech zemích zcela jednoznačné. Zahrnuje popis, klasifikaci a analýzu reliéfu krajiny Země a sil, které ji formují v širokém časovém spektru (Fairbridge, 1968). Dnes si myslím, že je geomorfologie často vázána na stavební práce. Například pro vyhodnocení, zda je dané území vhodné pro zamýšlený stavební záměr, je zásadní podrobná znalost geomorfologických poměrů v dané lokalitě.

Horník (1984) uvádí, že byl tento obor původně spíše popisný. Od dvacátého století začal ovšem vycházet z genetického hlediska. Významnou úlohu má geomorfologie jako jakýsi článek geografické prognózy, vycházející ze spolehlivého materiálu, který se opírá o terénní výzkumy. Toto prognostické úsilí se zaměřuje na předpokládané změny reliéfu Země vlivem přírodních a antropogenních činitelů. Tvary reliéfu souše či mořského dna, posuzuje z hlediska složitých interakcí endogenních a exogenních procesů probíhajících v čase.

Někteří vědci zahrnují do oblasti geomorfologie i studium povrchu pevných planet (Huggett, 2007). Reliéf je produkt tohoto vzájemného protikladného působení, jakožto jedna ze základních složek sféry Země - výsledek komplexního vývoje, působení geologických i fyzickogeografických sil. (Horník, 1984)

V poslední době je reliéf silně ovlivňován přítomností lidské společnosti a jejími zásahy. Při jeho studiu se geomorfologie opírá také o výsledky jiných vědních oborů, zvláště geologie, geofyziky a geochemie. Z oboru teoretického se mění na obor s úzkou vazbou na praxi.

Kromě geomorfologických map vybraných forem, se hojně používá i výsledků geomorfologických výzkumů v plánovací praxi, v zemědělství a lesnictví (např. při navrhování protierozní ochrany), při výstavbě sídlišť, průmyslových objektů, ve vodohospodářské praxi (např. při stavbě přehrad), výstavbě komunikací a tak dále (Horník, 1984).

Dle Huggetta (2007) se po vyvinutí pevného zemského povrchu a atmosféry, koloběh vody a tektonické procesy spojily. Vytvořily horninový cyklus. Zvětrávání, transport a ukládání jsou v tomto cyklu základními procesy. Ve spojení s geologickými



strukturami, tektonickými procesy, podnebím s organismy, přetvořily reliéf a krajinu. Během posledních dvou století lidé měli stále významnější vliv na úpravy reliéfu. To zejména prostřednictvím zemědělských činností, těžby nerostných surovin, budováním silnic či měst (Huggett, 2007).

### 3.1.1 Geomorfologická hodnota hornin

Horník (1984) říká, že odolnost hornin vůči exogenním procesům je dána hlavně litologickými vlastnostmi horniny a charakterem procesů exogenních. Z toho důvodu je důležité vyhodnotit zrnitost, jakost tmele, mocnost, zvrstvení, hustotu puklin, propustnost, nasáklivost, celkovou strukturu a texturu a odolnost vůči chemickému rozkladu hornin. U hornin sedimentárních pak množství proložek odlišných vlastností. V různých světových klimatomorfogenetických podmínkách mohou mít horniny geomorfologickou hodnotu odlišnou. Například granitické horniny v mírném humidním podnebí vytváří tvary konvexní, kdežto v teplém, vlhkém tropickém podnebí, protože živce za takových podmínek intenzivněji chemicky zvětrávají, se na jejich výchozy mohou vázat deprese. K nejodolnějším horninám řadíme křemité sedimenty s křemitým tmelem, v terénu vytvářejí ostře ohraničené konvexní tvary. Vůči zvětrávání a odnosu jsou odolné také amfibolity a většina vulkanických hornin (znělce, čediče,...) (Horník, 1984).

Tato podkapitola ukazuje, že zájmové území analyzované v této práci je velmi náchylné na erozní činnost. Je tvořeno málo odolnými horninami (viz. oddíl 4.3).

**Tab. 1: Třídění nejrozšířenějších hornin podle jejich geomorfologické hodnoty**

(dle: Horník, 1984)

<i>Stupeň odolnosti horniny</i>	<i>Hornina</i>
vysoce odolná	křemenec, čedič
poměrně vysoce odolná	melafyr, gabro, žula, křemenný porfyr
velmi odolná	porfyrít, andezit, syenit
poměrně velmi odolná	vápenec, sádrovec, pískovec, dolomit, trachyt, porfyr
středně odolná	krystalické břidlice
málo odolná	jílovité břidlice, jílovité pískovce, tufy

### 3.1.2 Zvětrávání a eroze

Podle Horníka (1984) se zvětrávání hornin odehrává ve styčné zóně litosféry s ostatními složkami fyzickogeografické sféry.

Zvětrávání je proces přeměny hornin a minerálů skrze atmosférická a biologická činidla. Fyzické, mineralogické a chemické vlastnosti materiálů jsou upravovány tak, že tento produkt zvětrávání je postupně narušován a transportován probíhající mechanickou nebo biochemickou erozí (Huggett, 2007).

Je to proces, při kterém se horniny přizpůsobují fyzikálním a chemickým podmínkám prostředí, přičemž se na zemském povrchu vytvoří zvětralinový plášť.

Charakter těchto procesů závisí především na podnebí, typu a struktuře horniny, expozice reliéfu, přítomnosti organických i anorganických kyselin (produkty biotických pochodů), charakteru organismů, zvláště rostlinné pokrývky a podzemní vodě (Horník, 1984). Procesy, které vedou ke změně fyzikální povahy horniny, nazýváme fyzikálním (mechanickým) zvětráváním (Horník, 1984). Zjednodušeně jde o rozpad horniny na menší bloky a úlomky. Změní-li se chemické složení horniny, hovoříme o chemickém zvětrávání (Horník, 1984).

Základní příčinou fyzikálního (mechanického) zvětrávání jsou změny v intenzitě oslunění, to vede k teplým a objemovým změnám v povrchové vrstvě horniny (izolační zvětrávání) (Horník, 1984). Střídavé mrznutí a tání vody v puklinách hornin (mrazové zvětrávání), růst krystalů v pórech hornin a mechanické působení organismů může být dalšími činiteli rozpadu hornin (Horník, 1984).

Izolační (termické) zvětrávání je dle Horníka (1984) způsobeno změnami teplot na povrchu hornin, neboť opakovaný proces oteplování a ochlazování vede k objemovým změnám a rozpadu horniny, je totiž špatným vodičem tepla. Výrazné teplotní změny v povrchové vrstvě vedou k napětí, jež podmiňuje tvorbu puklin a odlupování slupek (deskvamace). U hornin se zrnitou krystalickou strukturou se vlivem diferencovaného absorbování tepla minerály odlišných barev nestejněmálně roztahují a smršťují, což vede k vydrolování (odzrňování). Zvláštním případem mechanického zvětrávání je proces spojený s (de)hydratací minerálů, typické pro oblasti s vysokým podílem jílovité frakce. Objem hornin se při vsakování vody zvětšuje, následně v době výparu se horniny smrští a to vede k tvorbě puklin (Horník, 1984).

Exfoliaci pak Horník (1984) popisuje jako případ fyzikálního zvětrávání spojeného s odnosem nadloží a odlehčením podloží, výsledkem je vyklenutí horniny ve směru tlaku, typické pro masivní nerozpukané horniny. Tlakem mrznoucí vody v puklinách vzniká mrazové zvětrávání, kde tlak zmrzlé vody v uzavřených dutinách závisí na její teplotě.

Při chemickém zvětrávání se mění chemické a minerální složení horniny, prostředník je voda. Ta obsahuje různé plyny, především kyslík, dusík, oxid uhličitý a mnoho dalších látek (Horník, 1984).

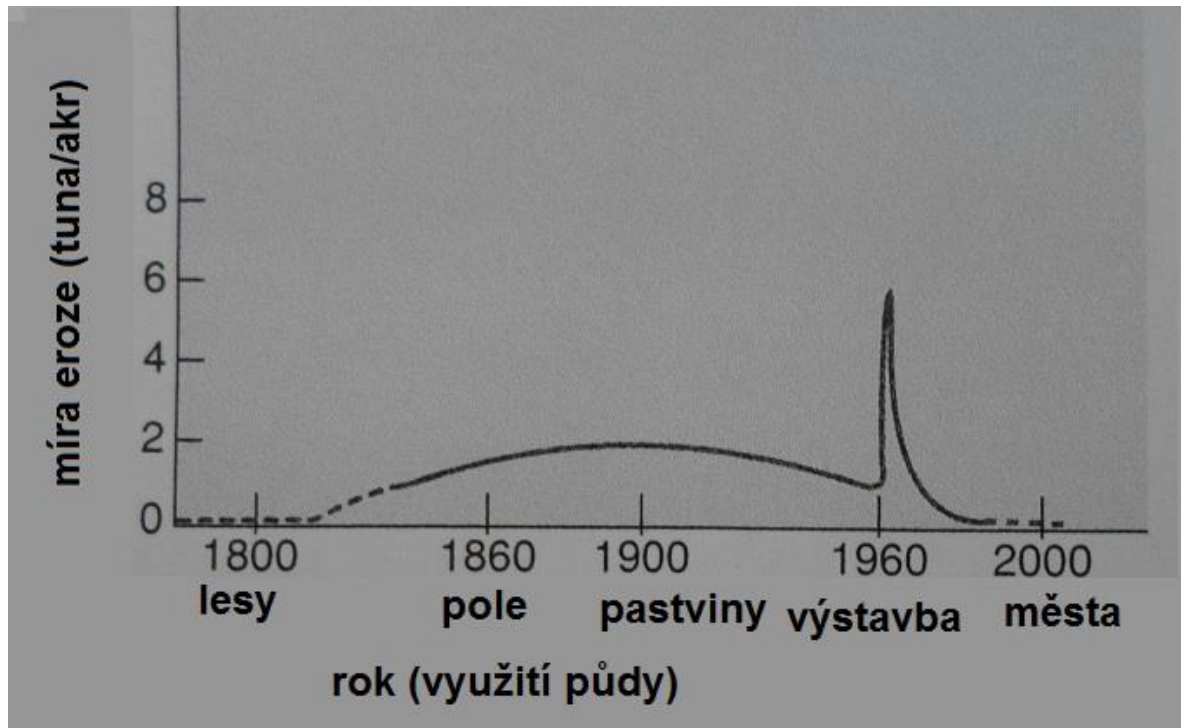
Dle Horníka (1984) při vyšších teplotách a v horninách již narušených probíhá chemické zvětrávání intenzivněji. Z obecně rozšířených minerálů je nejméně stabilní olivín, následuje plagioklas, augit, amfibol, biotit, ortoklas, muskovit atd. k nejodolnějším patří oxidy Si. Konečnými produkty chemického zvětrávání jsou jíl a písek, s výjimkou humidní tropické oblasti, zde jsou i tyto komponenty nestabilní, vytvářejí pak lateritický nebo bauxitový zvětralinový plášť. U biologického zvětrávání zpravidla probíhají souběžně fyzikální a chemické zvětrávání. Dochází například k rozrušování podloží kořenovým systémem, přenášení a mísení zvětralin, chemickému působení produktů životních pochodů organismů na podloží, ovlivňování vlhkosti a teploty substrátu, změně pH atd. (Horník, 1984).

Montgomery (1997) říká, že zatímco zvětrávání je jakési „zhroucení“ horniny nebo minerální látky, kdy se hornina nachází stále na svém místě, eroze zahrnuje fyzický transport materiálu z jednoho místa na druhé. Zvětrávání může erozi urychlit. Střet deště se zemí pomáhá uvolnit narušené půdní částice, ty jsou pak pomocí povrchového odtoku a větru nesený pryč. Plošný svahový splach může přepravovat nezpevněný horninový materiál. Kde voda začíná erodovat malé nově vzniklé kanály, začíná rýhová eroze. Zvětšující se rýhy potom vytváří kanály tak hluboké, že případně přítomná kultivace půdy zcela zmizí. Výsledkem je „gullyng“ – proces, kdy voda tvoří velké erozní kanály na šikmém povrchu (Montgomery, 1997).

Recentní stržové procesy jsou důsledkem lidské modifikace zemského povrchu, což narušuje rovnováhu svahového systému (Huggett, 2007), což můžeme jasně vidět na obrázku č. 1 a dále o tomto tématu píšou v části práce zabývající se analýzou zájmového území (oddíl 4.5).

**Obr. 1: Míra eroze se dramaticky liší v závislosti na využití zeminy**

(upraveno dle Wolman, 1967)



Summerfield (1991) upozorňuje ve vztahu k stržové aktivitě na eroze způsobené přívalovými dešti. Dešťové kapky mají kinetickou energii danou na základě jejich hmotnosti a rychlosti. I když se rychlost nárazu kapek liší v závislosti na jejich velikosti, rychlosti větru a turbulenci, za normálních podmínek o maximální velikosti kapek kolem průměrných 6 mm, mají nárazovou rychlost asi 9 m/s. Při této rychlosti mohou kapky přímo pohybovat částicemi většími než 10mm v průměru a hrubší materiál může být uvolněn odstraňováním svahové „výztuže“ tvořené jemnějším sedimentem.

Eroze po přívalovém dešti může nastat všude, kde není zem vegetací zcela pokryta, třebaže má silnější erozní potenciál tam, kde je vegetačního pokryvu málo nebo zcela chybí. Experimentální studie prokázaly, že na svazích se sklonem nižším než 5°, je jen asi 60% částic uvolněných dopadem dešťových kapek pohybováno po svahu dolů, ale toto procento se zvyšuje až k 95% ve svazích se sklonem 25° (Summerfield, 1991).

### 3.1.3 Strže

Různí autoři popisují do značné míry shodné útvary, jako strž, nejednotnou terminologií. Vznik, vývoj a typologická klasifikaci těchto erozních útvarů je také odlišná.

Například Kliment (1985), označuje proporčně a geneticky srovnatelné tvary prostě jako „erozní tvary“, vzniklé výsledkem působení lineární (rýhové) eroze. Sestavil typologickou klasifikaci erozních tvarů na základě čtyř základních kritérií, těmi jsou geologické podloží, stupeň zařiznutí erozních tvarů, protékanost erozních tvarů, tvary příčných profilů a jako doplňkové kritérium uvádí rozměr erozních tvarů (Kliment, 1985).

Dle Huggeta (2007) jsou strže pouze přechodem mezi rýhami a „arroyos“, což jsou hluboké, dlouhé rokle či kanály s nestále proudícím tokem. „Arroyos“ obvykle mají relativně plochá dna, jsou obklopena strmými stěnami a skládají se z nekonsolidovaných sedimentů. Nejsou tak dlouhá jako údolí, ale jsou příliš hluboká na to, aby přes ně mohla přejet vozidla s koly, nebo aby mohla být zarovnána orbou. Často začínají hned ve vrchní části srázu či převisu (Huggett, 2007).

Pech (1983) uvádí, že počátek erozních rýh je převážně vázán na svahy se sklonem 4°-6°. Dle tohoto autora je zase strž původu ronového. Má hloubku větší než 2,5 m, sklon stěn přesahuje 45°, bývají obvykle i hlubší, místy s tržnými stěnami vzniklými sesuvy na stěnách a sesouvající se materiál je hromaděn na dně. Následně je transportován protékající vodou směrem k ústí strže, kde se vytváří nánosové kužele (Pech, 1983).

Za klíčové faktory ovlivňující vznik těchto erozních útvarů Pech (1983) považuje svažitost terénu, stáří základního tvaru reliéfu, petrografické složení reliéfu, mocnost zvětralinového pláště, jeho složení a klimatické podmínky místa vzniku. Nejhlouběji zařiznuté erozní rýhy se soustřeďují do oblastí sklonu svahů od 6° do 30°. V místech, kde sklon klesá pod 3° z příkrého na pozvolný svah, je povětšinou jejich zakončení. Ronová rýha při náhlých prudkých přechodech sklonitosti začíná v místě počátku většího sklonu a její velikostní průměr bývá větší než příčný profil dále se vyvíjejícího zářezu (Pech, 1983).

Dle Pecha (1983) vliv složení, vlastností a mocnosti zvětralinového pláště na vývoj strží ovlivňuje především zrnitostní složení a mocnost zvětralinového pláště. Lehké až středně těžké horniny 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. Soudržné jílovité horizonty zabraňují průsaku dešťové vody, která je nucena k povrchovému odtoku, kde je menší možnost eroze. Nejdůležitějším faktorem je však množství a intenzita srážek. Dále

regelace na povrchu země ovlivněna délkou trvání sněhové pokrývky, přízemní mrazíky, expozice vzhledem k Slunci a převládající vzdušné proudění (Pech, 1983).

Ve slovenštině strže pojmenované jako „výmole“ popisuje i Stankoviansky (2003), jako morfometricky a geneticky srovnatelný útvar, který má původ ve výmolové erozi. Stankoviansky (2003) dále uvádí, že se nejvíce výmolů váže na pahorkatiny a nižší vrchoviny tvořené horninami méně odolnými proti působení ronových procesů. Hlavní příčina tvorby strží je nadměrné množství vody v krajině, což je způsobeno buď klimatickou změnou, nebo způsobem využívání země. Stržové systémy však mohou vznikat i během lokálních krátkodobých, ale intenzivních dešťů, které se objevují i několikrát během století (Stankoviansky, 2003).

### **3.2 Dendrochronologie**

Dendrochronologie (dendron = strom, chronos = čas, logos = nauka) je vědecká disciplína zabývající se časovým určením stáří stromu, respektive jeho části skrze studium letokruhů a následně obsažených informací ve struktuře datovaných letokruhů (Šilhán, 2013). Je to technika, která využívá roční přírůstky kmene stromu jako základ pro chronologii (Walker, 2005).

Šilhán (2013) zmiňuje, že vlivem střídajících se ročních období jsou jednotlivé sezónní růstové cykly ovlivněny měnícími se klimatickými podmínkami. U jehličnatých stromů se v první fázi vytváří jarní dřevo. Vlivem tenkých buněčných stěn je jarní dřevo světlejší než dřevo letní – fáze druhá, kdy se buněčné stěny vytváří později v letním období. Vrstva jarního a letního dřeva vytvořená v jednom vegetačním období dává dohromady letokruh. Více letokruhů pak tvoří letokruhovou sérii (Šilhán, 2013).

Listnaté stromy rozlišujeme dle výskytu pór (cév) na roztroušeně pórovité, zde se póry vyskytují nepravidelně v celé šíři letokruhu a letokruhy jsou obtížně čitelné, a kruhovitě pórovité. U nich se póry nahlučují na začátku vznikajícího letokruhu v jarním období, tudíž jsou letokruhy těchto dřevin dobře čitelné (Šilhán, 2013).

Ne všechny stromy jsou vhodné pro letokruhové datování. Nejčastěji využívané k dendrochronologii jsou duby (*Quercus*) a některé jehličnany, převážně borovice (*Pinus*), ale také sekvoj a douglaska tisolistá (Walker, 2005).

Dendrochronologie jako systematická datová technika byla vyvinuta ve Spojených státech, zejména díky úsilí Andrewa Douglassa, který založil světově první letokruhovou laboratoř na univerzitě v Tusconu (Arizona) v roce 1937. Douglass a jeho následovníci,

zejména Edmund Schulman a Hans Fritts, se zasloužili o vývoj prvních dlouhých letokruhových záznamů, čímž dopomohli i k rozvoji dalšího využívání těchto metod. Douglass také vyzoroval potenciál stromů jakožto archívu informací o klimatu. Práce s těmito druhy informací se váže na nově vzniklý obor známý jako dendroklimatologie (Douglass, 1919; Schulman, 1956; Fritts, 1976).

V letech 1960 až 1970 dendrochronologové z Tree-Ring laboratoře v Tusconu spolupracovali s vědci zabývajícími se radiokarbonovým datováním v průkopnické práci o kalibraci radiokarbonového časového horizontu (Suess, 1970; Ferguson a Graybill, 1983). Ve výzkumu byly využity především druhy jehličnatých stromů. Zejména pozoruhodně dlouho žijící borovice osinatá.

V Evropě sice vývoj dendrochronologie začal později, ale řada letokruhových laboratoří již založena byla a to na několika univerzitách v Německu (např. Göttingen, Heidelberg, Hohenheim) a např. také v Belfastu v severním Irsku. V Irsku byla většina dendrochronologických prací provedena na dubu (Walker, 2005), zatímco v Německu vyvinuli chronologii jak dubů, tak borovic (Walker, 2005).

### **3.2.1 Zásady dendrochronologie**

Dendrochronologie může být aplikována na dřeva různého druhu. Strom může být stojící i pokácený, může být součástí stavby, může být pohřben na archeologickém stanovišti, nebo v subfossilním stavu – nezkamenělé dřevo s výrazně černou barvou, uložené po stovky až tisíce let např. v rašelině, řekách, bažinách nebo morénových sedimentech (Dendrochronologie.cz, 2014). V některých případech může dřevo pocházet ze sekundárního zdroje, jako je hromada dřeva zbouraného domu, nebo nějaká drenážní operace. Odebírání ze stojícího stromu se provádí přírůstkovým vykrajovačem – dutou kovovou trubičkou, která extrahuje válce z dřeva kmene stromu o malých průměrech. Mrtvá nebo subfossilní dřeva je třeba řezat tak, aby byly v řezu vidět letokruhová řada. V laboratoři se vzorky dřev vyčistí a zafixují a změří. Měření se provádí vizuálně pod mikroskopem. Jiné přístupy zahrnují použití elektronického měřícího zařízení (Cook a Kariukistis, 1990) nebo X-ray denzitometrii, která určuje roční rozdíly v hustotě dřeva (Schweingruber, 1988).

Protože růst stromu je úzce závislý na klimatu, šířky (nebo hustota dřeva) z každého ročního kruhu se budou lišit v závislosti na tom, zda byly klimatické podmínky pro růst

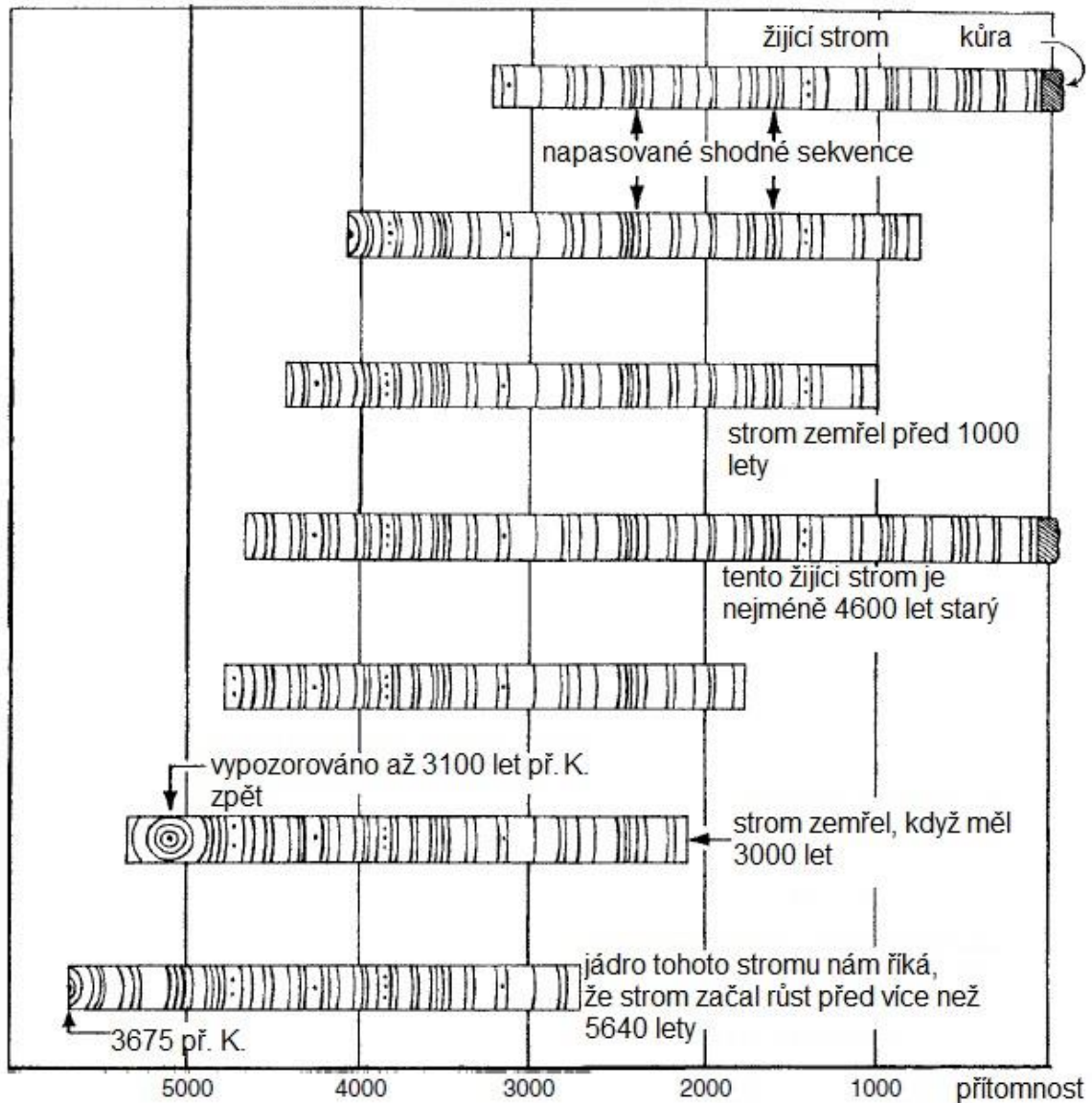
stromu v průběhu každého jednoho roku příznivé nebo nepříznivé (Walker, 2005). To znamená, že v dané oblasti se šířky letokruhů budou lišit v závislosti na lokálních nebo regionálních změnách. Výsledkem je charakteristický prstencovitý vzor s výraznými letokruhy (představující především špatné nebo dobré podmínky pro růst), skupiny kruhů určitých znaků a ty mohou být použity jako základ pro „cross-matching“ či „cross-dating“ k překrývání dosažených věkových rozmezí (Walker, 2005).

Jak Baillie (1995) vyzoroval, pomocí metody „cross-dating“ lze časovou řadu, vytvořenou ze vzorků ze žijících stromů prodloužit o vhodně zvolené vzorky z již mrtvých stromů, případně z ještě staršího dřevěného materiálu. Tímto způsobem může být záznam letokruhů rozšířen retrospektivně dál v čase. Po odebrání mrtvého dřeva z budovy nebo například z rašeliniště, umožní spočítání letokruhů stanovit takzvanou „floating chronology“ a ta může být napasována na hlavní chronologii, a to za pomoci použití výrazných vzorů prstencových šířek (obr. 2). Proto vzorkům dřeva dosud neznámého data může být přiřazen přesný kalendářní věk (Walker, 2005).



**Obr. 2: „Cross-dating“ letokruhů**

(upraveno dle Walker, 2005)



Na obrázku č. 2 můžeme vidět, jak metoda „cross-dating“ pracuje. Výrazné vzory šířek prstenců umožní živé stromy napojit na mrtvá dřeva a mrtvá dřeva zas na subfossilní dřeva, tím se rozvíjí kontinuální chronologie, které se mohou rozšířit přes několik tisíc let.

### 3.2.2 Problémy spojené s dendrochronologií

U stromů mladších je růst dřeva rychlejší, než u stromů starších (Baillie, 1982). S postupným věkem stromu inklinuje strom k redukci šířky prstenců. To může způsobit problémy s datováním, protože hledané kolísání šířek letokruhů, které odráží klimatické

či environmentální faktory, může být skryto ve variacích šířek prstenců způsobených věkem. Šířka letokruhů se liší i s výškou kmene a neexistuje žádný způsob, jak u vzorku starého nebo subfossilního dřeva zjistit, z jaké části kmene pochází. Jedním ze způsobů, kterým tyto potíže mohou být překonány, je standardizace sérií prstencových šířek a vygenerování indexu prstencových šířek (Baillie, 1982).

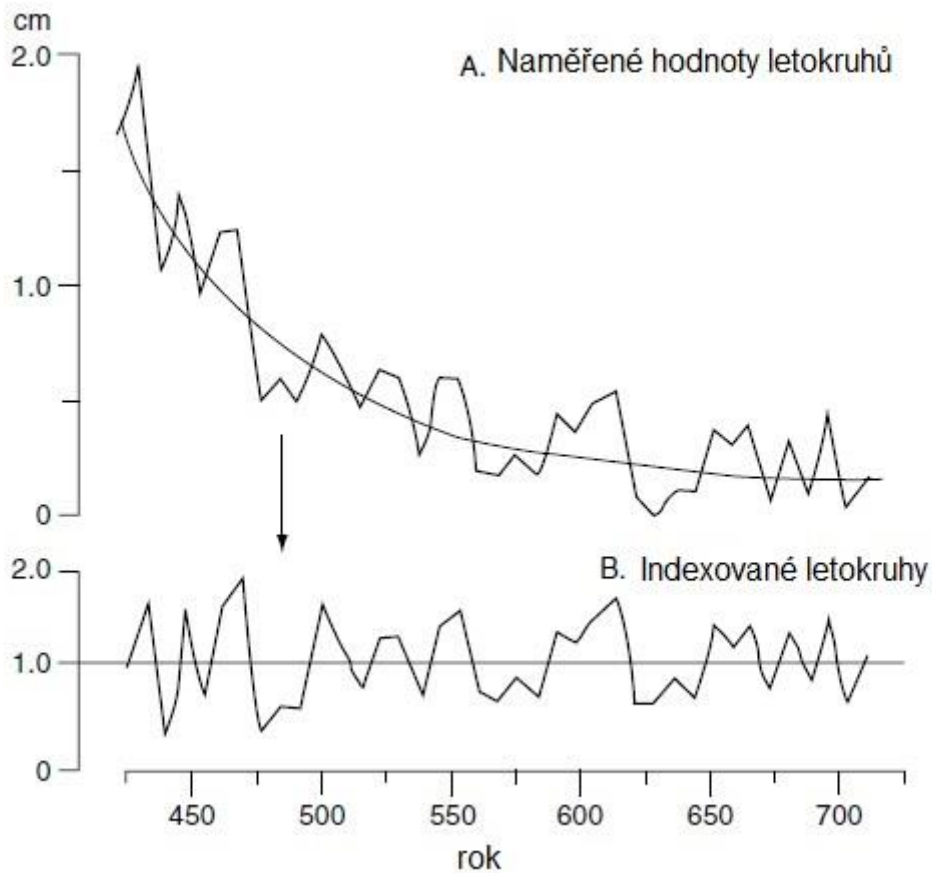
Tyto indexy lze vypočítat pomocí řady statistických metod, včetně regresní analýzy (obr. 3) (Walker, 2005).

Ovšem existují problémy, které je mnohem těžší vyřešit. Stromy mohou růst v lokalitách, kde proběhla buď malá, nebo zanedbatelná změna klimatu. Někde, kde klimatické podmínky mohou mít tak nízkou amplitudu, že zapříčiní minimální úroveň stresu na stromech a nemusíme najít téměř žádné rozdíly v šířce letokruhů v průběhu času (Walker, 2005). Je to z toho důvodu, že dendrochronologie se nejnadhěji aplikuje na stromy, rostoucí v oblastech, kde určitý stupeň klimatického stresu (nízké teploty, nedostatek vláhy, atd.) vytváří série letokruhů citlivěji.

Pokud je stres stromu příliš extrémní, pro daný rok vůbec nemusí vyprodukovat letokruh, nebo může vyrábět pouze nový buněčný materiál na části kmene. V těchto případech může částečně či zcela chybět i celá série letokruhů. Je-li období jarního přirůstání narušeno například silnými pozdními mrazy, může se v jednom roce vyvinout více než jeden soubor buněčných struktur. Tyto prstence jsou označeny za falešné či za jednorocní skupinu přírůstků. Individuální sérii letokruhů tak nemusí být snadné rozpoznat (Walker, 2005). Jediný způsob, jak mohou být chybějící a falešné prstence identifikovány je replikace těchto záznamů pomocí pečlivé a systematické aplikace metody „cross-dating“ (Walker, 2005).

**Obr. 3: Standardizace měření šířek prstenců k vytvoření indexů**

(upraveno dle Walker, 2005)



Na obrázku č. 3 můžeme vidět: (A) záznam je navázán na regresní linii pro měření šířek letokruhů, což poskytuje indikaci obecného poklesu šířky prstenců s věkem stromu. Hodnota pro každý rok se vydělí hodnotou roku získaného z regresní křivky. (B) To vytváří série indexů prstencových šířek, kde byl zkorigován efekt stárnutí a z toho důvodu kolísání letokruhové křivky odráží už jen pouze vliv faktorů životního prostředí (Baillie, 1982).

### 3.2.3 Dendrochronologické série

První výše zmíněné dendrochronologické práce Douglasse a Shulmana (oddíl 3.2) byly z velké části založeny na mimořádném stromě, *Pinus longaeva*. Tyto borovice rostou v celých jihozápadních USA a na suchých a skalnatých místech ve výškách až do 4000 m. n. m., kde se jim daří. Obzvláště dobře se přizpůsobují ve vyprahlých oblastech Bílých hor v Kalifornii (dešťový stín pohoří Sierra Nevada) (Johnson, 1999).

Velké množství zkroucených a zakrnělých *Pinus longaeva* nachází na obrázku č. 4. Nejstarší z nich má více jak 4700 let. Což z této borovice dělá nejstarší žijící strom na světě. Tyto dlouhověké stromy rostou v obzvláště náročných podmínkách a tvoří tenké, vysoce citlivé letokruhy (obr. č. 5). Tato kombinace dlouhověkosti a citlivosti, vytváří dokonalý záznam o minulých klimatických odchylkách (Johnson, 1999).

**Obr. 4: Fotka *Pinus longaeva* rostoucí v Bílých horách v Kalifornii**

(Walker, 2005)



**Obr. 5: Řez padlé borovice osinaté ukazuje velmi úzký růst letokruhů**

(Walker, 2005)



Nejdelší nepřetržitý chronologický záznam ze živých i mrtvých stromů vytvořený metodou „cross-dating“, sahá 8681 let do minulosti (Ferguson a Graybill, 1983).

Ostatní dlouhé letokruhové chronologie ze Severní Ameriky patří sekvoji, douglasce tisolisté a borovici. Nejdelší z nich má borovice balfourova, sahá 3031 roků zpátky (Scuderi, 1987, 1990).

V západní Evropě nerostou žádné stromy, které se dožívají tak dlouho jako *Pinus longaeva*, a proto se dlouhé dendrochronologické série musely vytvářet metodou „cross-dating“ pouze ze subfossilních vzorků a dřev se záznamem kratším než 200 let. Dlouhé souvislé záznamy jsou k dispozici pro Anglii (až 6939 let zpět) (Baillie a Brown, 1988) i pro Irsko (7429 roků do minulosti) (Brown a Baillie, 1992).

Oba z nich jsou založeny na dubu (dub letní, dub zimní). Na základě subfossilních zbytků dubů a borovic lesních z niv velkých řek jižní a východní části Německa byla vytvořena holocenní chronologická dubová řada, sahající až 10430 let do minulosti (Spurk et al., 1998; Friedrich et al., 1999). Chronologická řada borovice, spojená s touto dubovou chronologickou řadou dubu, rozšiřuje dendrochronologický záznam až 11919 let do minulosti (Spurk a kol., 1998; Friedrich a kol., 1999).

Byla také vytvořena 1051 let dlouhá chronologie borovice pro období pozdního glaciálu, které zahrnuje interval mezi cca 11 350–12 300 lety před Kristem (Friedrich a kol., 2001).

Předpokládá se, že tato chronologie bude spojena s holocénovou chronologií dubu a borovice, což by poskytlo nepřetržitý záznam sahající 14 300 let do minulosti (Walker, 2005).

Nejvýznamnější úložiště letokruhových dat je International Tree-Ring Data Bank (ITRDB). Sídlí ve World Data Center-A for Paleoclimatology v National Geophysical Data Center v Boulderu (Colorado, USA). Společnost byla založena v roce 1974. ITRDB obsahuje více než 3275 letokruhových chronologií z více než 1500 míst po celém světě a je volně k dispozici všem vědcům, kteří pracují v oboru dendrochronologie, či s ní souvisejících oborech (Grissino-Mayer a Fritts, 1997).

### **3.2.4 Aplikace dendrochronologie**

Vzhledem k tomu, že dendrochronologie může generovat dlouhé a kontinuální záznamy, umožňuje přesné určení stáří široké škály holocenních událostí. Patří k nim, mimo jiné, sopečné erupce, hlavní změny v klimatu, dokonce i vzestupy a pády civilizací. V archeologii se tato technika ukázala jako zvláště cenná. Umožňuje přiřadit věk k různým objektům, jako jsou stavby, vybudované ze dřeva, prehistorické stezky pohřbené pod rašelinami, trámy lodí a ostatní námořní artefakty (Baillie, 1995).

Letokruhy obsahují řadu možných důkazů o změnách klimatu v minulosti (McCarroll et al., 2003) a dendrochronologie poskytuje nové pohledy na změny klimatu holocénu, které jsou důležité nejen z hlediska historických rekonstrukcí klimatu (Briffa, 2000), ale jsou důležitým směrníkem pro vědce, zabývající se modelováním minulosti a budoucnosti klimatu (Briffa a Matthews, 2002).

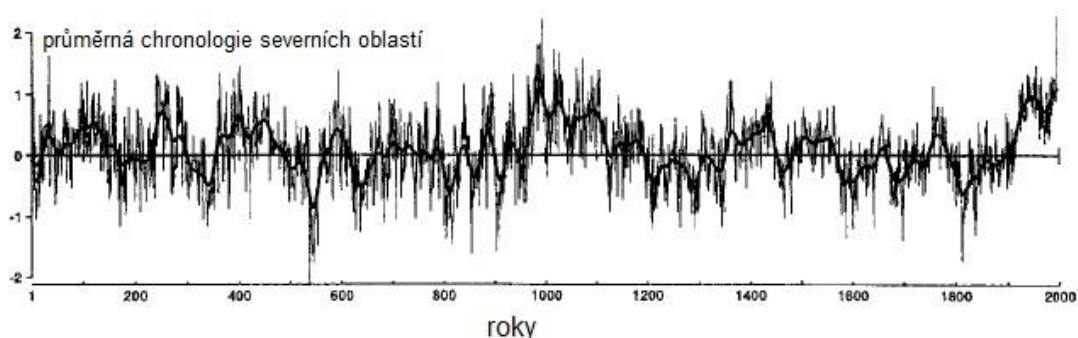
Ale snad to nejdůležitější ze všeho, byla kalibrace radiokarbonového časového rámce podle dendrochronologie (Walker, 2005). Některé příklady těchto různých aplikací dendrochronologie jsou v odstavci 3.2.4.2.

### 3.2.4.1 Datování teplotního záznamu na severní polokouli dlouhého 2000 let

Přesně datované dendrochronologické záznamy jsou nyní k dispozici v mnoha částech světa a obrázek č. 6 ukazuje složení několika takových křivek z regionů severní polokoule (Briffa, 2000). Jednotlivé záznamy, na kterých je tato kompilace založena, jsou z Mongolska, sibiřské části severního Uralu, severního Švédska, severu Severní Ameriky a kanadských Skalistých hor (region mezi Albertou a Britskou Kolumbií). Normalizovaná referenční křivka poskytuje informace o relativních změnách teplot (převážně mix léta a některých ročních signálů) ve vysokých zeměpisných šířkách, nejčastěji mezi 60°-70° s. š., během posledních 2000 let. Tyto výhradně na letokruzích založené chronologické průměry ze severních oblastí ukazují počet jasně definovaných klimatických fází a změn, z nichž mnohé byly identifikovány i v dalších klimatických záznamech. Patří mezi ně výrazný pokles teploty v průběhu šestého století našeho letopočtu a následné období chladnějšího klimatu. Dále výrazně teplejší podmínky během středověkého klimatického optima od desátého do dvanáctého století. Malá doba ledová a zaznamenaný teplotní vzestup, který začal v devatenáctém století a v průběhu století dvacátého tento vzestup ještě nabral na intenzitě (Walker, 2005).

**Obr. 6: Přesně datovaný dendrochronologický záznam**

(upraveno dle Walker, 2005)



Na obrázku č. 6 můžeme vidět průměrné změny teplot na severní polokouli v posledních 2000 let, na základě dendrochronologických dat z několika lokalit severní Asie, severní Evropy a Severní Ameriky (Briffa, 2000).

#### **3.2.4.2 Datování historických srážkových rekordů**

Kromě poskytnutí údajů o změnách teplot, mohou být letokruhové záznamy použity k odvození minulých změn ve srážkových úhrnech a tyto změny mohou být také přesně datovány (Walker, 2005).

Watson a Luckman (2001) popisují takový záznam z jižní části kanadských Skalistých hor. V oblasti národních parků Banff a Jasper a nedalekého Cranbrook v Britské Kolumbii bylo vytvořeno sedm časových řad douglasky tisolisté. Na základě porovnání naměřených odchylek šířek letokruhů se záznamy srážek a teplot z blízkých meteorologických stanic, byl zjištěn těsný statistický vztah mezi rychlostí růstu stromů (která byla zaznamenána právě ve změnách šířek letokruhů) a množstvím srážek.

Ukázalo se také, že je možné kalibrovat variace šířek letokruhů s množstvím srážek tak, že mohl být stanoven kvantitativní odhad minulých změn ve srážkovém režimu (Walker, 2005). Dlouhodobé trendy v těchto třech záznamech si jsou navzájem velmi podobné i v dalších rekonstrukcích z přilehlých oblastí. Rozsáhlé sušší období se objevují v jižních částech Skalistých hor v letech 1700 v letech 1760-1790, 1850-1860, 1890 a během historicky doloženého sucha z let 1920-1940 (Watson a Luckman, 2001). V nejdelším ze záznamů z Banff (obr. 6), došlo k výrazně sušším intervalům zhruba v letech 1470-1510, 1560-1570 a 1630-1650. Tyto rekonstrukce ukazují regionálně koherentní srážkové modely, které se objevují v dekádních časových vymezeních a mohou být spojeny s modely změn atmosférického oběhu (Watson a Luckman, 2001).

Další příklad využití výše zmíněné kalibrace je třeba datování vulkanické činnosti a datování archeologických materiálů (Walker, 2005).

#### **3.2.4.3 Dendrochronologická kalibrace**

Od dob objevu rozporu mezi radiokarbonovým a dendrochronologickým věkem, mezinárodní radiokarbonové společenství hledalo spolehlivý základ pro převod radiokarbonově stanovených let do "skutečných" nebo "kalendářních" let. Tak dalece zašlo úsilí zaměřené se na dendrochronologický záznam, neboť umožňuje přímé srovnání mezi lety dřev určených počítáním ročních letokruhů a radiokarbonovými daty získaných z jednotlivých přírůstků dřeva (Walker, 2005).

Radiokarbonové datování: Radiokarbonové datování byla jedna z prvních radiometrických metod, která byla vyvinuta, a to i přes skutečnost, že je použitelný pouze na relativně krátkém kvartérním čase (cca 50 000 roků), je možná nejrozšířenější ze všech



radiometrických technik. Je založena na výpočtu stáří z poklesu počtu atomů radioaktivního izotopu uhlíku  $^{14}\text{C}$  v původně živých objektech. První radiokarbonové měření byly publikovány v roce 1949, od té byly ve více než 100 laboratořích po celém světě vyrobeny stovky tisíc dat (Walker, 2005).

### 3.3 Dendrogeomorfologie

Dendrogeomorfologie (dendron = strom, morphé = forma, logos = věda) je založena na analýze ročních letokruhů stromů a dřevin a jejich růstových forem. Používá se ke zkoumání prostorových a časových aspektů zemského povrchu, procesů působících v průběhu holocénu v ročních periodách. Je to technika úzce spojená s dendroklimatologií a používá do značné míry stejné metody jako dendrochronologie (Goudie, 2004).

Její aplikace zahrnuje datování, stanovení rychlosti změny a frekvence bouří, záplav, změny říčního koryta, mrazové události, pohyby ledovce, sněhové laviny, požáry, pohyby mas a zobrazení vztahů událostí s klimatem (Goudie, 2004).

Jiné metody než ty, které používá dendrochronologie, zahrnují studie věku, anatomie, morfologie a struktury kořenů, kmenů a korun stromů. Vzory kroužků kořenů mohou být použity k dataci sedimentové agradace/degradace (Goudie, 2004).

Stromy reagují na zvýšení hloubky půdy produkcí dalších nových kořenů; pohyby půdy působí na kořenovou strukturu jejím ohýbáním v průběhu degradace, kdy opouští nyní již obnažené kořeny. Vzdálenosti mezi indexi ukazují rozsah a rok událostí (Goudie, 2004). Excentrické kruhové vzory se vyvíjejí tam, kde jsou kořeny obnažené, nebo kde je denudace přivádí do blízkosti povrchu. Změny vzorů podporované změnami v buněčné struktuře mohou být datovány (Goudie, 2004).

Před odebráním vzorků pohřbených nebo obnažených kořenů, je důležité pečlivě zaznamenat pozici odebraného vzorku, vzdálenost od povrchu půdy i výšku neobnažených částí kořene (Šilhán, 2013).

Po poranění kmene nebo kořene se vytvoří lokální jizvy. Jádro z nepoškozené oblasti v blízkosti rány (ale je třeba vyhnout se opětovnému růstu pletiva) nám pomůže stanovit číslo, udávající počet let uplynulých od dané události (Goudie, 2004). Vývoj koruny poskytne informace o větrných a bouřkových událostech, o sněhové pokrývce a zdraví stromu.

### 3.4 Geografické informační systémy (GIS)

Geografickým informačním systémem se běžně myslí označení počítačových systémů orientovaných na zpracování geografických dat, prezentovaných především v podobě map. Jejich výhodou je, že důkladně oddělují funkci ukládání geografických dat od funkce jejich prezentování (Rapant, 2002). Projeví se to na tom, že stejná data mohou být snadno aktualizována, analyzována a prezentována různými způsoby. Můžeme tak pomocí GISů uspokojit různě požadavky uživatelů z různých oblastí, jakož jsou například maloobchod, inženýrské sítě, doprava, komunikace atd. (Rapant, 2002).

Všeobecně přijatelná a jednoznačná definice pojmu GIS ještě neexistuje, jsou totiž značně poznamenány prostředím, z něhož jejich autoři pocházejí.

Například dle Rapant (2002) by měla říkat, z čeho se GIS skládá, co to dělá, proč a za jakým účelem: „GIS je funkční celek vytvořený integrací technických a programových prostředků dat, pracovních postupů, obsluhy, uživatelů a organizačního kontextu, zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy, modelování a simulace okolního světa s cílem získat nové informace potřebné pro racionální správu a využívání tohoto světa“ (Rapant, 2002).

Základem každého geografického informačního systému jsou geografická data, bez nich by byl software prakticky k ničemu.

Mě byla poskytnuta data DMR 4. Generace z ČÚZK, která jsem zpracoval v obrázku č. 9. Pojmem digitální model reliéfu se rozumí digitální zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu formou výšek diskrétních bodů v pravidelně nebo nepravidelné síti nebo pomocí vrstevnic a terénních hran (Brázdil, 2009).

V obrázku č. 9 je vidět více stržových systémů, ale zkoumaná strž v této práci je znatelně nejvýraznější a nejzhloubenější.

Trendem v poskytování on-line GIS služeb je sdílení informací, ale i šablon a aplikačních řešení (Arcdata, 2014)

## 4 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

### 4.1 Vymezení

Vymezení zájmového území bylo pro lepší návaznost výzkumů převzato z bakalářské práce veselého (2012). Leží mezi městy Stříbro a Kladruby. Po pravé straně silnice 2. třídy č. 193, vedoucí z Kladrub do Stříbra. Blíže je to do Kladrub, cca 800 metrů.

**Tab. 2: Souřadnice lomových bodů hranic zájmového území**  
(vlastní zpracování)

	Y (S-JTSK)	X (S-JTSK)
1	850797,46	1067381,23
2	850683,65	1067413
3	850633,36	1067597,39
4	850819,52	1067668,85
5	850875,98	1067529,46

**Obr. 7: Vymezení zájmového území**

(Vlastní zpracování dle podkladu z Národního geoportálu INSPIRE, 2014)



Na obrázku č. 7 je zachycen i levostranný přítok Úhlavky, potok č. 1-10-01-127 (číslování dle Základní vodohospodářské mapy ČR 1:50000).

V našem zájmovém území se nachází více stržových komplexů. Já se však budu zabývat pouze strží č. 1 (viz. obr. č. 8), u které je silný předpoklad aktivní činnosti. Tato strž

je nepravidelně protékána. Množství protékané vody závisí s největší pravděpodobností na množství vody, které je do ní dodávána ze srážek a tajícího sněhu. Na jejím úpatí pod ústím se hromadí transportovaný materiál, ten tvoří přibližně 25 metrů dlouhý a 20 metrů široký akumulací kužel (Veselý, 2012). Plošný splach se zdá být nejdůležitějším faktorem způsobené ronové eroze, která je původcem vzniku reliéfových rýh, mezi které se řadí právě strže (Pech, 1983).

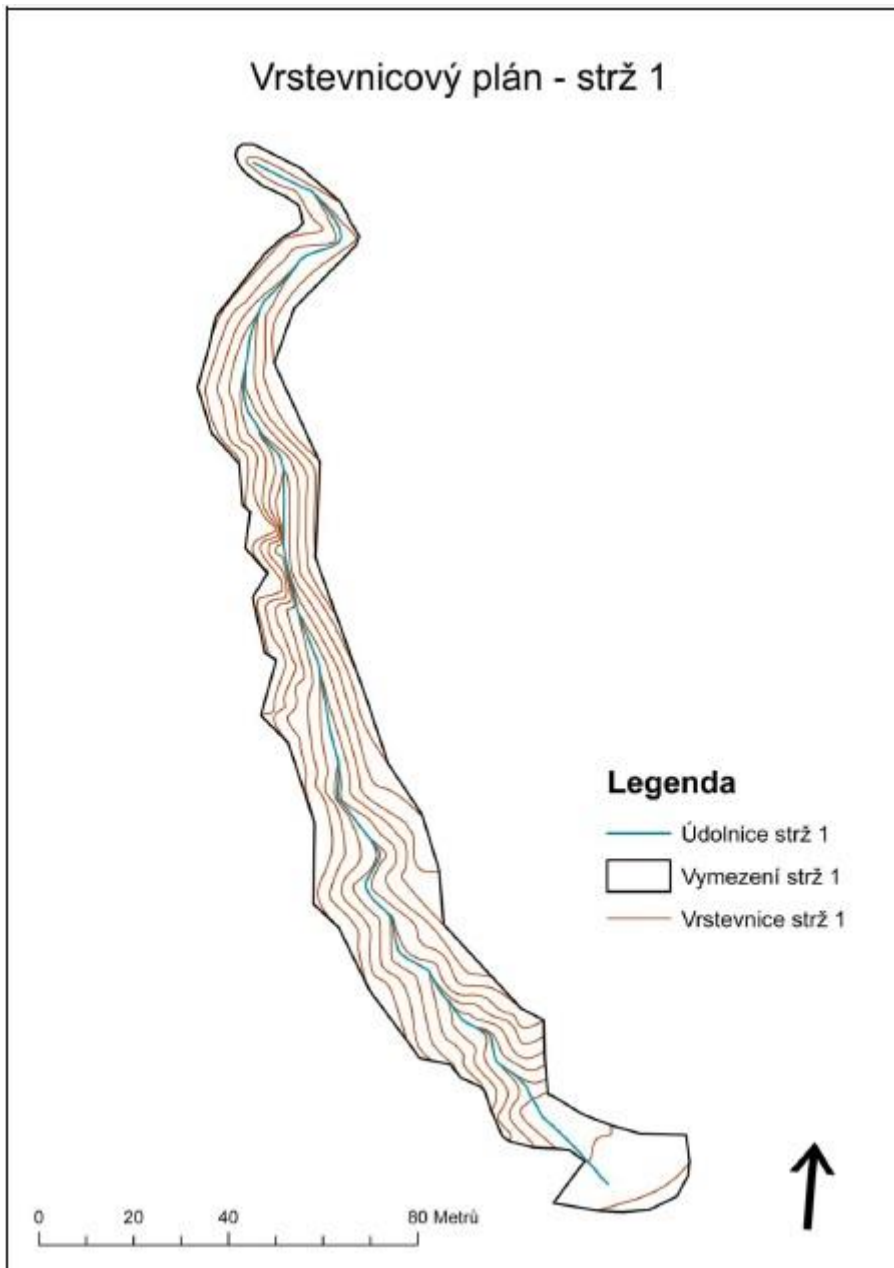
Voda zde plní hlavně úlohu transportní. Gravitační procesy se zde prezentují opady a odtrhy, především pak u materiálu horních hran strží. Vysoká aktivita těchto procesů byla zjištěna na západní hraně strže. Díky tomu místy zůstávají stěny strže kolmé až převislé. Na dně strže se hromadí odtržený materiál a vodou je transportován do akumulací oblasti (Veselý, 2012).

Sledovanou strž lze dle Veselého (2012) rozdělit na tyto čtyři základní morfologické části:

- a) Mělká část bez hlavního směru (prvních cca 75 m strže). Maximální hloubka zde dosahuje šesti metrů a zde také bylo zaznamenáno rozšiřování strže na pařezu smrku ztepilého (*Picea abies*). Pokud se kmen jehličnatých stromů začne naklánět, pak je náklon stromu kompenzován vyšším tempem přirůstání dřevní hmoty na straně náklonu, příčiny náklonu jsou u jehličnatých stromů uvažovány úlomkotoky, které tlačí na spodní část kmenů svou masou (Bollschweiler et al., 2007).
- b) Středně hluboká část strže s lineárním průběhem (zhruba 75. až 165. metr strže). Šířka se zde pohybuje mezi 17-19 m. Lineární eroze se projevuje na svazích a v horních částech svahů se vyskytují četné nátrže. Byla zjištěna přítomnost bahenního proudu a opadu úlomků. V této části strže se vyskytují nejpříkřejší svahy, se sklony dosahujícími 45 - 60°.
- c) Po změně směru strže následuje hluboká část. V těchto místech studovaná strž dosahuje největší hloubky. Z velké části je stabilně protékána a na dně i ve spodních částech stěn výrazně vystupuje skalní podloží. Na svazích jsou v této části méně výrazné současné projevy aktivity.
- d) Výplavový kužel – rozkládá se pod ústím strže, akumulovaný materiál i o velikostech cca 2 cm je protékáním vyplavován ze strže. Dostatečné množství vody dodané do strže, občas způsobí, že síla protékání dosáhne až do přilehlého potoka (Veselý, 2012).

**Obr. 8: Vrstevníkový plán strže č. 1**

(Veselý, 2012)



#### **4.2 DMR 4G**

„Digitální model reliéfu 4. generace je jedním z realizačních výstupů společného projektu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany (MO) a Ministerstva zemědělství (MZe) České republiky s názvem „Projekt tvorby nového výškopisu České republiky“ (Zeměměřický úřad, 2009). Metodickým a procesním

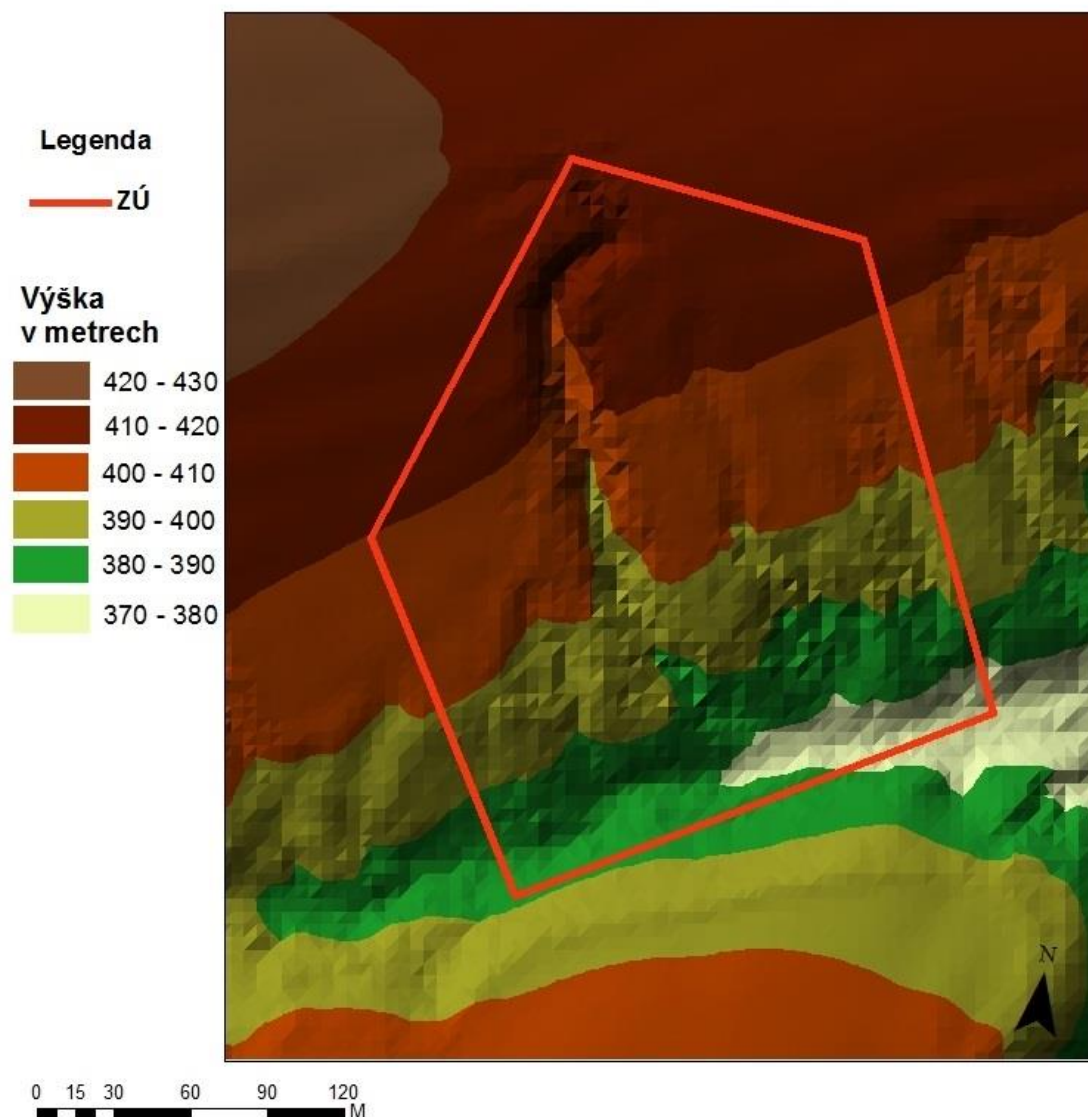
východiskem pro zpracování dat byl „Realizační projekt zpracování výškopisných dat“ (Zeměměřický úřad, 2009).

V současné době existuje je řada výškopisných databází, pokrývající vybraná území ČR. Máme k dispozici i několik digitálních modelů reliéfu různé kvality. Zejména v ČÚZK a v resortu Ministerstva obrany ČR, které pokrývají celé území ČR (Brázdil a kol., 2009).

Obr. 9:

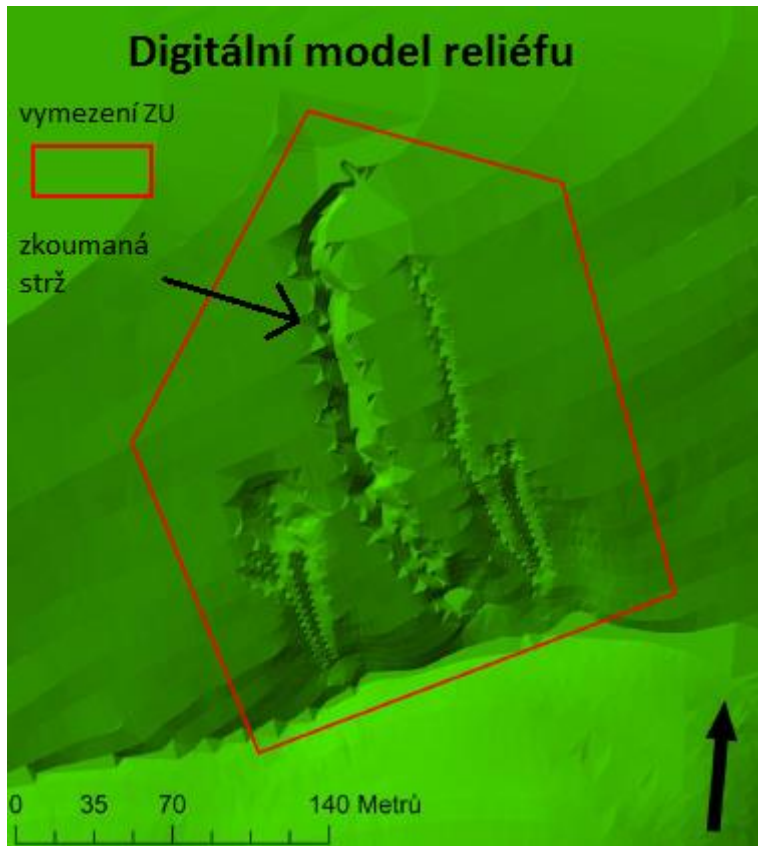
## Digitální model reliéfu 4. generace

(vlastní zpracování na základě dat z ČÚZK)



**Obr. 10: DMR**

(Veselý, 2012)



#### 4.3 Geomorfologie, geologie, pedologie

**Tab. 3: Zařazení zájmového území**

(Národní geoportál INSPIRE, 2012)

provincie	Česká vysočina
soustava	Poberounská
oblast	Plzeňská pahorkatina
celek	Plaská pahorkatina
podcelek	Stříbrská pahorkatina

Geologické podloží horní části zájmového území je tvořeno podložím nejmladší části starohor - neoproterozoickými fylity s vložkami drob s flyšovým vývojem, slabě metamorfované (chloritová a biotitová zóna) (Česká geologická služba, 2013). Převážná část fylitů vznikla z jílovitých a jim chemicky příbuzných hornin, stejně jako svory a pararuly, fylit je však produkt nejslabší. Jsou to jemnozrnné horniny, složené ze sericitu,

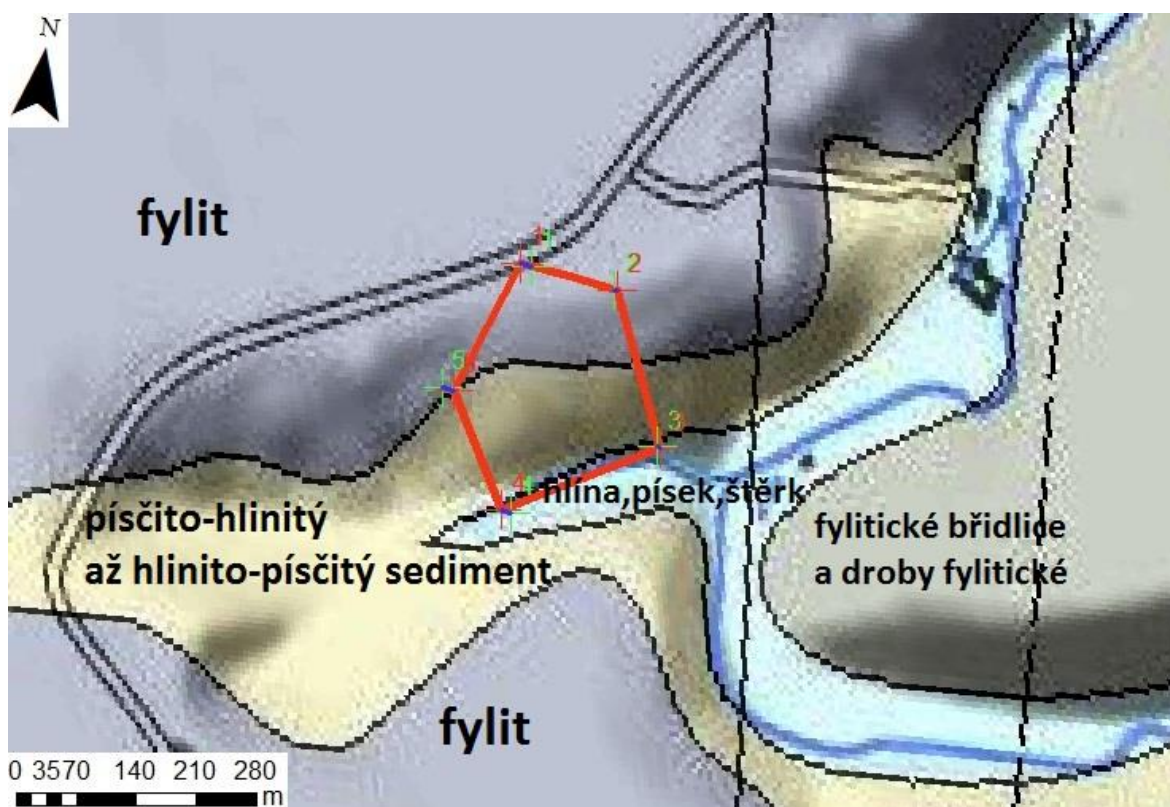
chloritu, křemene a popřípadě i albitu (Hejtman, 1969).. Plochy její velmi výrazné foliace jsou rovinné nebo zvrásněné do vrásek a mají hedvábný lesk, pro fylity tak typický (Hejtman, 1969).

Půdním typem kambisoly – jednotka kambizem luvická. Spodní části v modální pseudogleji je pak s písčito-hlinitými až hlinito-písčitými sedimenty (Česká geologická služba, 2013), které jsou překryty svahovými hlínami (Pech, 1983).

Pech (1983) po jeho terénním výzkumu strží ve Stříbrské pahorkatině píše, že typická sklonitostní asymetrie svahových zářezů je zapříčiněna geologickým podkladem z hornin proterozoika a je dána především stupněm provrásnění rozličně postavených vrstev břidlic. K zahloubení obvykle dochází dle vrstevních ploch. Rozhodující je i směr a sklon vrstev břidlic. Pokud směr vrstev probíhá šikmo ke svahu nebo napříč svahem, vývoj erozních rýh bude asymetrický, odkloněn od spádnice svahu ve směru vrstev a zahloubenější s výrazně zaříznutým dnem. Uložení vrstev ve směru spádnice naopak podporuje vznik strží symetrických (Pech, 1983).

### Obr. 11: Horninové podloží ZÚ

(Vlastní zpracování dle Česká geologická služba, 2013)





#### 4.4 Klima

Zájmové území se rozkládá v mírně teplé oblasti MW11, dle Quittovy klasifikace (viz obr. č. 12) (Tolasz, 2007).

Základní vybrané klimatické charakteristiky (Tolasz, 2007).



- a) Počet letních dní v rozmezí 40–50,
- b) počet ledových dní 30–40,
- c) průměrná lednová teplota (-2)-(-3) °C,
- d) průměrná červencová teplota 17-18 °C,
- e) průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více 90–100, dle obrázku č. 10 z portálu INSPIRE z ArcGis Online (2014) (služba zobrazuje klimatické a srážkové oblasti ČR, vrstvy vznikly na základě dat Výzkumného ústavu Silva Taroucy, pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i) lze také vyčíst, že oblast je srážkově chudá,
- f) počet dní se sněhovou pokrývkou 50–60,
- g) průměrný úhrn srážek v letním půlroce se drží mezi 325–350 mm
- h) jednodenní absolutní srážková maxima 61–80 mm,
- i) dvoudenní absolutní srážková maxima spíše do 80 mm
- j) průměrný roční úhrn srážek 500–600 mm (největší v létě), roční maxima jsou nízká

**Obr. 12: Klimatické a srážkové oblasti ČR**




(Vlastní zpracování dle vrstvy z portálu INSPIRE (2014) - ArcGIS online)

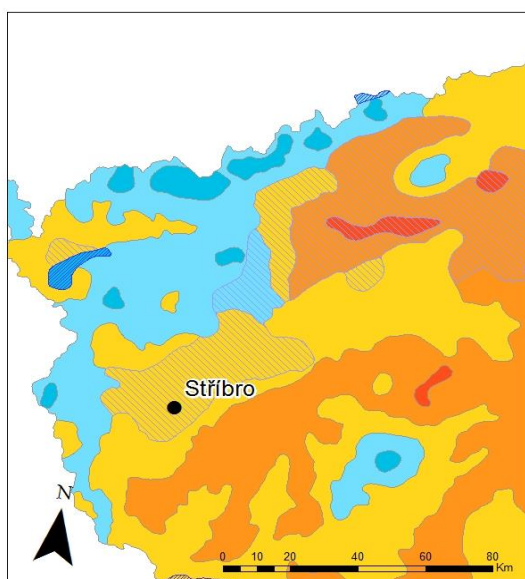
#### Legenda

##### srážkové oblasti

-  srážkově bohaté
-  srážkově chudé

##### klimatické oblasti

-  velmi chladné
-  chladné
-  mírně teplé
-  teplé
-  velmi teplé



Jelikož na stržovou erozi v zájmovém území mají zřejmě větší vliv dešťové srážky, bude důležitější z hlediska srážek letní polovina roku (Stankoviansky, 2003). Stankoviansky sice uvažuje náhlé tání sněhu za faktor ovlivňující vznik a vývoj strží, v ZÚ však 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 mm srážek z celkových ročních 450–500 mm (Tolasz, 2007). Jelikož se vznik a vývoj strží váže taktéž na extrémní srážkové události, může být přínosné zaměřit se na jednodenní, dvoudenní a třídenní absolutní maxima srážek (Stankoviansky, 2003).

Jednodenní absolutní srážková maxima zachycená měřicí stanicí ve Stříbře se pohybují v rozmezí 61–80 mm. V případě dvoudenních maxim se jedná o hodnoty do 80 mm. 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 síť měřících stanic, kterých je po České republice nepravidelně rozmístěno jen 570, nemusí být vůbec zaznamenány (Tolasz, 2007). Měřicí stanice ve Stříbře je od zájmového území vzdálena vzdušnou čarou přibližně 4 kilometry.

#### **4.5 Porosty a zemědělská činnost**

Zájmové území je dostatečně velké, aby poskytlo možnost získání přijatelně kvalitního dendrochronologického standardu, což je důležité, hlavně pro nalezení dostatečného množství starších stromů. Přirozených lesů je v Česku velmi málo, v drtivé většině došlo k minulosti alespoň k částečným zásahům do struktury či druhového složení porostů (Vrška a Hort, 2003). V poslední době se zvedá úsilí lesníků o přírodě bližší druhovou strukturu lesů ČR, co se týče obnovy lesních porostů. „Průměrné stáří dřevin v našich lesích dosáhlo v roce 2012 65 let, ve srovnání s rokem 1950 jsou tak naše lesy starší průměrně o 12 let. Nejvyšší střední věk z hlavních dřevin má borovice (73 let), nejnižší bříza (48 let).“ (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2014).

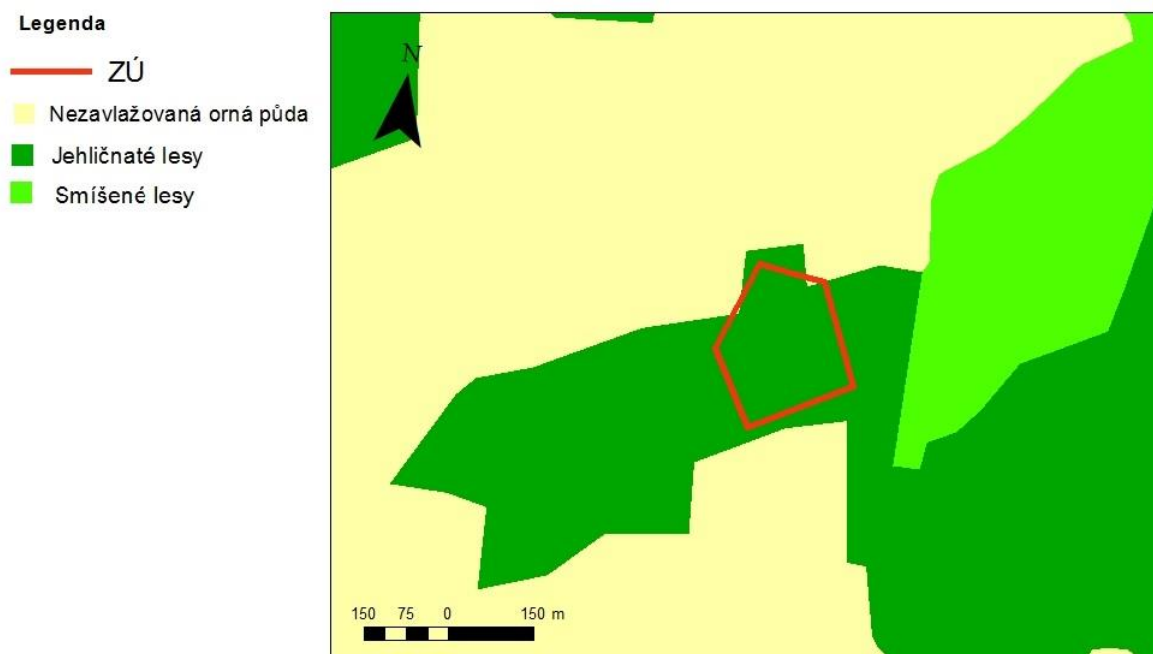
V obrázku č. 13 a 14 můžeme vidět, že prakticky celá část ZÚ je pokryta jehličnatým lesem. Jelikož se v naší lokaci nacházejí především porosty jehličnaté (obr. č. 13), byl proveden výzkum především na smrcích (*Picea*). Jejich dřevo je smetanově bílé až nahnědlé s výraznými letokruhy. Na řezu příčném podélném i tečném snadno zaznamenáme zřetelné barevné odlišení jarní a letní přírůstkové vrstvy dřeva (LESY ČR,

2012). Smrk je poměrně pevný a pružný i přes svou měkkost. Zvláštností je tzv. rezonanční smrk s velkou hustotou letokruhů. Z něho se vyrábí hudební nástroje (LESY ČR, 2012).

A pak také na borovicích (Pinus), které mají dřevo měkké a křehčí než smrkové. Bělová část je smetanově bílá až okrová. Jádru oranžově hnědé až do rezava. Má výrazné letokruhy (LESY ČR, 2012).

**Obr. č. 13: Obrázek vrstvy využití půd a druhů lesa v okolí ZÚ za rok 2006**

(vlastní zpracování dle dat CzechINSPIRE, 2013 dostupných v ArcGIS online)



Zájmové území bylo intenzivně zemědělsky využíváno viz. ortofotomapa z 50. let 20. století (obr. č. 14). Pro utlumení svahové erozní činnosti je výhodné, že struktura krajiny byla fragmentovaná četnými polními cestami a remízky, které dělí svah nad zájmovým územím na menší celky. Ale aktuální ortofotomapy na Národním geoportálu INSPIRE (2012), zobrazují krajinu již viditelně změněnou (obr. č. 14). To může podpořit akceleraci svahových erozních procesů. Na obrázku č. 14 u současné ortofotomapy, vidíme denudační svah, který nevykazuje téměř žádnou fragmentaci. Protierozní opatření - orba půdy ve směru vrstevnic (Montgomery, 1997), je jediné přítomné.

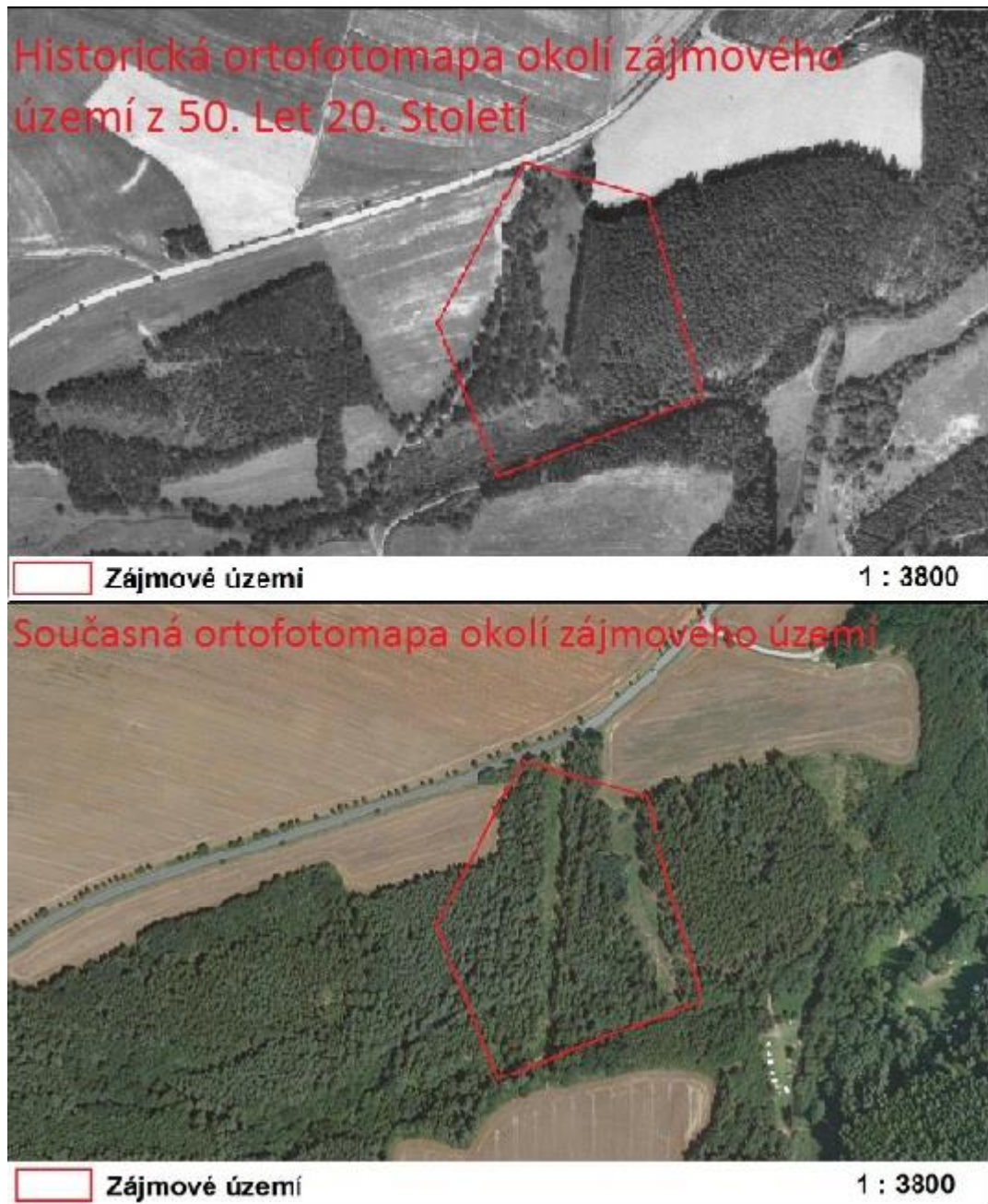
Avšak vliv tohoto svahu na procesy probíhající v ZÚ není uvažován, poněvadž je přerušen silnicí č. 193 z Kladruha do Stříbra. V severo-západní části ZÚ lze z obrázků vyzorovat současnou vyšší míru zalesnění oproti stavu z poloviny 20. století, ta může

mít i vliv na omezení erozních účinků, které jsou v lese nižší než na zemědělsky využívaném území (Stankoviánsky, 2003).

Žádný materiál naakumulovaný lidskou činností nebyl u strže č. 1 zjištěn.

#### Obr. 14: Letecký snímek ZÚ

(Národní geoportál INSPIRE, 2012)



#### 3 vybrané přístupy pro snížení eroze na zemědělských půdách dle Montgomery (1997):

Strip cropping (pěstování v pásech, obr. č. 15) se používá k narušení povrchového proudu vody pomocí výsadby plodin různých výšek v pásech, což záměrně rozbije topografii

povrchu. Povrchový odtok také může být zpomalen na mírných svazích metodou contour plowing (vrstevnicovou orbou, obr. č. 16). Orba v řadách, které obíhají kolem kopce rovnoběžně s jeho vrstevnicemi a tak i kolmo na směr proudění vody, vytváří vroubkovitý zemský povrch směrem dolů a voda nesteče tak rychle. Plošný splach se tedy zpomalí a zmírní se i zarývání vody do půdy. Některé svahy mohou vyžadovat metodu terracing (terasování, obr. č. 17), která spočívá v rozbití jednotného svahu do série mělkých svahů, nebo dokonce do částí, které se sklánějí dozadu do svahu. Tímto se povrchový odtok výrazně zpomalí a nese tak sebou méně sedimentu. Tato metoda byla praktikována od starověku.

**Obr. 15: Strip cropping**

(USDA, 2014)



**Obr. 16: Contour plowing**

(USDA, 2014)



**Obr. 17: Terracing**

(USDA, 2014)



## 5 METODY

### 5.1 Dendrochronologie

Dendrochronologie je metodou exaktní. Žádná tolerance u ní prakticky neexistuje. Vzorek se buď podaří datovat do konkrétního roku, či nepodaří (Walker, 2005).

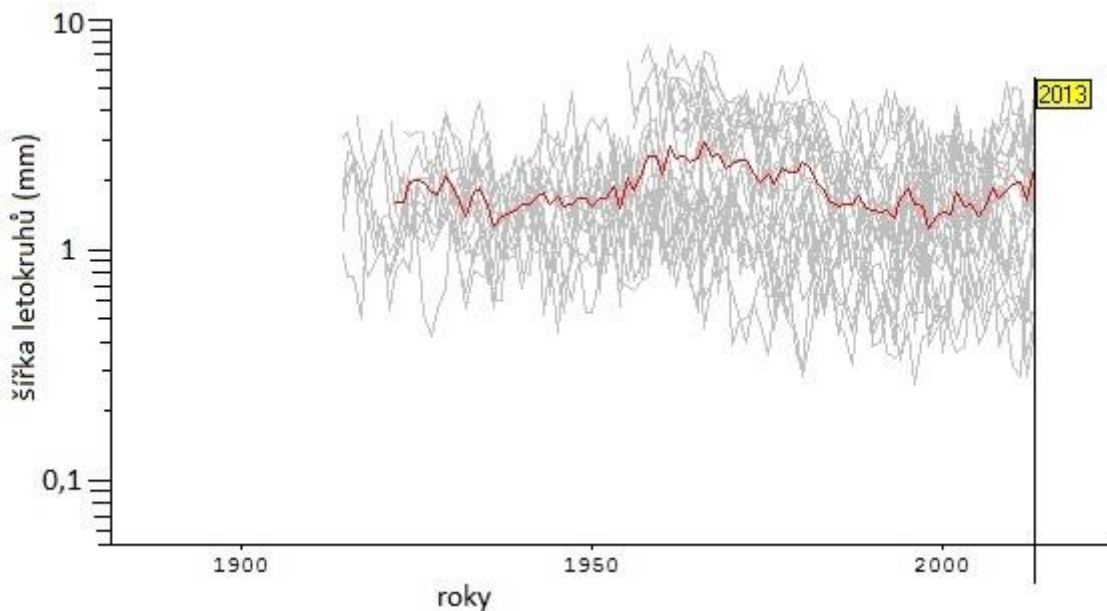
Pomocí této metody přidělíme jednotlivým letokruhům roky a sestavíme referenční chronologii, která bude jako základ k porovnávání přírůstkových křivek postižených stromů. To nám pomůže zařadit jednotlivé události do časového rámce.

Pro sestavení referenční chronologie bylo odebráno 24 vzorků z 12-ti stromů: Více se bohužel odebrat nepodařilo. Nebožez byl již velmi tupý a při vyndávání vrtných jader vzorky deformoval a lámal. Aby plnila svou funkci, byla tato křivka sestavena ze stromů, u nichž lze vyloučit vliv geomorfologického procesu na velikost letokruhového přírůstku (Šilhán, 2013)

Za relevantní se může považovat, pokud jde do vzorku alespoň 5 vstupů (Šilhán, 2013), proto je křivka zhotovena až od roku 1922.

**Obr. 18: Standardizovaná křivka**

(vlastní zpracování)



### 5.2 Dendrogeomorfologie

Jako první je třeba udělat analýzu topografických, geologických map či leteckých a laserových snímků, zaznamenat akumulace materiálu pocházejícího z lidské aktivity.

Pomocí GPS budou zaznamenány polohy odebraných vzorků, které budou graficky znázorněny ve vyhotovené mapě (Šilhán, 2013).

Pro naše zájmové území máme k dispozici z ČÚZK Digitální model reliéfu 4. generace (DMR 4G) ve formě mřížce 5 x 5 m s úplnou střední chybou výšky 0.30 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu (výsledek předběžného automatizovaného zpracování). (Brázdil, 2010), kterou jsem zpracoval v softvérovém prostředí ArcGIS for desktop (verze 10.2.)

Jeden z hlavních problémů dendrogeomorfologie je stanovení celkového stáří stromu. Letokruhy čítají pouze zobrazení věku stromu nad odjadřovacím bodem. Jednou z metod je odebrání kmenových disků blíže k povrchu u celé řady malých stromků rostoucích v lokálním mikroprostředí, korelovat výšku stromů s jejich věkem a vypočítat průměrný růst na poměr výšky k lokálnímu umístění. K stanovení času vytvoření rostliny v prostředí, bude vyžadovat alternativní datovací zdroj (Goudie, 2004).

Destruktivní metoda (získání příčných řezů kmenu) nemůže být kvůli náročnosti provedena, stejně tak metoda klínovitého řezu. V terénu budou odebírány vzorky pro datování ve výseči zájmového území pomocí vrtáku (Presslerova nebozezu) a ruční pilky a to u dřevin, které mají jizvy na kmenech, mají kmeny ohnuté, částečně zasypané či obnažené a poškozené kořeny stromů. U nakloněných kmenů bude proveden pravouhlý vrt ve směru nejsilnějšího naklonění kmene a druhý ve směru opačném. Stromy, jejich malá šířka umožní realizovat jeden vrt napříč celým kmenem, budou navrtány pouze z jedné strany. Stromy, jejichž báze byla pohřbena novým materiálem, poskytnou vrty 2. Jeden ve směru proti svahu, případně proti směru odkud doputoval materiál a druhý opět ze směru opačného (Šilhán, 2013). Náročnost terénu nedovolila, obrat obnažené kořeny o jejich příčný řez. Obvykle se pilkou či nebozezem ve vzdálenosti 0,5-1m od báze kmene odebere 2 cm mocný disk.

Odebrané vzorky jsem vkládal do drážek speciálního polykarbonátového materiálu, jenž je na to vhodný, zde je důležité zvolit vhodnou velikost jednotlivých dutin materiálu. Vzhledem, že náš nebozez má rozměry 20x0,5mm, je namístě si pořídit materiál s drážkami širšími než 0.5mm. Každý samostatný vzorek si pak i nese údaje o typu stromu, v našem případě to jsou převážně borovice lesní (*Pinus sylvestris*), zbytek pak smrk ztepilý



(*Picea abies*), údaje o výšce odběru, o objemu stromu v místě odběru a o poloze ve směru působení svahu (horní, dolní vzorek stromu).

Ze zájmového území bylo odebráno 96 vzorků ze 46-ti stromů, z vizuálně aktivních míst strže. Většina stromů měla ohnuté kmeny. 16 stromů bylo uvnitř strže a ostatní po okrajích či v místech viditelného rozšiřování strže.

Dále je třeba vzorky nechat vysušit na vzdušném místě, v mém případě se sušili půl měsíce. Některé vzorky byly lehce napadeny plísní, to ale není žádný závažný problém díky dalším opracováním. Aby tedy bylo možné vývrty dále zpracovávat a analyzovat, je potřeba je stabilizovat ideálně v dřevěné liště o šířce drážky 5mm a hloubce 2,5-3mm lepidlem vhodným na lepení dřevěných materiálů (Šilhán, 2013).

Pomocí vibrační brusky (se vzorkem smirkového papíru 80, 160) jsem se zbavil nerovností, prasklinek a roztřepeného povrchu způsobeným více a více tupějším vrtákem (což se ale kvůli velkému počtu vzorků dalo očekávat). Tyto nerovnosti téměř znemožňují přesné odečítání letokruhů nebo i analýzu anatomických změn ve dřevě (Šilhán, 2013). Proto je třeba se jich zbavit a povrch co nejlépe zarovnat. Je důležité, aby vzorek pevně držel v liště, jinak by se při broušení mohl rozbít. Pro dokonalé zahlázení povrchu se používá taktéž vibrační bruska, tentokrát s jemnějším vzorem (1000, 2000).

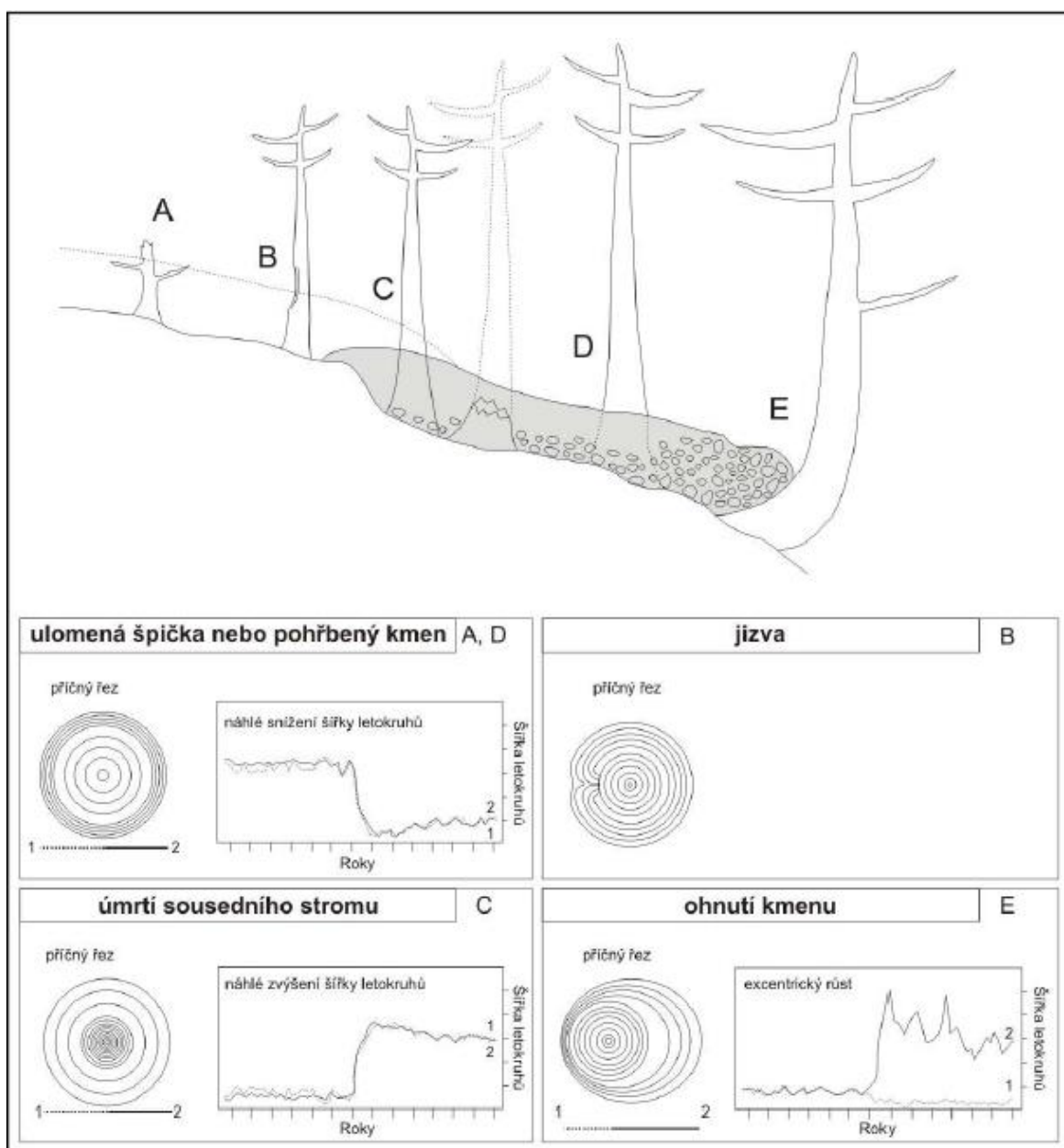
Samotné počítání letokruhů se provádělo na dendrochronologickém měřícím stole (TimeTable). Měřicí stůl je propojen s počítačem. Software PAST 4 pak zaznamenával počet a šířku letokruhů. V tomto software prostředí pak bylo provedeno i vyhodnocení.

Identifikaci falešných nebo chybějících letokruhů můžeme provést prostřednictvím pečlivého porovnávání přírůstové křivky analyzovaného vzorku s křivkou referenční chronologie (Šilhán, 2013).

Ke stanovení rychlosti rozpínání strže byly vhodné pro výběr pouze 2 dvojice stromů, každá dvojice byla od sebe vzdálena přibližně 6m.

## Obr. 19: Reakce stromů v důsledku působení blokovobahenního proudu

(Bollscheweiler a kol. 2007 a Šilhán 2009)



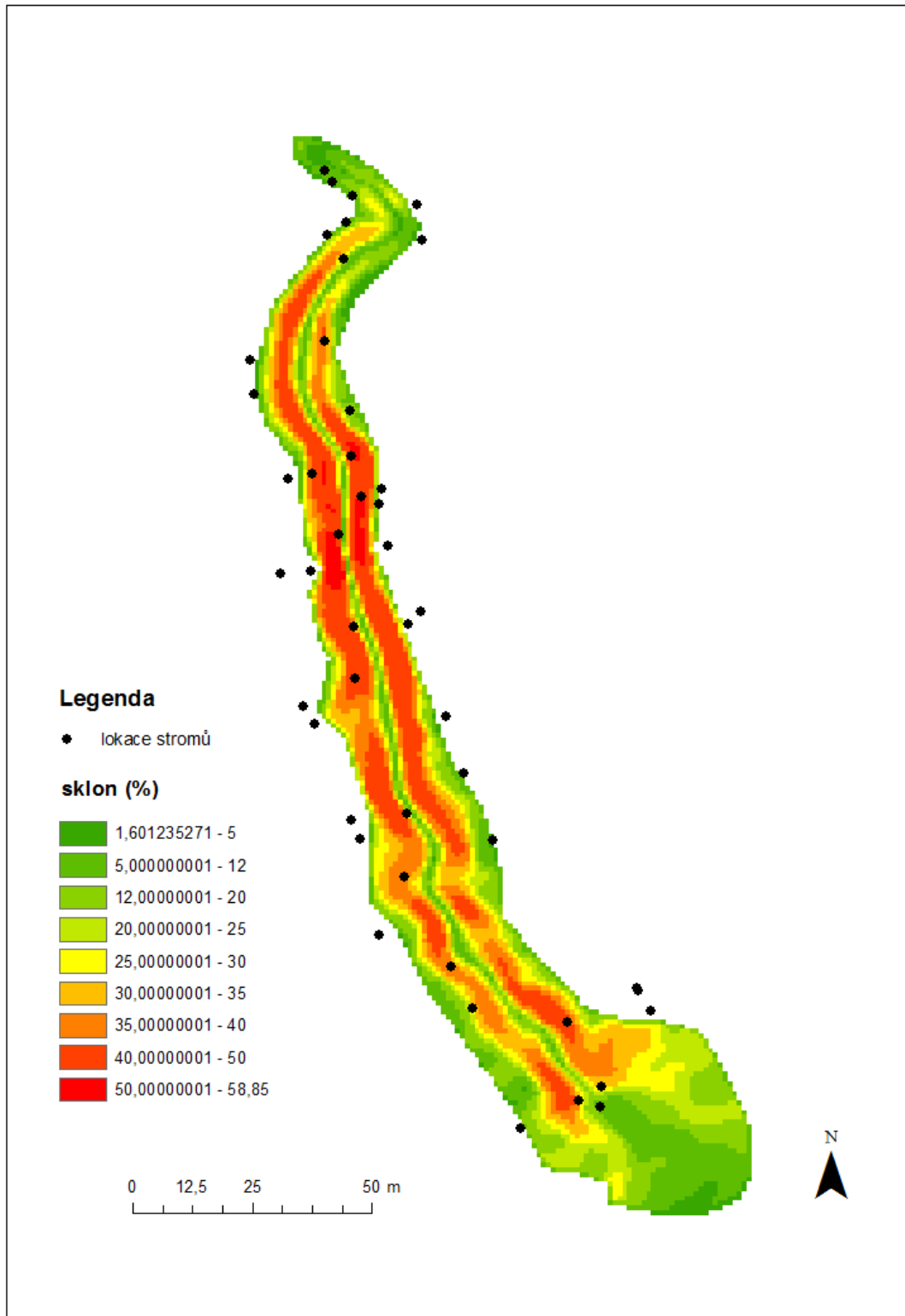
### 5.3 Tvorba modelu vývoje sledované strže

Pro tvorbu GIS byla použita vrstva elementárních forem a rastrová reprezentace zkoumané strže dosažená funkcí Topot raster, vytvořená na základě tvorby modelu strží Veselého (2012), kde jako jeho výstup vznikla atributová tabulka s následujícími hodnotami pro jednotlivé elementární formy (zóny): area, min, max, range, mean, std a sum. Vstupní data byla získána z práce Veselého (2012), díky vytvořené vrstvě „vymezení strže“ byla zachována jednota v použité výseči zkoumané strže.

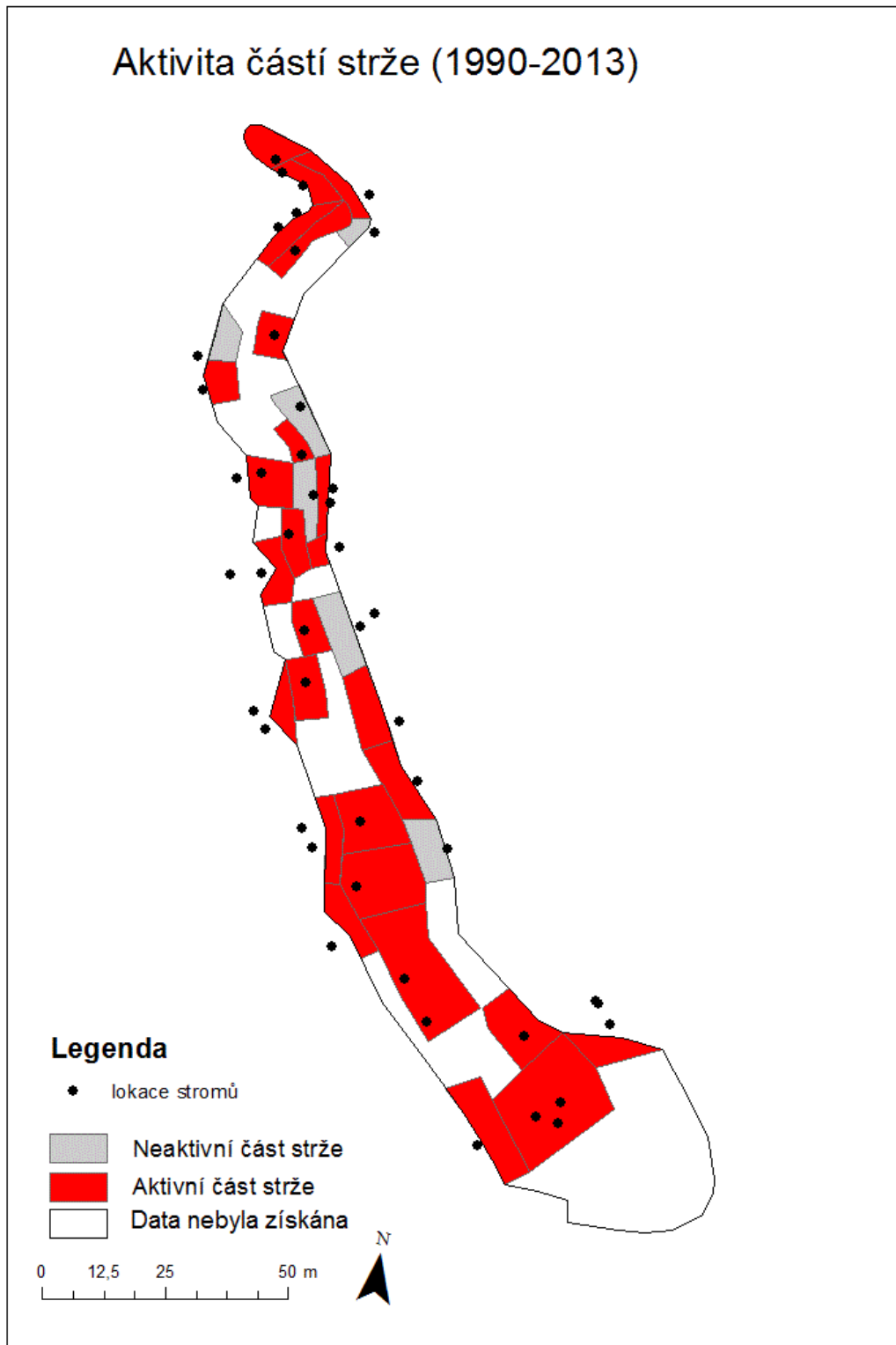
Data byla zpracována v softwaru ArcGIS verze 10.2 a poslouží také k tvoření výstupních modelů aktivity a vývoje sledované strže.

## 6 VÝSLEDKY

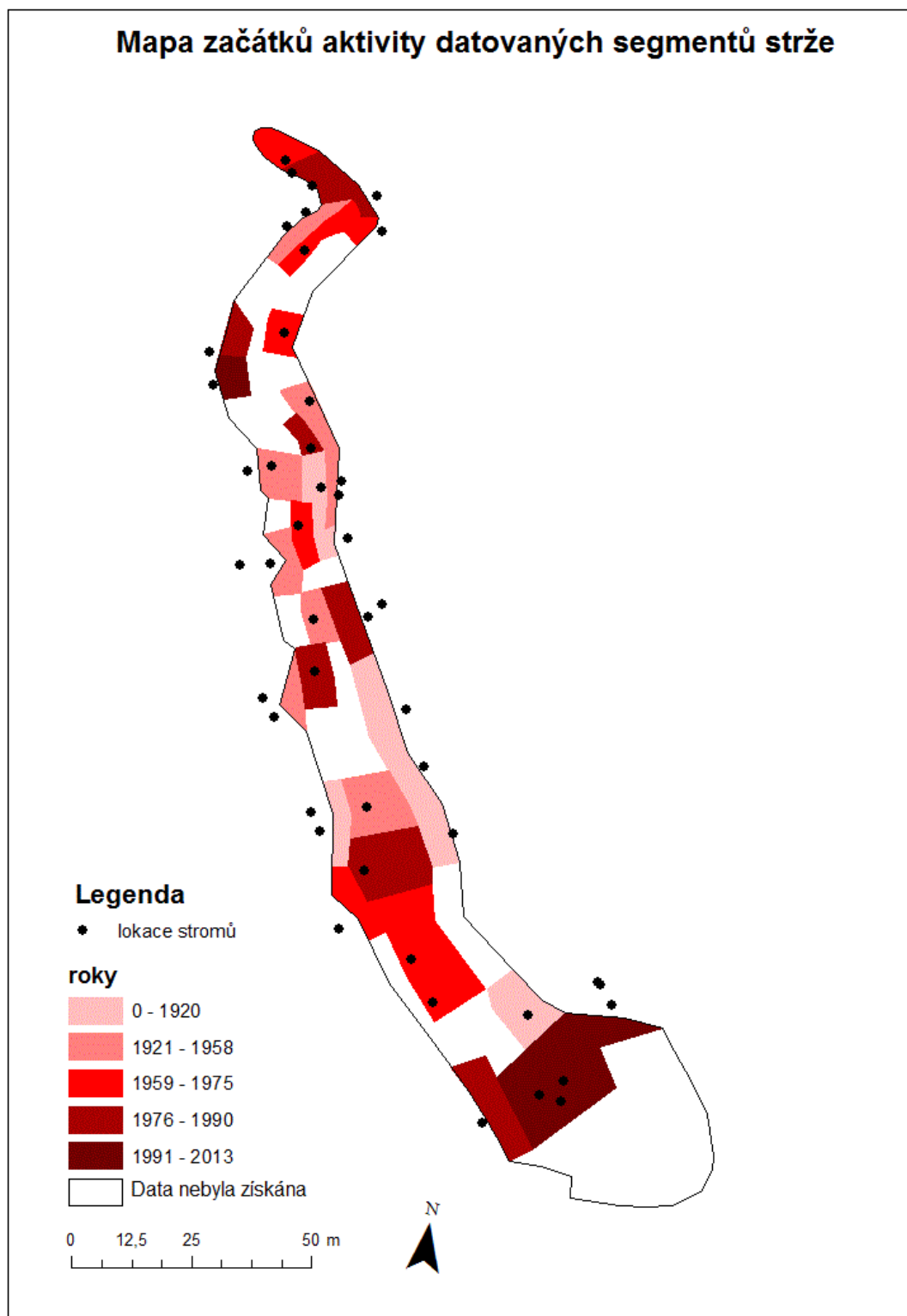
Obr. 20: Mapa znázorňující sklonitost strže a místa odběrů vzorků pro geomorfologické analýzy (vlastní zpracování)



Obr. 21: Mapa recentní stržové aktivity (v úvahu byla brána aktivita od roku 1990 do současnosti)  
(vlastní zpracování)

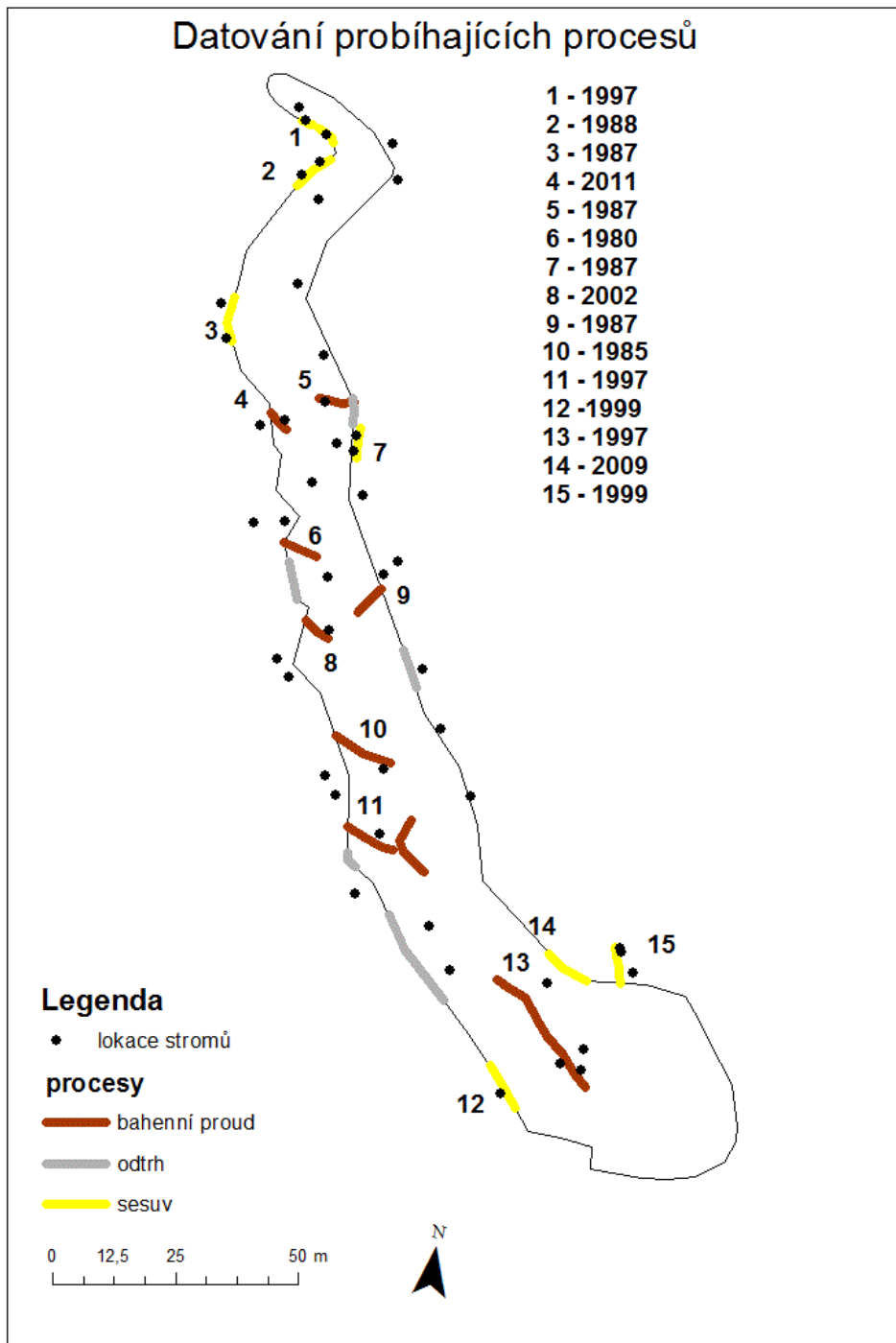


Obr. 22: Mapa znázorňující roky prvních známek aktivit v datovatelných částí strže  
(vlastní zpracování)



Obr. 23: Mapa nejmladších datovatelných začátků procesů strže

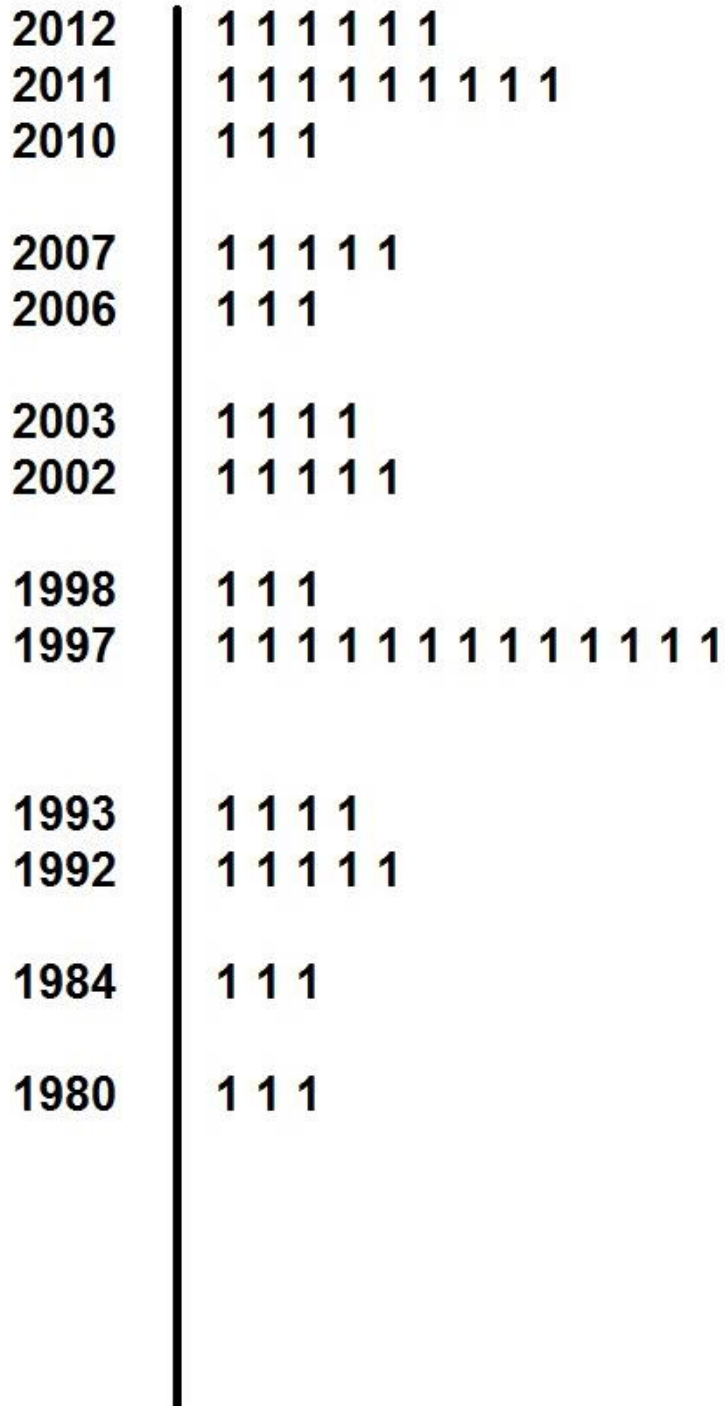
(vlastní zpracování)



Obr. 24: Datované projevy příválových dešťů

1 = aktivita zaznamenaná jedním stromem

(vlastní zpracování)



*V obrázku jsou opomíjeny roky s počtem projevů 2 a méně.*



## 7 DISKUZE

Cílem této práce bylo odpovědět na otázky týkající se recentní stržové aktivity. Získané záznamy křivek vypovídají o propojenosti vysokého sklonu povrchu s neaktivnějšími místy strže. Chtěl jsem se i pokusit stanovit dobu jejího vzniku, ale neměl jsem dostatečně dlouhé chronologie. Ačkoliv 7 vzorků se blíží k rokům 1900 a ještě dál a v těchto místech, i přes aplikovanou transformaci negativní exponenciální funkcí, vrhá své hodnoty razantně nízkou (v případě odběru ze strany stromu, která je do kopce), nebo naopak hodně vysoko (v případě odběru ze strany stromu, která je z kopce). A to platí hlavně pro vzorky odebrané z dolní poloviny strže. U vzorků ve vrchní části tato aktivita není stálá, pouze zaznamenají 2 roky nepříznivých podmínek. To může vést k domněnce, že tato strž mohla vzniknout mezi lety 1872-1903 nebo i dříve. Příčina mohla být v zemědělské činnosti, jež zde probíhala spolu se silnými přivalovými dešti. Bohužel jsem však nedostal požadovaná data z ČHMÚ ze stanice v nedalekém Stříbře. Nicméně i přes tyto potíže se podařilo získat dobrá ze stromů kvalitní data. Vzorky odebrané ze stromů v akumulční oblasti zvyšující se aktivitu strže jen potvrdily. Do budoucna by bylo vhodné provést v kumulační oblasti odběr pomocí sond. Ve stejných místech jako v práci Veselého (2012).

## 8 ZÁVĚR

Terénní výzkum v této práci má obohatit práci „Odezva stržové eroze na probíhající environmentální změny“ (Veselý, 2012) o další analýzu geomorfologických procesů. Avšak nyní už pouze u strže č. 1, u které byl silný předpoklad aktivní činnosti. Voda zde má hlavně transportní úlohu. Hromadí transportovaný materiál pod ústím. Akumulační kužel je zakončen potokem, který pak odnáší materiál dál do Úhlavky. K analýze geomorfologických procesů jsem použil metodu geomorfologie a ty jsem datoval metodou dendrochronologie, díky vzniklé standardizované křivce. V dendrogeomorfologickém výzkumu jsem použil vzorky z 46-ti stromů. Vybíral jsem především stromy, které byly deformovány rozšiřující se strží a byly ovlivněny působícími procesy. Díky získaným křivkám z každého stromu, jsem zjistil, že zhruba dvě třetiny strže jsou stále aktivní. Dále se mi podařilo zjistit, že strž se může v neaktivnějších částích rozšiřovat až o 3 metry za 10 let. Díky častějším přivalovým deštům, které jsou zachyceny v křivkách stromů, byl potvrzen fakt, že aktivita strže akceleruje.

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Tab. 1:** Třídění nejrozšířenějších hornin podle jejich geomorfologické hodnoty (dle Horník, 2004) 5
- Tab. 2:** Souřadnice lomových bodů hranic zájmového území (vlastní zpracování) 23
- Tab. 3:** Zařazení zájmového území (Národní geoportál INSPIRE, 2012) 27
- Obr. 1:** Míra eroze se dramaticky liší v závislosti na využití zeminy (upraveno dle Wolman, 1967) 8
- Obr. 2:** „Cross-dating“ letokruhů (upraveno dle Walker, 2005) 13
- Obr. 3:** Standardizace měření šířek prstenců k vytvoření indexů (upraveno dle Walker, 2005) 15
- Obr. 4:** Fotka Pinus longaeva rostoucí v Bílých horách v Kalifornii (Walker, 2005) 16
- Obr. 5:** Řez padlé borovice osinaté ukazuje velmi úzký růst letokruhů (Walker, 2005) 17
- Obr. 6:** Přesně datovaný dendrochronologický záznam (upraveno dle Walker, 2005) 19
- Obr. 7:** Vymezení zájmového území (Vlastní zpracování dle podkladu z Národního geoportálu INSPIRE, 2014) 23
- Obr. 8:** Vrstevnicový plán strže č. 1 (Veselý, 2012) 25
- Obr. 9:** Digitální model reliéfu 4. generace (vlastní zpracování na základě dat z ČÚZK) 26
- Obr. 10:** DMR (Veselý, 2012) 27
- Obr. 11:** Horninové podloží ZÚ (Vlastní zpracování dle Česká geologická služba, 2013) 28
- Obr. 12:** Klimatické a srážkové oblasti ČR (Vlastní zpracování dle vrstvy z portálu INSPIRE (2014) - ArcGIS online) 29
- Obr. č. 13:** Obrázek vrstvy využití půd a druhů lesa v okolí ZÚ za rok 2006 (vlastní zpracování dle dat CzechINSPIRE, 2013 dostupných v ArcGIS online) 31
- Obr. 14:** Letecký snímek ZÚ (Národní geoportál INSPIRE, 2012) 32
- Obr. 15:** Strip cropping (USDA, 2014) 33
- Obr. 16:** Contour plowing (USDA, 2014) 34
- Obr. 17:** Terracing (USDA, 2014) 36
- Obr. 18:** Standardizovaná křivka (vlastní zpracování) 35
- Obr. 19:** Reakce stromů v důsledku působení blokovobahenního proudu (Bollschweiler a kol. 2007 a Šilhán 2009) 38
- Obr. 20:** Mapa znázorňující sklonitost strže a místa odběrů vzorků pro geomorfologické analýzy (vlastní zpracování) 40

**Obr. 21:** Mapa recentní stržové aktivity (v úvahu byla brána aktivita od roku 1990 do současnosti) (vlastní zpracování) 41

**Obr. 22:** Mapa znázorňující roky prvních známek aktivit v datovatelných částí strže (vlastní zpracování) 42

**Obr. 23:** Mapa nejmladších datovatelných začátků procesů str (vlastní zpracování) 43

**Obr. 24:** Datované projevy přívalových dešťů; 1 = aktivita zaznamenaná jedním stromem (vlastní zpracování)44

## 10 SEZNAM LITERATURY

Baillie, M. G. L. 1982, *Tree-Ring Dating and Archaeology* (London: Croom Helm).

Baillie, M. G. L. 1995, *A Slice Through Time* (London: Batsford).

Bollschweiler, M. a kol. 2007. Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity using dendrogeomorphological methods. *Geomorphology* 87(4): 337–351

Brázdil K. a kol. 2010: Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace. Zeměměřický úřad vojenský geografický a hydrometeorologický úřad.

Briffa, K. R. 2000. Annual climatic variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Reviews* 19: 87–105.

Briffa, K. R. a Matthews, J. A. 2002, Analysis of dendrochronological variability and associated natural climates in Eurasia. *The Holocene* 12: 639–794.

Brown, D. M. a Baillie, M. G. L. 1992, Construction and dating of a 5000-year English bog oak tree-ring chronology. *Lundqua Report* 34: 72–75.

Cook, E. R. and Kariukistis, L. A. 1990. *Methods of Dendrochronology*. Dordrecht: Kluwer.

Douglass, A. E. 1919. *Climatic Cycles and Growth* 1. Washington, DC: Carnegie Institute.

Eronen, M., Zetterberg, P., Briffa, K. R., Lindholm, M., Mariläinen, J. a Timonen, M. 2002. The supra-long Scots pine tree-ring record for Finnish Lapland: Part 1. Chronology construction and initial inferences, *The Holocene* 12: 673–680.

Fairbridge, Rhodes. 1968. *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold Book Corp, New York. 1296 pp.

Ferguson, C. W. and Graybill, D. A. 1983. Dendrochronology of bristlecone pine: a progress report, *Radiocarbon* 25: 287–288.

Friedrich, M., Kromer, B., Spurk, M., Hoffmann, J. a Kaiser, K. F. 1999. Palaeo-environment and radiocarbon calibration as derived from Lateglacial/Early Holocene tree-ring chronologies, *Quaternary International* 61: 27–29.

Fritts, H. C. 1976. *Tree-Rings and Climate*. London: Academic Press. Geography. 395 pp.

Goudie, Andrew S. 2004. *Encyclopedia of geomorphology*. London Routledg. 1124 pp. ISBN 0–415–32737–7.

Grissino-Mayer, H. D. a Fritts, H. C. 1997. The International Tree-Ring Data Bank: an enhanced global database serving the global scientific community. *The Holocene* 7: 235–239.

Grudd, H., Briffa, K. R., Karlén, W., Bartholin, T. S., Jones, P. D. a Kromer, B. 2002. A 7400-year tree-ring chronology in northern Swedish Lapland: natural climatic variability expressed on annual to millennial timescales. *The Holocene* 12: 657–665.

Hejtman, Bohuslav. 1969. *Petrografie*. Nakladatelství ALFA. Vyd. 1. 252 pp. ISBN 04-409-69.

Hornik, Stanislav. 1984. *Fyzická geografie*. Státní pedagogické nakladatelství. Vyd. 2. 319 pp. ISBN 14-380-86.

Huggett, John Richard. 2007. *Fundamentals of geomorphology*. Taylor & Francis e-Library. 472 pp. ISBN 0-203-94711-8.

Johnson, A. 1999. *The Ancient Bristlecone Pine Forest*. Bishop, California: Community Printing and Publishing.

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

McCarroll, D., Jalkanen, R., Hicks, S., Tuovinen, M., Gagen, M., Pawellek, F., Eckstein, D.,  
Schmitt, U., Autio, J. a Heikkinen, O. 2003. Multiproxy dendroclimatology: a pilot study in  
northern Finland. *The Holocene* 13: 829–838.

Montgomery, C. W. 1997. *Fundamentals of geology*. William C Brown Publishers. Vyd. 3.  
412 pp. ISBN: 0-697-32986-0.

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

Roberts, Neil. 1998. *The Holocene: An Environmental History*. Blackwell Publishers Inc. 316  
pp. ISBN 0-631-18637-9.

Scuderi, L. A. 1987. Glacier variations in the Sierra Nevada, California, as related to a  
1200-year tree-ring chronology. *Quaternary Research* 27: 220–231.

Scuderi, L. A. 1990. Tree-ring evidence for climatically-effective volcanic eruptions.  
*Quaternary Research* 34: 67–85.

Schulman, E. 1956. *Dendroclimatic Changes in Semiarid America*. Arizona: University of  
Tuscon.

Schweingruber, F. H. 1988. *Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology*.  
Dordrecht: Reidel.

Spurk, M., Friedrich, M., Hofmann, J., Remmele, S., Frenzel, B., Leuschner, H. H. a Kromer,  
B. 1998. Revision and extensions of the Hohenheim Oak and Pine Chronologies – new  
evidence about the timing of the Younger Dryas/Preboreal-Transition. *Radiocarbon* 40:  
1107–1116.

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

Stokes, Stephen. 2007. Global Environments Trought the Quaternary: Exploring Enviromental Change. Oxford University Press. 359 pp. ISBN 978-0-19-874226-5.

Suess, H. E. 1970. Bristlecone pine calibration of the radiocarbon time-scale 5000 BC to the present. I.U. Olsson, Radiocarbon Variations and Absolute Chronology: 303–311

Summerfield, M. A. 1991. Global Geomorphology. Pearson Education Limited. 537 pp. ISBN 978-0-582-30156-6.

Šilhán, Karel. 2009. Geomorfologie blokovobahenních proudů v Moravskoslezských Beskydech. Ostravská univerzita v Ostravě, katedra fyzické geografie a geologie. 156 pp.

Šilhán, Karel. 2013. Základy dendrogeomorfologie. Universitas Ostraviensis Facultas Rerum Naturalium. 114 pp. ISBN 978-80-7464-285-2.

Škvor, V., Zeman, J. 1976. Vnitřní dynamika Země. Praha Academia. Vyd. 1. 277 pp.

Škvor, V., Zeman, J. 1976. Vnitřní dynamika Země. Praha, Academia.

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

Veselý, Tomáš. 2012. Odezva stržové eroze na probíhající environmentální změny. ZČU Plzeň, katedra geografie. 58 pp.

Walker, M. J. C. 2005. Quaternary Dating Methods. Vyd. John Wiley and Sons Inc. 286 pp. ISBN 0-470-86926-7.



Watson, E. a Luckman, B. H. 2001. Dendroclimatic reconstruction of precipitation for sites in the southern Canadian Rockies. *The Holocene* 11: 203–213.

Wolman, M. G. 1967. *Landscape and processes: Essays in geomorphology*. Geografiska Annaler, Blackwell Publishing on behalf of the Swedish Society for Anthropology and

### **Elektronické zdroje:**

Arcdata. 2014. Geografické informační systémy [online]. Arcdata Praha, ESRI [cit. 28. 7. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/>>.

Brázdil, K. 2009. Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky [online]. Institut geoinformatiky, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 25. 4. 2014].

Dostupné na WWW:

<[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2010/sbornik/Lists/Papers/CZ\\_5\\_2.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2010/sbornik/Lists/Papers/CZ_5_2.pdf)>.

CUZK. 2013. Geoprohlížeč ČÚZK [online]. Český ústav zeměměřičský a katastrální [cit. 24. 5. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>>.

Dendrochronologie. 2014. Subfossilní kmeny [online]. Dendrochronologická společnost 2003 [cit. 24. 5. 2014]. Dostupné na WWW: <[http://dendrochronologie.cz/aktualita\\_47](http://dendrochronologie.cz/aktualita_47)>.

Geology. 2013. Mapy on-line [online]. Česká geologická služba [cit. 24. 5. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online>>.

Lesyčr. 2012. Charakteristika dřeva jednotlivých dřevin [online]. Lesy ČR [cit. 25. 4. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://www.lesyčr.cz/drevo/charakteristika-dreva/Stranky/default.aspx>>.

Příbylová. 2012. Nelineární dynamika a její aplikace [online]. Informační systém Masarykovy univerzity [cit. 28. 7. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js12/dynamika/publikace/baknelindyn.pdf>>.

Rapant, Petr. 2002. Úvod do geografických informačních systémů [online]. Institut geoinformatiky, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 25. 4. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://gis.vsb.cz/dokumenty/ugis>>.

UHUL. 2014. Lesy v ČR stárnou [online]. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem [cit. 25. 4. 2014]. Dostupné na WWW: <<http://www.uhul.cz/rychle-informace/284-lesy-v-cr-starnou>>.

Vrška a Hort. 2013. Studie o parametrech hodnocení přirozenosti lesních porostů v ZCHÚ [online]. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti [cit. 25. 4. 2014]. Dostupné na WWW:<<http://vulhm.cz>>.