

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

**Časoprostorová analýza lavin a jejich rekonstrukce
pomocí letokruhových dat smrku ztepilého (*Picea
abies*) v Krkonošském národním parku.**

Diplomová práce

Bc. Veronika Langová

Školitel: Mgr. Jan Altman, Ph.D

České Budějovice 2015

Langová, V., 2015: Časoprostorová analýza lavin a jejich rekonstrukce pomocí letokruhových dat smrku ztepilého (*Picea abies*) v Krkonošském národním parku. [Spatiotemporal analyses of avalanches and their reconstruction by the mean of tree-rings of Norway spruce (*Picea abies*) in the Giant Mountains National Park. Mgr. Thesis, in Czech.] – 62 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Práce se zabývá rekonstrukcí lavinových událostí v Krkonošském národním parku pomocí široké škály analýz letokruhových dat smrku ztepilého (*Picea abies*). Výsledkem jsou přírůstové křivky zkoumaných lavinových drah (Pramenný důl, Navorská jáma, Pančavská stěna, Velká Studniční jáma a Úpská jáma), které dokazují, že růst stromů ve studované oblasti je řízen jednotným klimatem. Traumatické pryskyřičné kanálky se objevují se zpožděním 1 – 5 let. Spolehlivým indikátorem historických lavin je kombinace 2 a více letokruhových charakteristik. Úspěšně byly detekovány zaznamenané laviny pomocí dendrochronologie, které nejsou evidovány v dostupných materiálech. Dendrochronologie je vhodná metoda k rekonstrukci lavin, i když imisní katastrofa výrazně omezila využití zjištěných dat.

Various dendrochronological methods for avalanche reconstructions was applied on tree-ring records of dominant Norway spruce (*Picea abies*) in the Giant Mountains National Park. The individual growth chronologies from studied avalanche paths (Pramenný důl, Navorská jáma, Pančavská stěna, Velká Studniční jáma and Úpská jáma) proved that climate is the main driving factor of intra-annual variation of tree growth. Traumatic resin ducts are formed with delay up to 5 years. Combination of two and more tree-ring characteristics is suitable for reconstruction of avalanche events. I achieved to reconstruct undocumented avalanches. I conclude that dendrochronology is suitable tool for avalanche reconstruction; however, high pollutant emission highly reduced the potential of gained results.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích
14. 12. 2015

.....
Bc. Veronika Langová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat mému skvělému školiteli Honzovi Altmanovi za odborné a trpělivé vedení při práci v terénu, laboratoři a především za jeho velice optimistický přístup při vypracovávání této práce.

Dále děkuji:

- Grantová agentura České republiky (14-12262S) a Studentské grantové agentura Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity za finanční podporu této práce.
- Botanickému ústavu AV ČR v.v.i. za možnost zpracování dat v perfektně vybavené dendrochronologické laboratoři v Třeboni.
- Krkonošskému národnímu parku za povolení vstupu do chráněných zón a tím pádem umožnění realizace projektu.
- RNDr. Mileně Kociánové za spolupráci a za ukázání lokalit v KRNAPu.
- Všem ochotným přátelům za pomoc při odběrech vývrtů na lavinových svazích většinou za nepříznivého počasí.
- Mým úžasným rodičům za veškerou podporu při studiu.
- Mému nejvěrnějšímu příteli Gastonovi za příjemné rozptýlení při studiu a při vypracovávání této práce.

Obsah

1	Předmluva.....	1
2	Úvod.....	2
2.1	Úvod.....	2
2.2	Laviny.....	2
2.3	Studium lavinových událostí.....	3
2.4	Dendrochronologie.....	4
2.5	Detekce lavin pomocí letokruhových dat.....	4
2.6	Trendy růstu stromů.....	6
2.7	Laviny a Krkonoše.....	7
2.8	Cíle práce.....	7
3	Studované území.....	8
3.1	Krkonoše.....	8
3.2	Studované lavinové dráhy.....	9
3.2.1	Pramenný důl.....	9
Obr. 1	– Lavinová dráha Pramenný důl.....	9
označena	číslem 11B, 11 a 11A.....	9
3.2.2	Navorská jáma.....	9
3.2.3	Pančavská stěna.....	10
3.2.4	Velká Studniční jáma.....	10
3.2.5	Úpská jáma.....	11
4	Metodika.....	12
4.1	Sběr dat.....	12
4.2	Měření šířek letokruhů.....	13
4.3	Krkonošské lavinové záznamy.....	13
4.4	Analýza uvolnění porostu.....	14
4.5	Pryskyřičné kanálky.....	15
4.6	Zmlazení porostu.....	16
4.7	Porovnání měřených letokruhových charakteristik.....	16
4.8	Trendy růstu stromů.....	16
4.9	Rozsahy lavinových drah.....	18
4.10	Rekonstrukce možných historických lavin.....	18
5	Výsledky.....	19
5.1	Přírůstové křivky lavinových drah.....	19

5.2	Pramenný důl.....	20
5.2.1	Výsledky korelací vztahů (Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy (PD-1) a Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy (PD – 2))	24
5.3	Navorská jáma	25
5.3.1	Výsledky korelací vztahů	28
5.4	Pančavská stěna	28
5.4.1	Výsledky korelací vztahů	31
5.5	Velká Studniční jáma	32
5.5.1	Výsledky korelací vztahů	34
5.6	Úpská jáma	35
5.6.1	Výsledky korelací vztahů	37
5.7	Rekonstrukce možných historických lavin.....	38
6	Diskuze.....	41
6.1	Průměrné přírůstové křivky stromů.....	41
6.2	Rekonstrukce lavin pomocí dendrochronologie	41
6.3	Trendy růstu stromů	44
6.4	Vztahy dendrochronologicky zjištěných dat s výskytem lavin a intenzitou potvrzující lavinovou událost	44
6.5	Shrnutí rekonstruovaných krkonošských historických lavin.....	46
7	Závěr.....	47
8	Literatura	48
9	Příloha	54
9.1	Hloubka vzorku	54
9.2	Výsledky korelačních analýz.....	54
9.2.1	Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy.....	55
9.2.2	Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy	56
9.2.3	Navorská jáma	57
9.2.4	Pančavská stěna	58
9.2.5	Velká Studniční jáma	59
9.2.6	Úpská jáma	60
9.3	Vizuální ukázka korelačních posunů na vybraných lavinových drahách.....	61
9.4	Změny způsobené lavinovou činností	61
9.5	Rozsah lavinových drah	62

1 Předmluva

Diplomová práce „Časoprostorová analýza lavin a jejich rekonstrukce pomocí letokruhových dat smrku ztepilého (*Picea abies*) v Krkonošském národním parku“ je rozšířením bakalářské práce na téma „Analýza růstu dřevin na lavinových svazích v Krkonoších“ (Langová 2013).

Bakalářská práce byla zaměřena na detekci lavinových událostí pomocí dendrochronologických analýz dominantního druhu smrku ztepilého. Studie probíhala v Krkonošském národním parku na lavinových drahách Pančavská stěna, Navorská jáma a Pramenný důl. Výsledkem byly letokruhové křivky pro jednotlivé lokality a aplikace dvou odlišných přístupů pro rekonstrukci lavin (detekce uvolnění porostu a detekce výskytu pryskyřičných kanálků).

Hlavní rozdíly a posun předložené diplomové práce oproti bakalářské práci představuje 1) rozšíření metod aplikovaných pro rekonstrukci lavin pomocí letokruhových dat, 2) navýšený počet analyzovaných vývrtů pro již analyzované lokality, 3) rozšíření o nové lavinové dráhy, 4) v případě analýzy pryskyřičných kanálků byly přidány charakteristiky počtů a pozic a 5) práce obsahuje mapy lokalit s vyznačenými zkoumanými stromy.

2 Úvod

2.1 Úvod

Vliv sněhu na organismy a jejich prostředí (*snow ecology*) je nedílnou součástí přírodních cyklů živých i neživých systémů přičemž hlavním činitelem v neživém systému je sněhová pokrývka (Jones et al. 2011, Hlásný et al. 2011). Ve vyšších nadmořských výškách a zeměpisných šířkách jsou na konci zimy rozsáhlé plochy pokryté sněhem. Tato pokrývka na mnohých místech během roku zmizí jen na pár měsíců. V pozdním podzimu se však začne znovu tvořit (Groisman et al. 1994). Vlivem přírodních činitelů (vítr, teplota, srážky) se hloubka sněhové pokrývky místně velice liší. Větrným působením se nahromaděný sníh z rozsáhlých ploch přemístí na hrany karů, kde se vytvoří mnohametrové závěje a převěje sněhu, čímž vzniká riziko lavinového sesunu.

2.2 Laviny

Lavina je definovaná jako pohyb sněhu po svahu v délce skluzné dráhy nejméně 50 m (de Quervain 1973). Sněhové laviny se objevují na svazích o sklonu 30° a 50° (nejvíce 35°-45°), na závětrných svazích, svazích s převátým sněhem a na svazích s menší drsností a při špatné stabilitě v alpském stupni (Cepák 2010). Nestabilita terénu vzniká působením několika faktorů: 1) sklon svahu, 2) expozice a profil svahu, 3) mikrorelief a 4) vegetace. Například dlouhá tráva na svahu, která je v zimním období pokrytá sněhem, se stává skluznou plochou pod nánosy sněhu (Komárková & Lavecchia 1988). Značný význam má i struktura lesa, která ovlivňuje sesunutí lavin. V mnohých případech funguje jako lavinová zábrana infrastruktura lidských obydlí (Vrba & Spusta 1975, Viglietti et al. 2010, Teich et al. 2012). Z hlediska expozice jsou vysoce rizikové jižní svahy kvůli rychlému tání sněhu.

Přírodní fenomén – sněhové laviny – je třeba studovat nejen kvůli významnému vlivu na utváření krajiny, ale i kvůli riziku, které představují pro lidské životy a infrastrukturu (Kukal & Pošmourný 2005). Ve střední Evropě jsou laviny hlavním krajinoformujícím prvkem v lesnatých horách (Jeník 1958, 1961). Laviny ovlivňují dynamiku lesa a udržují vysokou druhovou bohatost na lavinových drahách (Jones et al. 2001, Bebi et al. 2009, Fisher et al. 2010). Biodiverzita krajiny je zaručena pády stromů, čímž vznikají mezery v zarostlé krajině, tzv. gapy (Attiwill 1994). Gapy poskytují nové prostory pro druhy rostlin, které předtím neměly možnost dobře růst nebo vůbec růst (Chumanová-Vávrová et al. 2015). Tento proces pozitivně ovlivňuje druhovou bohatost, která se zároveň mění s lesním typem a geografii (Attiwill 1994).

2.3 Studium lavinových událostí

Součástí studia lavinových událostí je určení prevence sesunu laviny. Rekonstrukce historických lavin tyto znalosti prohloubí a pomůže určit vývoj krajiny dané oblasti. Předjetí sesunu laviny je důležité hlavně v místech, kde žijí lidé, nebo tam, kde se nachází infrastruktura. Zjištění sněhových charakteristik (druh sněhových zrn, velikost zrn, průběh teploty, tvrdost, vlhkost, stabilita sněhového profilu) pomáhá určit stupeň lavinového nebezpečí (Kociánová 2013). Dále lze lavinové nebezpečí určit z meteorologických faktorů, především srážkové intenzity, teploty a větrného proudění (Komárková & Lavecchia 1988, Teich et al. 2012). Většinu těchto parametrů je možné získat pomocí teletermometru. Tam, kde hrozí pády lavin, se mohou budovat lavinové bariéry. Přírozenou lavinovou bariérou je udržení lesního porostu na lavinových svazích. Obranu proti lavinám lze rozdělit na pasivní a aktivní (Kukal 1983). Pasivní obrana představuje protilavinové zátarasy (skály, sítě, kulatina) jako kotvy sněhu v odtrhových zónách a také jako zpomalovače valící se laviny (Komárková & Lavecchia 1988). Aktivní obrana například zahrnuje ukotvování malých sněžných ploch. Na sněžné svahy se vysází vytrvalé křoviny, které snižují riziko sesunu sněhu. Další aktivní obranou je řízený odstřel lavinových převisů za přítomnosti specialistů a odborníků na dynamity a minomety. Výhoda metody odstřelu je, že se přesně ví, kdy se lavina sesune.

Rekonstrukcí lavin lze odhalit vývoj krajiny v minulosti, porozumět jejímu současnému stavu a předpovídat budoucí změny. Získání informací o historických lavinových sesunech se ztěžuje, čím víc se snažíme jít do minulosti. Nejsnazší je využití katastrů lavin. Katastr lavin poskytuje široký rozsah informací od přesného data události po parametry lavin (forma odtrhu, plocha skluzného horizontu, vlhkost sněhu v odtrhové zóně, tvar dráhy, typ pohybu, tvar částic lavinového nánosu a rozměry laviny, vlhkost lavinového nánosu, materiál lavinového nánosu). Ke sjednocení charakteristik lavinových událostí slouží mezinárodní klasifikace lavin (upravena podle de Quervain et al. 1973). Dalším hodnotným zdrojem informací jsou kroniky a paměti lidí, kteří bydlí v blízkosti lavinových drah. Tento zdroj informací je již poněkud omezený. Při velkém štěstí můžeme zjistit rok lavinové události a případně škody, které způsobila. Musíme však brát v potaz nepřesnost daných informací. Lidská svědectví bývají často nadhodnocena zvláště, když jde o více ničivé události (velké materiální škody, ztráty lidských životů) a naopak podhodnocena, když jde o události v neobydlených oblastech (Stoffel & Bollschweiler 2009, Corona et al. 2012b). Jdeme-li hlouběji do minulosti, musíme zapojit vědecké datovací a rekonstrukční metody (analýza pylových dat, usazenin, analýza ledovcového jádra aj.) (Lang et al. 1999).

2.4 Dendrochronologie

Dendrochronologie je jedním z nástrojů, jak studovat přírodní události, které svým silným vlivem mění krajinu kolem sebe (Schweingruber 1996, McDonald et al. 2008). Název je odvozen z řeckých slov *dendron* (strom), *chronos* (čas) a *logia* (studium).

Primárně se z letokruhových dat získává věk stromů. Dále můžeme datovat různé dřevěné objekty (hudební nástroje, rámy obrazů, staré budovy, staré studny) a rekonstruovat klimatické poměry (Buentgen et al. 2013). Pokud se stromy vyskytují v klimaticky stresovaném prostředí, je jejich růst ovlivněn a takové působení se projevuje v podobě různě širokých letokruhových sérií (Schweingruber 1996, Stoffel et al. 2005a,b, Stoffel & Hitz 2008).

Dále lze na základě letokruhových dat rekonstruovat velké množství disturbancí (požáry, záplavy, sesuvy půdy, okus vysokou zvěří nebo lidskou činnost – těžby, pastvy) (např. Schweingruber 2007, Stoffel 2010, Altman 2013a). Také můžeme určit frekvenci a intenzitu disturbancí, které způsobují jak dlouhodobé tak krátkodobé změny prostředí. Dlouhé letokruhové záznamy pomáhají analyzovat procesy, které proběhly před několika desetiletími, stoletími nebo dokonce tisíciletími nazpět (Splechtna et al. 2005, Buentgen et al. 2011, Kitchen 2012, Altman 2013b).

2.5 Detekce lavin pomocí letokruhových dat

K rekonstrukci disturbancí lze dendrochronologické metody rozdělit do dvou základních kategorií (Altman et al. 2014): 1) zjištění nepřímého vlivu disturbance, kdy stromy nebyly přímo postiženy, avšak jejich růst byl ovlivněn změnou ekologických podmínek (zvýšení dostupnosti světla snížením kompetice, změna dostupnosti živin) a 2) analýza přímého vlivu disturbance zasažených jedinců (např. naklonění kmene, odhalení kořenového systému, mechanické poškození kmene). V letokruhových datech lze následně detekovat různé charakteristiky, které nám slouží jako indikátor minulých disturbancí (např. náhlé zvýšení či snížení přírůstků, nerovnoměrná šířka přírůstu letokruhu po celém obvodu stromu, nadměrná tvorba pryskyřičných kanálků) (Shroder 1978, Bitterli 1987, Casteller et al. 2007, Stoffel & Bollschweiler 2009, Dick et al. 2011, Langová 2013, Voiculescu & Onaca 2014).

Odvětvím dendrochronologie, jež využívá letokruhová data k rekonstrukci výskytu geomorfologických procesů (např. lavina (Casteller et al. 2011), skalní řízení (Stoffel et al. 2005b, Stoffel & Hitz 2008), tekoucí svahové pohyby (Stoffel et al. 2005a) či pohyb ledovce (Shroder 1978), je dendrogeomorfologie. Tato vědní disciplína byla pro studium lavin využita v mnohých pracích. Například v Severní Americe (Readon et al. 2008, Butler & Sawyer 2008,

Germain et al. 2010), v Kanadě (Dick et al. 2011), v Alpách (Stoffel et al. 2006, Casteller et al. 2007, Corona et al. 2010, 2012 a, b), Pyrenejích (Molina et al. 2004, Muntán et al. 2009), Andách (Casteller et al. 2009, 2011), Himalájích (Laxton & Smith 2009), v rumunských Karpatech (Voiculescu & Onaca, 2014) a dalších.

Příčinou meziročních letokruhových změn mohou být svahové pohyby (Cook & Kairiukstis 1990, Schweingruber 1996).

Ovlivnění růstu stromů následkem disturbance je v literatuře hojně dokumentováno a často se používá pro rekonstrukci různých typů disturbancí (Altman 2014). Změny v šířkách letokruhů se mohou objevit po náhlém růstu způsobeným zlepšením světelných podmínek (Lorimer & Frelich 1989, Frelich 2002, Black & Abrams 2003, Muntán et al. 2009). Déle trvající výrazné zvýšení radiálních přírůstků indikuje, že strom v minulosti prožil zlepšení světelných podmínek po pádu sousedního stromu (Altman et al. 2014). Takový proces se nazývá uvolnění růstu (*growth release*). Intenzita uvolnění se liší mezi stromy nacházející se v podrostu a stromy tvořícími vrchní korunové patro. Jedinci, kteří rostou v podrostu s omezeným množstvím pronikajícího světla, vykazují výrazné zvětšení růstu po disturbance korunového zápoje nad nimi (Lorimer & Frelich 1989). Stromy s korunami v nejvyšším patře lesa zažívají již dostatečný světelný požitek. Tito jedinci mají zvýšení svého růstu omezené (Nowacki & Abrams 1997), a to i v případě dodání vyššího přísunu světla, živin, vody či prostoru, které následuje po disturbance.

Opakující se údery sněhových lavin způsobí asymetrickou produkci dřeva stromů (Stoffel & Hitz 2008). Na horizontálně orientované orgány těla stromu (větve, kmen) působí tlak (u jehličnatých stromů) a tah (u listnatých stromů). Tím se tvoří reakční dřevo tlakové (u jehličnatých stromů) a tahové (u listnatých stromů). Tlak lavin vychyluje pozici stromu. V důsledku naklonění stromu nastává změna excentricity kmene – střed stromu je posunut (Schweingruber 1996). Strom se snaží navrátit do původního postavení tím, že začne tvořit silnější buněčné stěny cévic (tracheid) na namáhané straně kmene (Schweingruber 1996). Mezi sekundárně impregnovanými (zvýšené množství ligninu) buněčnými stěnami se nachází velké množství intercelulár (Pallardy & Kozłowski 2008, Schweingruber et al. 2008). Vzniká tak vizuálně tmavší zbarvení reakčního dřeva, což je způsobeno zvýšeným podílem plochy buněčné stěny oproti lumenu (buněčné dutiny).

Pryskyřice je ochranný prostředek řady rostlin především jehličnatých dřevin (Stoffel & Hitz 2008). Produkci pryskyřice jedinci zvyšují odolnost buněk, čímž snižují riziko napadení patogenními organismy (Schweingruber 1996). Pryskyřice je produkována v pryskyřičných kanálcích. Jsou to mezibuněčné trubice obklopené epitelovými buňkami. U dřevin *Picea abies* a *Larix decidua* dochází k nadměrné produkci pryskyřičných kanálků po výrazném

mechanickém poškození jedince (Pallardy & Kozlowski 2008, Gärtner & Heinrich 2009), které může nastat např. právě sesunem laviny. Například Gärtner & Heinrich (2009) ohýbali smrky a modřiny, aby dosáhli simulace poškození stromu kamenným sesunem. Chtěli vyvolat formování pryskyřičných kanálků jako reakci na poškození a pak hodnotili, kdy a jak se pryskyřičné kanálky tvoří. Reakce dřevin (traumatické pryskyřičné kanálky, tj. nadměrná tvorba pryskyřičných kanálků seskupena do pruhu v letokruhu Obrázek P4: P = příloha) na mechanické poškození byla obsažena v řadě prací (např. Stoffel & Perret 2006, Stoffel 2010, Tumajer 2013, Langová 2013). Mechanicky poškodit strom a tím ovlivnit stavbu dřeva může i větrné působení (Scurfield 1973, Urban et al. 1994, Casteller et al. 2011, Svoboda et al. 2012, Janda et al. 2014).

Struktura porostu (jeho stáří a složení) může být výrazně ovlivněna lavinovou činností (Chumanová – Vávrová et al. 2015). Analýza věkové struktury porostu je další možností pro detekci historie disturbance (Foster 1988). Vlivem disturbance může dojít k vytvoření vhodných podmínek pro regeneraci dřevin (Altman et al. 2013b). Analýza frekvence zastoupení v jednotlivých věkových kohortách tak umožňuje rekonstrukci disturbance; konkrétně, přítomnost početné stejnověkové skupiny je považována za dostatečný důkaz výskytu disturbance (Duncan & Stewart 1991). Narušení se může podílet na udržení diverzity v lokálním i krajinném měřítku (Frelich 2002).

2.6 Trendy růstu stromů

Ekologické nároky dělí stromy na světlo milné a stín milné. Na základě růstových trendů lze určit, do jaké skupiny zkoumané stromy patří (Goodell & Faber-Langendoen 2007). Více prací (napr. Oliver & Stephens 1977, Lorimer et al. 1988, Frelich 2002) determinovalo pět základních růstových trendů: 1) unimodální, 2) sestupný, 3) vyrovnaný, 4) bimodální, 5) nejasný. Navíc Plener (2015) rozšiřuje tyto základní trendy o další dva, které se prolínají s prvními pěti, avšak poskytují detailnější informace: 6) gap release, 7) nejvyšší růst v prvních 30 letech života zkoumaného jedince.

Světlo milní jedinci rostou na začátku života rychleji. Ukazuje se u nich růstový trend sestupný, vyrovnaný či tzv. gap release růstový trend (Lorimer et al. 1988, Frelich 2002, Plener 2014). Stín milní jedinci jsou schopni růst dlouhou dobu pod zápojem a do korunového zápoje se dostávají později. Ti vykazují růstový trend unimodální a bimodální v případě, že během svého života zažili narušení porostu, což se projeví zvýšením růstu (Frelich 2002, Oliver & Stephens 1977). Stín milné druhy reagují na uvolnění výrazněji než

méně tolerantní druhy (Lorimer & Frelich 1989, Orwig & Abrams 1994, Nowacki & Abrams 1997).

Disturbance (v našem případě lavinové události), resp. růstové odpovědi na ně, lze zkoumat prostřednictvím analýzy trendů růstu.

2.7 Laviny a Krkonoše

Krkonoše jsou vhodným místem, kde lze studovat historické laviny pomocí dendrochronologie. Je to oblast s vysokou lavinovou činností. Vyskytují se zde laviny v mnoha formách a velikostech. V Krkonoších je vznik lavin podmíněn: 1) hornatým terénem, 2) turbulentním proděním vzduchu, které v zimě přemísťuje sníh a v létě zase podporuje rezistenci sněhové pokrývky. Díky působení silných větrů zde vzniká 80-85% lavin z nového sněhu a tím se tvoří měkké deskové povrchové laviny. Zbýlých 15-20% je zastoupeno dvěma druhy lavin vzniklých ze starého sněhu. První z nich je základová lavina ze smíšených firnových vrstev, které jsou v Krkonoších vzácné a druhý z nich jsou vlhké a mokré firnové laviny, které jsou v Krkonoších běžnější (Vrba & Spusta 1975).

Krkonošské laviny způsobují převážně narušení povrchu terénu a lesního porostu (Kociánová & Spusta 2000, Kociánová et al. 2004). Lavinové dráhy se v Krkonošském národním parku vyskytují v první zóně, čímž lidem významně nepřekážejí. Tím se dostává do popředí jejich přírodovědná hodnota. Můžeme tak pozorovat přirozený vývoj dynamické krajiny (Spusta & Kociánová 1998). Lavinové dráhy jsou považované za hodnotná prostředí z pohledu druhové bohatosti. Západní větry transportují semena rostlin, drobné živočichy a částičky půdy z blízkých a vzdálených míst, která jsou naopak ochuzovaná a vegetace je mechanicky rozrušovaná. Tomuto procesu se říká mechanismus anemo-orografických systémů, který byl objeven a popsán právě v Krkonoších (Jeník 1961).

2.8 Cíle práce

- 1) Letokruhovou analýzou dominantního druhu smrku ztepilého (*Picea abies*) zhodnotit věkovou strukturu porostu a sestavit růstové křivky pro jednotlivé lokality.
- 2) Pomocí různých dendrochronologických metod rekonstruovat disturbance na vybraných lavinových drahách v Krkonošském národním parku.
- 3) Určit růstovou strategii smrku ztepilého (*Picea abies*) na lavinových drahách pomocí trendů růstu stromů.
- 4) Výsledky dendrochronologických analýz korelovat s údaji z katastru lavin Krkonoš a dalšími záznamy s informacemi o významných lavinách.

3 Studované území

3.1 Krkonoše

Sběr dat proběhl v Krkonošském národním parku (KRNAP) na vybraných lavinových drahách. KRNAP se rozkládá v severovýchodní části Čech a má rozlohu 364km². Je nejstarší národní park v České republice (vyhlášen roku 1963).

Česká část Krkonoše je členitá hornatina o střední výšce 901m a středním sklonem 13°23' (Anděl 2007). Krkonoše charakterizuje chladné klima (Quitt 1971). Vyskytuje se zde rychlá proměnlivost počasí. Od nejvyšších poloh až po nejnižší polohy se průměrná roční teplota pohybuje od 0°C po 6°C. Průměrné roční srážky se pohybují v rozmezí od 800 mm v nejnižších polohách a na horských hřebenech spadne až 1400 mm (Kajzarová 2012). Ve vyšších polohách se sněhové vločky nebo zmrzlé krupky vyskytují téměř celý rok, ale souvislá sněhová pokrývka se tvoří až v listopadu obvykle o výšce 100 až 300 cm. Hřebeny pokrývá nerovnoměrná sněhová vrstva díky přefoukávání sněhu z návětrných svahů. Přefoukaný sníh se pak akumuluje na ledovcových karech a tvoří zde mnohametrové převisy a závěje. Tento proces podmiňuje pravidelnou lavinovou aktivitu. Nejmocnější převisy se vyskytují v Obřím a Labském dole (www.krnep.cz).

Krkonoše jsou jediným územím České republiky, na kterém se vyskytuje vysoká lavinová aktivita (Tabulka 1). Je zde přes 100 míst, kde se lavinové události vyskytují (Anděl 2007). Laviny se však v poměrně menší míře objevují i v Jeseníkách a Kralickém Sněžníku. Díky velkému rozsahu nadmořské výšky (400 – 1602 m. n. m.) je v Krkonoších velká druhová diverzita mnoha skupin organismů, včetně endemitů (Kociánová et al. 2005, Štěpánková 2008) a glaciálních reliktnů (Štěpánek 1989). Nejcennější místa, z pohledu druhové bohatosti, se vyskytují v subalpínských lokalitách, jako jsou například pastviny nad zalesněnou oblastí, vrcholky skal, kamenité svahy nebo právě lavinové dráhy (Spusta & Kociánová 1998, Kociánová et al. 2005, Kaplan 2012).

Tabulka 1 – Seznam studovaných lavinových drah a jejich charakteristik (převzato a upraveno z lavinového katastru české části Krkonoš).

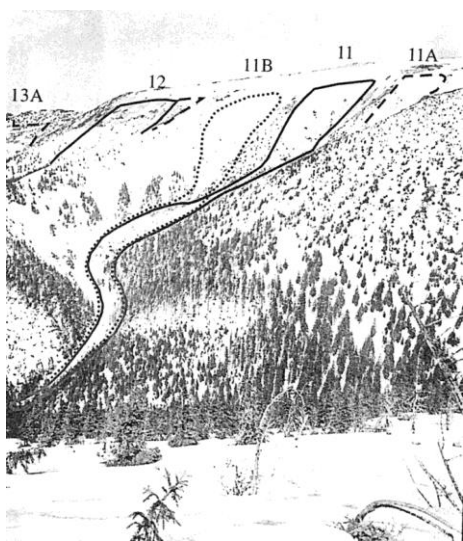
Lavinová dráha	Sklon	Expozice (m n. m.)	Odtrh (m n. m.)	Dojezd (m)	Výškový rozdíl (m)	Délka laviny max. (m)	Šířka odtrhu max. (m)
Pramenný důl	45°-40°	JJV	1475	1000	475	1250	280
Navorská jáma	40°-35°	V	1275	1050	225	700	150
Pančavská stěna	55°-50°	V	1275	1010	265	750	130
Velká studniční jáma	50°-45°	VJV	1460	1150	950	750	150
Úpská jáma	45°-35°	JV	1390	950	440	1400	200

3.2 Studované lavinové dráhy

Následuje podrobnější charakteristika lavinových drah Pramenný důl, Navorská jáma, Pančavská stěna, Velká Studniční jáma a Úpská jáma. Tyto údaje byly převzaty z prací Spusta & Kociánová (1998) a Kociánová (2013). Fotografie jednotlivých drah (Obrázek X – X) pochází z Spusta & Kociánová (1998).

3.2.1 Pramenný důl

Lavinová dráha Pramenný důl (Obrázek 1) se nachází na J až JV svahu Luční hory a skládá se ze třech širokých žlabů. Žlaby zasahují do Pramenného potoka, který touto lokalitou protéká. Pravý a levý žlab (při pohledu z údolí nahoru) vznikly díky odumření stromů. Tyto stromy dříve působily jako lavinová bariéra. Pravděpodobně byly sněhovými



lavinami vyvráceny a odneseny pryč. Prostřední žlab je považovaný za nejstarší. Pro Pramenný důl je celá Luční hora sběrným místem sněhu. Sníh je přefoukáván S, SV a SZ prouděním větru. Převěje se zde netvoří, vznikají však sněhové polštáře. Aktivní prostor dráhy je široký 400 m a odtrhová zóna je v rozmezí 50 m – 280 m. Dominují zde deskové laviny. Prostřední část lavinové dráhy zasahuje až do protisvahu a postranní části dráhy pouze k potoku vyskytujícím se na konci údolí. Dráhy procházejí esovitým údolím a díky tvaru okolí jsou formované do trychtýřovitého tvaru.

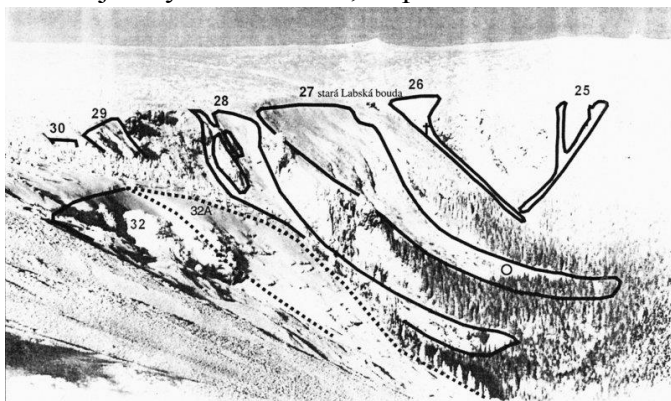
Obr. 1 – Lavinová dráha Pramenný důl označena číslem 11B, 11 a 11A.

3.2.2 Navorská jáma

Lavinová dráha Navorská jáma je druhá největší dráha v Labském dole hned po lavinové dráze Velká lavina (Obrázek 2). Navátý sníh se zde vyskytuje až do počátku června. Odtrhová zóna dráhy je široká 150 m. Horní třetina svahu je 40 m vysoký skalní práh. Pravá strana svahu (při pohledu z údolí vzhůru k Labské boudě) je travnatá a podmáčená. Levá strana svahu (při stejném pohledu) je skalnatá. Sběrným místem sněhu pro Navorskou jámu je rozsáhlá planina Labské louky. Málodky se zde objevují prachové laviny. Převládají sesuny deskových lavin, které díky skalnímu prahu nabývají vysoké rychlosti a zasahují až do protisvahu. V dojezdu lavinové dráhy se vyskytují deformované zakrslé smrky (*Picea abies*).

3.2.3 Pančavská stěna

Lavinovou dráhu Pančavská stěna nalezneme v Labském dole mezi lavinovou dráhou Navorská jáma a Schustlerův žlab (Obrázek 2). Se Schustlerovým žlabem má Pančavská stěna společný dojezd. Horní část svahu je široký až 150 m. Zhruba polovina svahu je zarostlý skalnatý terén. Vyskytují se zde porosty kleče, deformované smrky a jeřáby. Druhá polovina svahu je krytá křovinami, kapradinami a travními společenstvy. Prudký vítr ze západní a

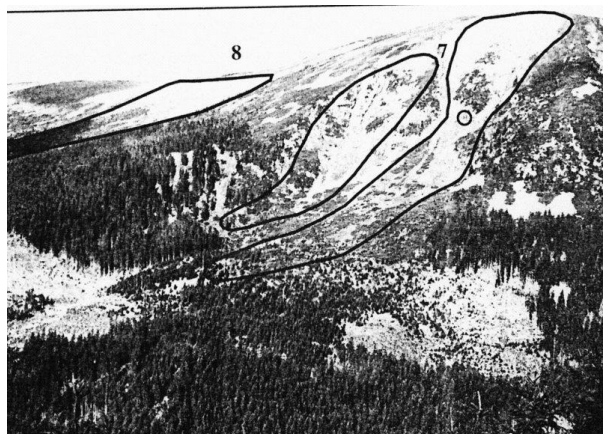


severozápadní strany ukládá v odtrhové zóně velké množství sněhu. Od ledna zde převěje tvoří jednotný celek. Během následujících dvou měsíců dosahují převěje obrovských rozměrů. Nejvyšší lavinová aktivita byla zjištěna v březnu, kdy se díky oteplování převěje odlamují.

Obr. 2 – Lavinové dráhy v Labském dole: Navorská jáma (27), Pančavská stěna (29).

3.2.4 Velká Studniční jáma

Lavinová dráha Velká studniční jáma se nachází na V a JV Studniční hory spolu s lavinovou dráhou Malá studniční jáma (Obrázek 3). Oproti svahům v Úpské jámě vykazuje Velká studniční jáma menší lavinovou aktivitu. K sesunu lavin dochází maximálně jednou za

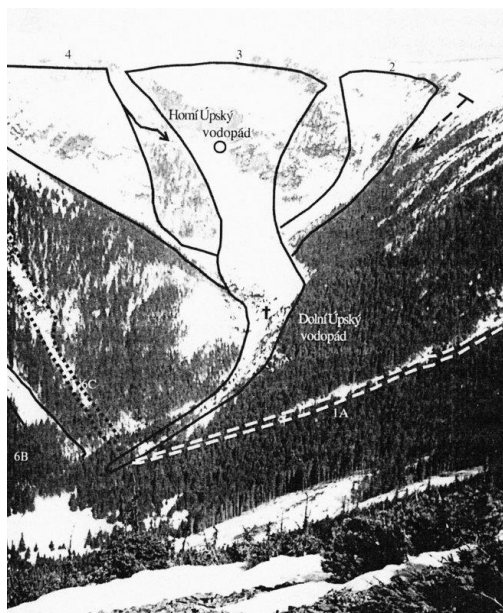


zimou. Svah je rozdělen skalní stěnou na dvě části na pravou a levou při pohledu z dojezdu dráhy. Na levé straně se tvoří velké převěje sněhu a ty se neustále odlamují. Strhávají s sebou čerstvě napadlý sníh a tvoří tak malé laviny. Tyto laviny po sesunu usadí sníh ve spodní části dráhy. Tímto procesem vzrůstá mocnost sněhu v dolní části dráhy, aniž by spadla větší lavina.

Obr. 3 – Lavinové dráhy v Obřím dole: Velká Studniční jáma (7).

3.2.5 Úpská jáma

Lavinová dráha Úpská jáma je tvořena čtyřmi lavinovými svahy (Žlab Úpičky, Úpská rokle, Sněhová strž, Lavinový žlab) (Obrázek 4). Při Z a SZ větrném proudění se na hraně svahu vytváří sněhové převěje. Sníh je přefoukáván z náhorní roviny Rówinia pod Snieżka,



z Úpského rašeliniště a Bílé louky. Formují se zde malé laviny nebo deskové laviny. Malé laviny přemist'ují pouze hmotu převěje. Častěji se pádem převěje vytvoří desková lavina ze sněhu nahromaděného na svazích karu. Úpská jáma je vysoce aktivní lavinová oblast. Během jedné zimy dojde až ke čtyřem odtrhům na stejné dráze. Spojením několika lavin může dojít k zásahu až pod Dolní Úpský vodopád. Horní část lavinové dráhy je travnatá a místy s porosty kleče. Od horní části směrem dolů po svahu se objevuje skála, skalní práh a žlab. Sněhové laviny jsou plošné a žlabové.

Obr. 4 – Lavinové dráhy v Obřím dole: Úpská jáma (3).

4 Metodika

4.1 Sběr dat

V letech 2011 až 2014 byly odebrány vývrty z 275 jedinců smrku ztepilého (*Picea abies*) rostoucích na vybraných lavinových drahách 1) Pramenný důl, 2) Navorská jáma, 3) Pančavská stěna, 3) Velká Studniční jáma, 4) Úpská jáma. Vývrty byly odebrány pomocí Presslerovo přírůstových nebozezů (Mora, Švédsko) o délkách 30-60 cm. Vrtalo se z pravidla v prsní výšce (135cm), nicméně v některých případech nebylo možné vrtat v této výšce z důvodu špatné dostupnosti kmene na prudkém svahu. Tato strategie odběru byla zvolena z důvodu menší pravděpodobnosti získání vzorku s reakčním dřevem a vyhnutí se kořenovým náběhům (=získání reprezentativnějšího signálu v letokruzích) na úkor přesného zjištění stáří (Schweingruber 2007).

Byly vybrány stromy, které rostly jak v dojezdových částech lavinových drah, tak po jejich stranách. V případě lavinové dráhy Pramenný důl byly výsledky vyhodnoceny zvlášť pro horní část lavinové dráhy a její boky a dojezdovou část lavinové dráhy, aby byla větší šance detekovat lavinové události pomocí letokruhových dat. Lavinová dráha Pramenný důl se od ostatních zkoumaných drah liší svým tvarem terénu. Dráha se stáčí a zužuje do úzkého trychtýře, přes který se menší laviny obtížně dostanou až dolů. Stromy rostoucí v dojezdu dráhy nemají velkou šanci zaznamenat menší laviny, které se sesunou nahoře.

Stromy byly vrtány vždy ze strany, ze které na ně laviny nejpravděpodobněji působily (Obrázek P4). Snahou bylo vrtat skrz strom, aby byl získán kompletní vývrt ze dvou protilehlých stran vybraného jedince. V případě, že se to nepodařilo, strom byl podruhé vrtán z druhé strany. Tak byly získány 2 letokruhové řady pro srovnání růstu v rámci jednoho kmene. Vývrty byly v terénu popsány, uloženy do přepravních brček a převezeny do laboratoře, kde byly podrobeny dendrochronologické analýze. Některé vývrty nebylo možné dendrochronologicky analyzovat, protože byly rozlámané na mnoho kousků, které nebylo možné správně seřadit, nebo byly části vývrtní vyhnulí. Tabulka číslo 2 udává přehled jednotlivých lokalit na základě zjištěných charakteristik vývrtů stromů pro roky 2011 až 2014.

Tabulka 2 – Přehled charakteristik jednotlivých lavinových drah na základě odebraných vývrtů od roku 2011 do roku 2014.

	Pramenný důl	Navorská jáma	Pančavská stěna	Velká studniční jáma	Úpská jáma
Počet vrtaných stromů	44	54	49	56	72
Počet analyzovaných stromů	42	50	42	53	66
Počet odebraných vývrtů	54	73	86	63	112
Průměrný věk stromů	81	102	62	50	102
Maximální věk stromů	176	229	110	135	182
Minimální věk stromů	31	32	36	32	36

4.2 Měření šířek letokruhů

Vývrty byly upraveny pro změření šířek jednotlivých letokruhů tak, že byly navlhčeny vodou (pro změkčení dřeva) a seříznuty pomocí přístroje Core-Microtome (Gartner & Nievergelt 2010), aby vznikla plocha po celé délce vývrtu se zřetelnými buňkami. Následně byl připravený povrch zvýrazněn bílou křídou, čímž vynikly hranice mezi jednotlivými letokruhy.

Pomocí měřicího přístroje TimeTable a odečítacího modulu ParSer v1.3 (www.sciem.com) byly změřeny šířky jednotlivých letokruhů (zvláště jarní a letní dřevo) pod stereomikroskopem Olympus SZ51. Vývrty byly měřeny od středu ke kůře v programu PAST4 (www.sciem.com). Následovalo křížové datování (tj. přiřazení konkrétního roku jednotlivým letokruhům) jednotlivých letokruhových sérií. Výsledné přírůstové křivky jednotlivých lokalit byly sestaveny v programu PAST4, následně detrendovány a standardizovány v programu R (R Core Team 2015) s využitím balíku DetrendeR (Campelo et al. 2012). Z mezinárodní letokruhové databáze ITRDB byla stažena přírůstová křivka pro krkonošskou oblast (Grissino-Mayer et al. 1993). V programu PAST4 byla ověřena správnost datování sestavených křivek a stažené křivky pomocí hodnot Gleichläufigkeit, které odráží změny v meziroční variabilitě šířek letokruhů (Eckstein & Bauch 1969).

4.3 Krkonošské lavinové záznamy

Nejstarší záznamy o lavinových sesunech byly převzaty z Kociánová (2013). Využily se pouze pro srovnání výskytu zjištěných letokruhových znaků a zmlazení porostu s výskytem

lavinové události v Obřím dole a Pramenném dole. Parametry lavin chybí. Informace obsahují pouze počet usmrčených lidí, zvířat a případně škody na majetku.

Správa Krkonošského národního parku pravidelně sleduje lavinovou aktivitu jednotlivých lavinových drah přibližně od roku 1962. Počátek evidence záznamů na lavinových drahách není ve všech případech stejný. Jsou zde rozdíly v rozmezí jeden až tři roky. Lavinové události jsou hodnoceny podle mezinárodní klasifikace lavin (de Quervain et al. 1973). Zaznamenávají se: 1) formy odtrhu laviny, 2) polohy skluzného horizontu valčího se sněhu, 3) vlhkost sněhu v odtrhové zóně, 4) tvar skluzné dráhy, 5) typ pohybu laviny, 6) tvary částic lavinového nános, 7) rozměry laviny (délka a šířka lavinové dráhy, výška a šířka odtrhu a hloubka lavinového nános) a 8) příčiny vzniku lavinové události.

Zjištěné údaje, tj. procento stromů ukazující uvolnění (střední, velké), výskyt pryskyřičných kanálků (jejich početní kategorie a způsob jejich umístění v letokruhu), počet nově rostoucích stromů (v 1,3 m), byly porovnány s katastrem lavin Krkonoš. Konkrétně s počtem lavin a jejich délkou. V souvislosti s tvarem lavinové dráhy je na každé dráze jiná maximální délka, a proto byly, na základě délek sesunutých lavin, určeny hranice malé a velké laviny (Tabulka 3).

Tabulka 3 – Přehled velikostí lavin na jednotlivých lavinových drahách.

Lavinová dráha	1. stupeň velikosti lavin malá lavina (m)	2. stupeň velikosti lavin velká lavina (m)
Pramenný důl	200 - 749	750 - 1200
Navorská jáma	200 - 549	550 - 700
Pančavská stěna	250 - 449	450 - 750
Velká studniční jáma	600 - 680	700 - 850
Úpská jáma	500 - 750	800 - 1400

4.4 Analýza uvolnění porostu

Uvolnění (*release*) korunového zápoje způsobí zvýšení přísunu světla pro jedince, v jehož okolí byl korunový zápoj narušen. Takové uvolnění bylo v našem případě z velké části způsobené lavinovou disturbancí, ale nemůžeme jednoznačně vyloučit i další činitele (např. vítr).

K zjištění uvolnění porostu byla použita metoda „*radial-growth averaging*“ (Nowacki & Abrams 1997), která srovnává průměrnou šířku letokruhů pro předchozích deset let růstu stromu a průměrnou šířku letokruhů pro následujících deset let růstu stromu.

Procentuální růstová změna se počítala podle rovnice:

$$\%GC = [(M2 - M1)/M1] \times 100$$

$\%GC$ = procentuální růstová změna
 $M1$ = průměr pro předchozích 10 let
 $M2$ = průměr pro následujících 10 let

Pro lepší pochopení výpočtu následuje konkrétní příklad. Pokud se zajímáme o hodnotu $\%GC$ pro rok 1960, pak $M1$ je průměrem pro léta 1951-1960 a $M2$ je průměrem pro roky 1961-1970. Vzhledem k tomu, že každá hodnota pro $\%GC$ představuje údaje pro dvacetileté období, tak pro prvních a posledních deset letokruhů údaje nelze spočítat (Nowacki & Abrams 1997).

Překročení prahové hodnoty přírůstu v sériích letokruhů je definováno jako uvolnění růstu. Hranice značící **střední uvolnění** byla hodnota **25%** zvýšení růstu a hodnoty $\geq 50\%$ byly označeny jako **velké uvolnění**. Z důvodu příliš krátké řady hodnot $\%GC$ byly do následných analýz zahrnuty pouze stromy s „věkem“ (resp. počet změřených letokruhů) ≥ 30 let. Výpočet analýzy uvolnění byl proveden v programu R (R Core Team 2015) s využitím balíku TRADER (Altman et al. 2014).

4.5 Pryskyřičné kanálky

Při měření šířek letokruhů byl do poznámek u konkrétních letokruhů uveden výskyt pryskyřičných kanálků jako možný indikátor stresových událostí. K analýze pryskyřičných kanálků byly vytvořeny 3 hodnotící stupně na základě počtu pryskyřičných kanálků v jednotlivých letokruzích a 2 stupně hodnotící pozici pryskyřičných kanálků v letokruzích (Tabulka 4).

Tabulka 4 – Početní a poziční kategorie hodnotící výskyt pryskyřičných kanálků v letokruzích smrku ztepilého (*Picea abies*).

Symbol	Počet pryskyřičných kanálků	Seskupení pryskyřičných kanálků	
1	1-5	p	Pryskyřičné kanálky se nacházejí +/- podél hranice letokruhu v pruhu.
2	6-10	r	Pryskyřičné kanálky se nacházejí roztroušeně v letokruhu.
3	11-20		

4.6 Zmlazení porostu

Pro analýzu počátečního roku růstu jednotlivých stromů byl použit první rok, který byl určen letokruhovou analýzou (zjištěno v 1,3m, skutečné stáří stromů je tedy větší).

4.7 Porovnání měřených letokruhových charakteristik

Pro vybrané charakteristiky (počet lavin a jejich délka podle lavinového katastru, procento stromu s detekovaným středním uvolněním a velkým uvolněním, procento stromů s počtem a pozicí pryskyřičných kanálků v letokruhu a počet nově založených stromů) byl zjišťován jejich vzájemný vztah pomocí korelačního koeficientu. Průkaznost korelačního vztahu byla testována na hladině významnosti 0,05 a 0,1. Jelikož lze předpokládat posun jednotlivých časových sérií, byl použit v případě 5-ti letých intervalů posun ± 5 5-ti letých intervalů a u ročních dat posun ± 10 let. Vizuální zobrazení těchto posunů je v Obrázek P2 a Obrázek P3. Korelační analýzy byly provedeny v programu R (R Core Team 2015).

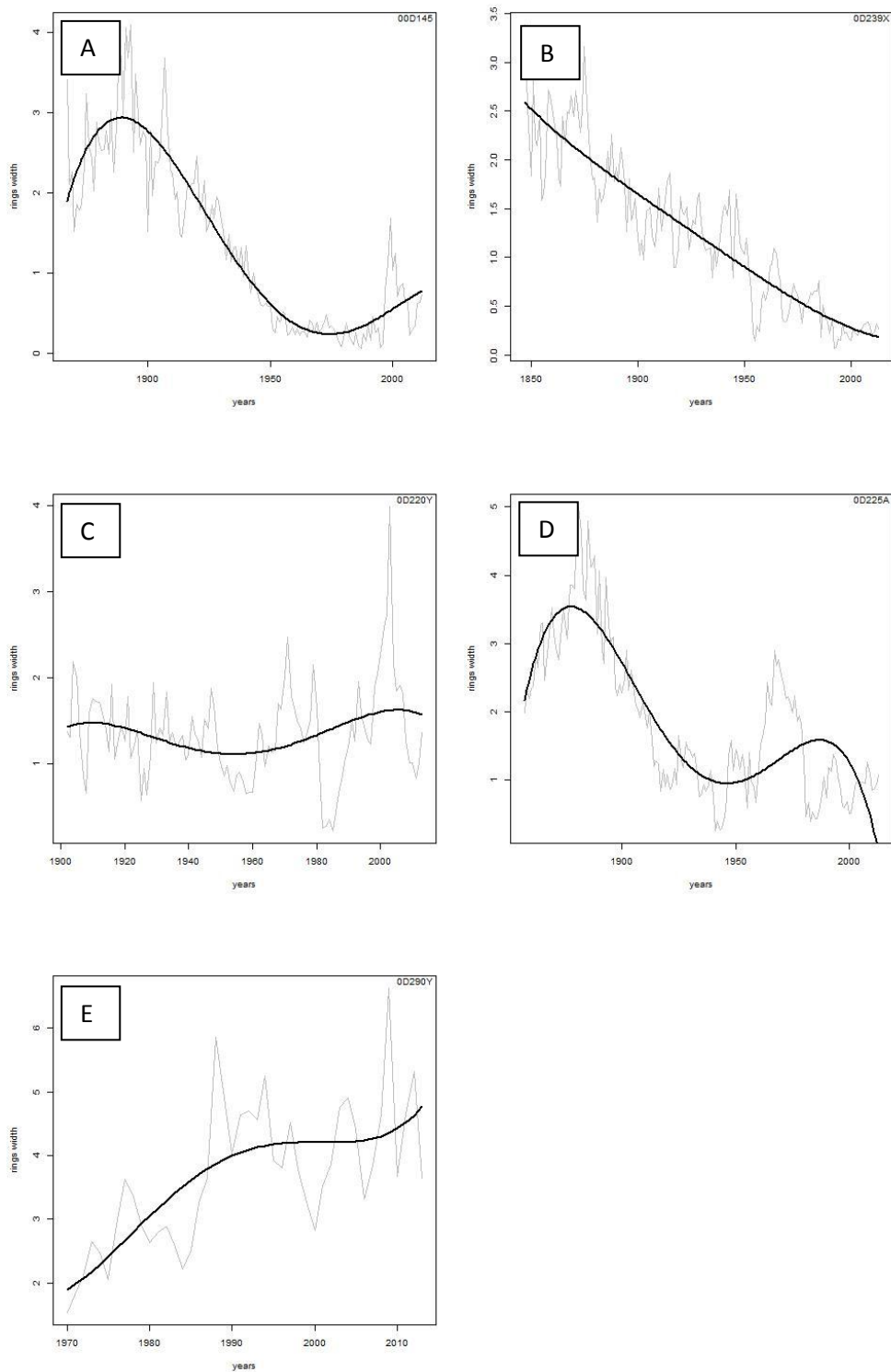
4.8 Trendy růstu stromů

Letokruhové série byly rozděleny do pěti základních růstových trendů: 1) unimodální, 2) sestupný, 3) vyrovnaný, 4) bimodální, 5) nejasný. K přesnější analýze trendu růstu stromů byly určeny další dva trendy, které se prolínají s prvními pěti 6) gap release, 7) nejvyšší růst v prvních 30 letech života zkoumaného jedince (Plener 2014).

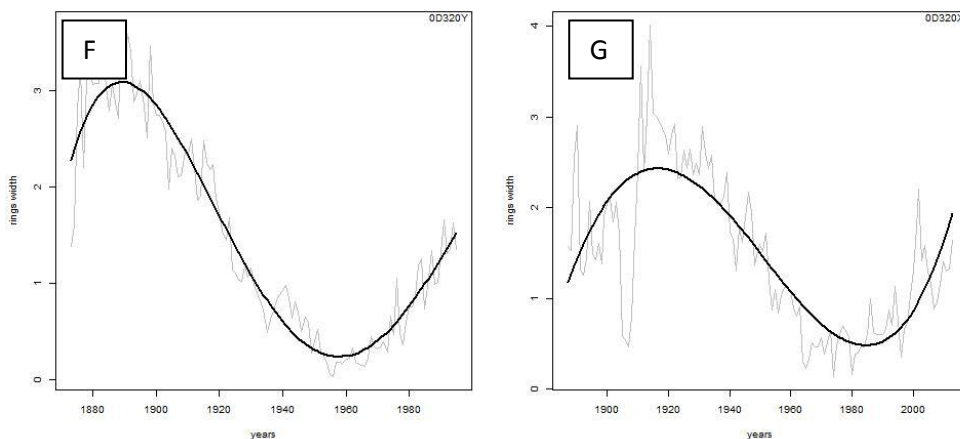
Popis trendů růstu:

- 1) unimodální trend – růstová křivka stromu vykazuje jeden hlavní růstový vrchol.
- 2) sestupný trend – růstová křivka stromu má maximální hodnoty přírůstu na počátku života.
- 3) vyrovnaný trend – růstová křivka stromu má rovnoměrné hodnoty přírůstu během celého života.
- 4) bimodální trend – růstová křivka stromu vykazuje dva jasné růstové vrcholy.
- 5) nejasný trend – růstovou křivku stromu nelze zřetelně popsat, často je rozkolísaná.
- 6) gap release trend – růstová křivka stromu vykazuje silný růst na začátku života.
- 7) nejvyšší růst v prvních 30 letech života – růstová křivka stromu má maximální hodnoty přírůstu v prvních 30 letech života.

V programu R (R Core Team 2015) v balíku TRADER (Altman et al. 2014) byly sestaveny přírůstové křivky stromů. Tyto křivky byly proloženy čtvrtým polynomem. Následuje grafický přehled jednotlivých trendů růstu stromů (Obrázek 5 a Obrázek 6).



Obr. 5 – Přehled vybraných růstových trendů na lavinových drahách: A – Unimodální růstový trend; B – Sestupný růstový trend; C – Vyrovnaný růstový trend; D – Bimodální růstový trend; E – Nejasný růstový trend.



Obr. 6 – Přehled rozšiřujících růstových trendů na zkoumaných lavinových drahách: F – GapRelease; G – Nejvyšší růst v prvních 30 letech života stromu.

4.9 Rozsahy lavinových drah

Pro vizuální přehled rozsahů aktivních částí lavinových drah byly vytvořeny mapy v programu Google Earth Community (2006). Mapy navíc obsahují pozice zkoumaných jedinců podle GPS souřadnic, které byly zaznamenávány během odběrů vývrtů na lavinových drahách (Obrázek P5).

4.10 Rekonstrukce možných historických lavin

Byly určeny hraniční hodnoty v procentuálním zastoupení u zjišťovaných letokruhových charakteristik (uvolnění: 15% stromů vykazující uvolnění; traumatické pryskyřičné kanálky: 15% letokruhů vykazující traumatické pryskyřičné kanálky) a počtů (4) nově rostoucích stromů (zmlazení porostu). Pokud analyzovaný znak dosáhl určené hraniční hodnoty, byl zařazen do závěrečné analýzy rekonstrukce historických lavin, které nebyly zaznamenány katastrem lavin Krkonoš. K datování historické laviny nestačilo jednoznačně použít jednu letokruhovou charakteristiku, která dosáhla hraniční hodnoty, protože se počty zkoumaných stromů lišily na všech lokalitách. Tam, kde se shodoval výskyt dvou kategorií, byla „pravděpodobně“ určena lavina a tam, kde se shodovaly tři znaky, byla „velmi pravděpodobně“ určena lavina. Navíc pro Pramenný důl a Úpskou jámu byly k dispozici informace z Kroniky Pece o lavinových událostech, které byly zváženy v detekci historických lavin, a sloužili pro potvrzení naší rekonstrukce.

5 Výsledky

Celkem bylo analyzováno 388 vývrtů odebraných z 253 stromů. Některé vývrty nebylo možné změřit, protože byly buď ztrouchnivělé, nebo rozpadlé na mnoho fragmentů. Do celkových analýz se nezahrnuly stromy mladší 30 let. Byla změřena délka 34 968 letokruhů. Katastr lavin Krkonoš. Počty lavin, které se sesunuly za sledované období katastem lavin Krkonoš na vybraných lavinových drahách, jsou v Tabulce 5.

Tabulka 5 – Přehled lavinové aktivity zkoumaných lavinových drah podle záznamů z katastru lavin Krkonoš.

Lavinová dráha	Počet lavin	Počet let
Pramenný důl (1962-2013)	44	52
Navorská jáma (1965-2008)	27	44
Pančavská stěna (1962-2013)	30	52
Velká Studniční jáma (1962-2012)	40	51
Úpská jáma (1962-2013)	86	52

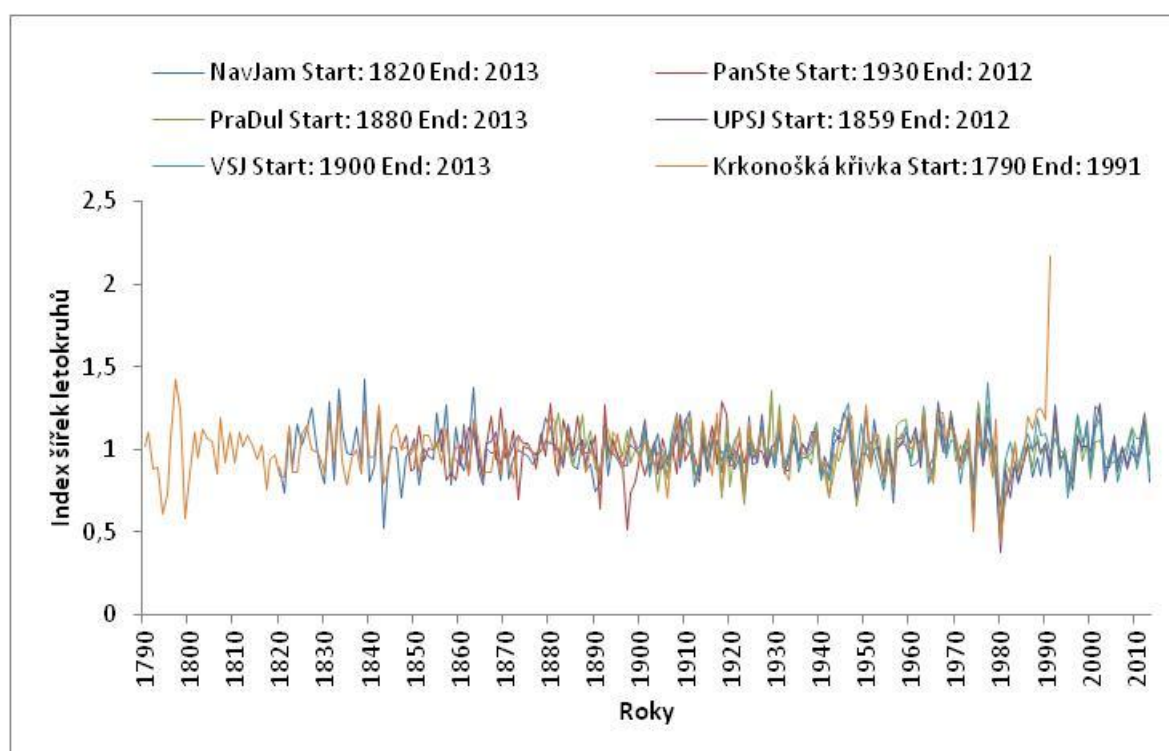
5.1 Přírůstové křivky lavinových drah

Standardizované průměrné přírůstové křivky stromů (*Picea abies*) rostoucích na zkoumaných lavinových drahách vykazují vysokou míru shody v růstu (Obrázek 7; hloubka vzorku Obrázek P1). Přehled porovnání vytvořených průměrných přírůstových křivek lokalit a „krkonošské“ chronologie z ITRDB je v Tabulce 6. K vytvoření přírůstových křivek bylo dohromady použito 215 vývrtů ze všech lokalit.

Nejdelší přírůstová křivka stromů byla zjištěna v Navorské jámě. Začíná rokem 1820 a končí rokem 2013. Naopak nejkratší přírůstovou křivku stromů má Pančavská stěna. Začíná rokem 1930 a končí rokem 2012. Křivka Pramenného dolu začíná rokem 1800 a končí rokem 2013. Křivka Úpské jámy začíná rokem 1859 a končí rokem 2012. Poslední sestavená průměrná přírůstová křivka Velké studniční jámy začíná rokem 1900 a končí rokem 2013. Na Obrázku 7 je navíc zobrazena krkonošská průměrná přírůstová křivka stromů, která byla stažena z dostupné letokruhové databáze (www.ncdc.noaa.gov). Tato křivka je nejstarší a začíná rokem 1790 a končí rokem 1991.

Tabulka 6 – Porovnání průměrných přírůstových křivek všech zkoumaných lokalit a průměrnou chronologií z ITRDB. GLK (Gleichfläufigkeit), TBP (T-Test Baillie Pilcher), THO (T-Test Holstein).

	Testy shody	Navorská jáma	Pančavská stěna	Pramenný důl	Úpská jáma	Velká studniční jáma	Krkonošská křivka
Navorská jáma	GLK	x	88,60***	78,70***	78,90***	78,50***	83,70***
	TBP		24,5	13,7	12,9	11,6	11,3
	THO		29	14	13,6	11,7	14,6
Pančavská stěna	GLK	x	86,10***	87,30***	80,10***	79,80***	
	TBP			13,1	14,4	9,79	5,92
	THO			14,2	11,7	9,13	8,94
Pramenný důl	GLK			x	80,80***	75,20***	71,90***
	TBP				11,5	9,69	5,64
	THO				12,5	8,39	8,23
Úpská jáma	GLK				x	82,70***	71,40***
	TBP					11,7	6,78
	THO					10,8	9,21
Velká studniční jáma	GLK					x	71,70***
	TBP						5,86
	THO						7,49
Krkonošská křivka	GLK						x
	TBP						
	THO						

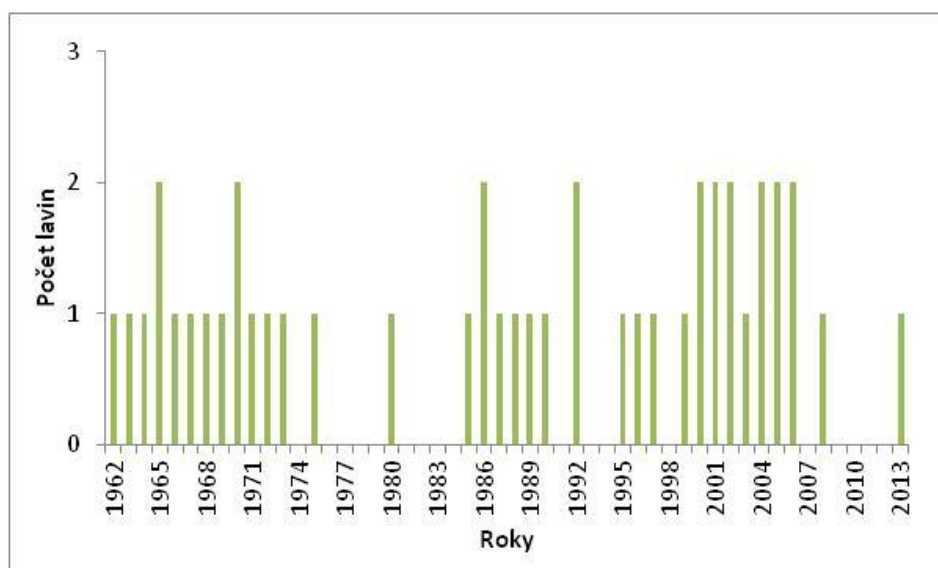


Obr. 7 – Standardizované letokruhové chronologie na zkoumaných lavinových drahách. NavJam (Navorská jáma), PraDul (Pramenný důl), VSJ (Velká Studniční jáma), PanSte (Pančavská stěna), UPSJ (Úpská jáma), Krkonošská křivka (průměrná přírůstová křivka Krkonoš stažena z ITRDB).

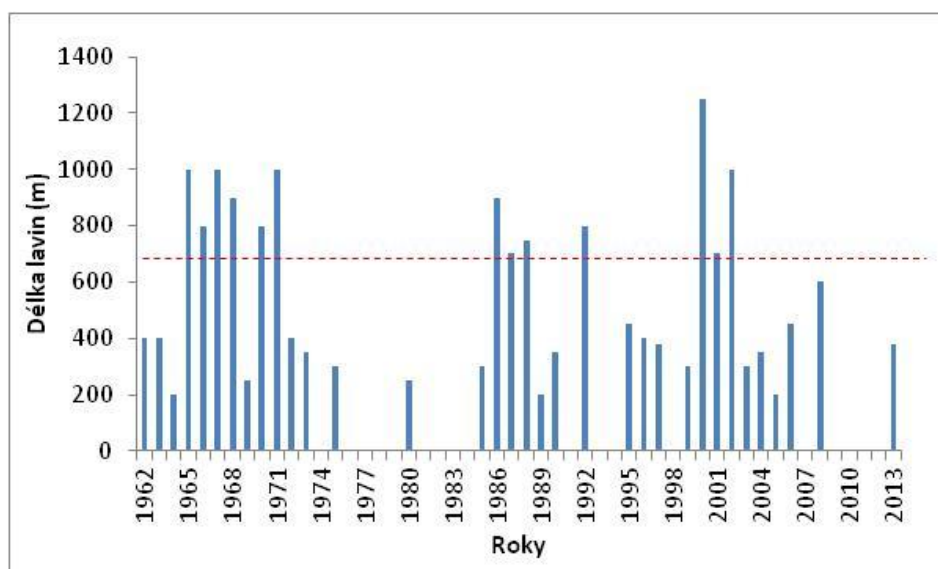
5.2 Pramenný důl

Frekvence lavin podle lavinového katastru za období 1962-2013 byla v průměru 1 lavina za rok a nejvíce lavin (2) bylo zaznamenáno v roce 1965, 1970, 1986, 1992, 2000,

2001, 2002, 2004, 2005, 2006 (Obrázek 8). Intenzita lavin, vyjádřená jejich délkou, byla v průměru 360 metrů a nejdelší lavina (1250m) byla zaznamenána v roce 2000 (Obrázek 9).



Obr. 8 – Frekvence lavin pro pětileté intervaly lavinové dráhy Pramenný důl.

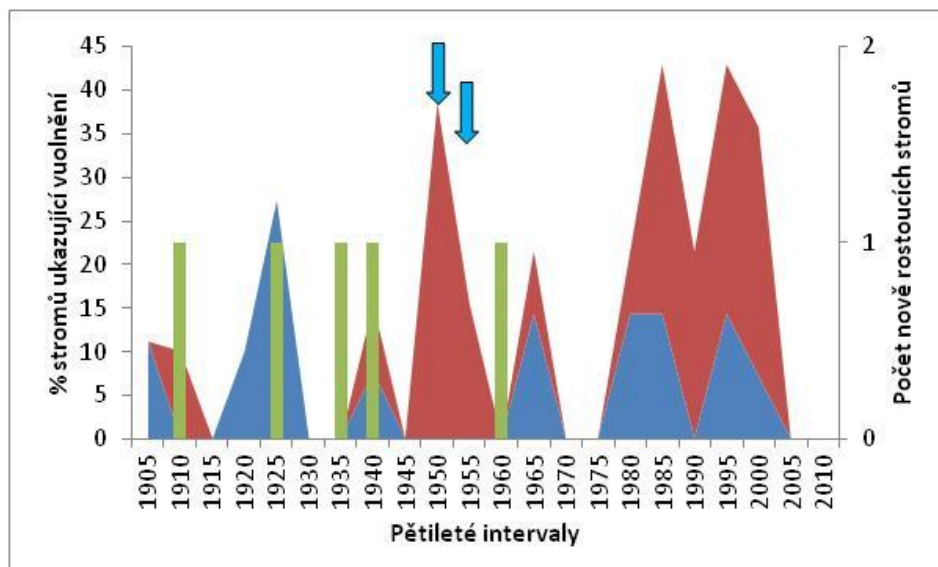


Obr. 9 – Intenzita lavin na lavinové dráze Pramenný důl od roku 1962 do roku 2013. Červená přerušovaná čára ukazuje hranici mezi velkými a malými lavinovými sesuny.

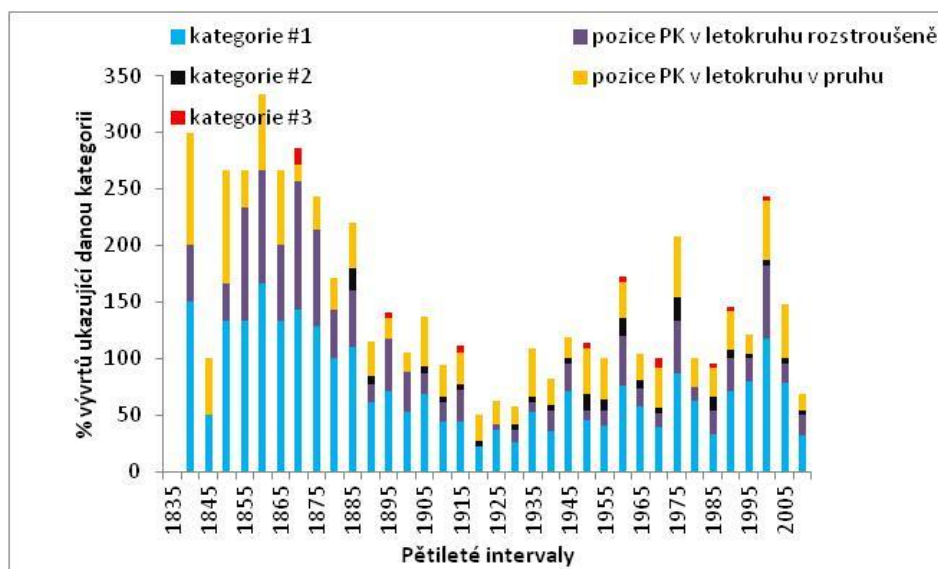
V horní části lavinové dráhy a jejích bocích bylo z letokruhových dat rekonstruováno 16 středních uvolnění a 26 velkých uvolnění. Uvolnění byla analyzována pro 36 pětiletých intervalů, z nichž 14 ukazuje alespoň jeden strom vykazující uvolnění (Obrázek 10). Současně je na Obrázku 10 zobrazeno zjištěné zmlazení porostu (v 1,3m). Nejvyšší počet nově rostoucích stromů byl ve třech pětiletých intervalech 1870, 1885 a 1895.

Procentuální výskyt pryskyřičných kanálků a jejich kategorií byl seskupen do 36 pětiletých intervalů. Pryskyřičné kanálky se nejvíce vyskytují v prvních deseti pětiletých intervalech (Obrázek 11). Více než 100 % zastoupení hodnot u zjištěných údajů

v jednotlivých kategoriích je způsobeno součty procentuálních zastoupení v jednotlivých letokruzích pro pětileté úseky. To platí pro všechny následující obrázky, které se týkají analýzy pryskyřičných kanálků.



Obr. 10 – Rekonstrukce disturbancí a zmlazení porostu na lavinové dráze Pramenný důl (horní část a boky dráhy). Červená oblast reprezentuje velké uvolnění, modrá střední uvolnění a zelené sloupce znázorňují zmlazení porostu. Modré šipky zastupují lavinovou událost pocházející z kronik.

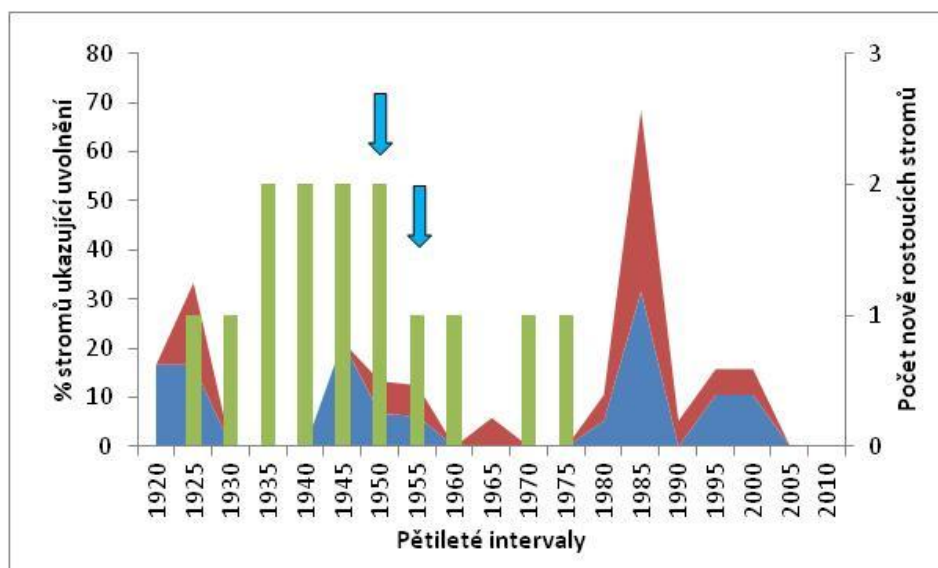


Obr. 11 – Výskyt pryskyřičných kanálků pro lavinovou dráhu Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy. Všechny kategorie jsou vyjádřeny procentuálním zastoupením vývrtů v 5-ti letých intervalech.

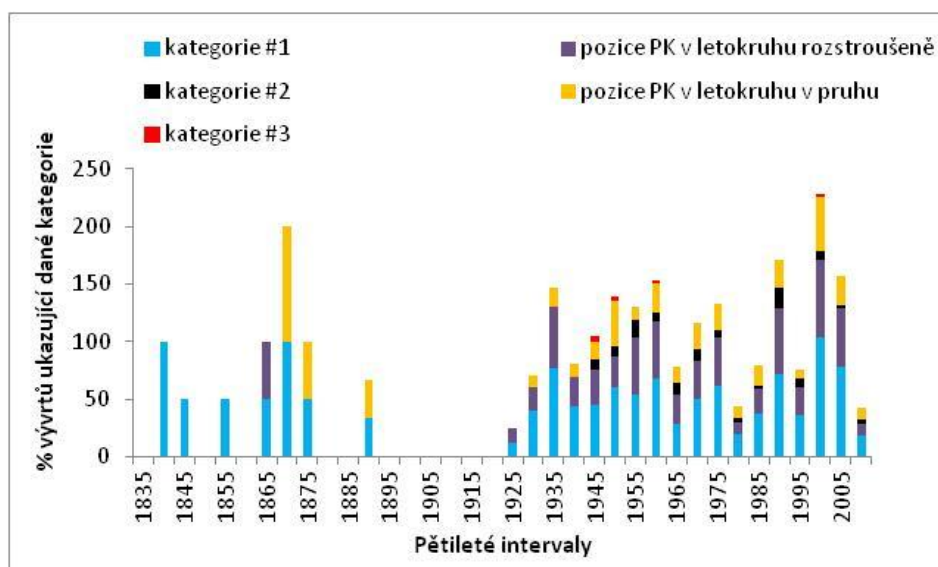
Na dojezdu lavinové dráhy Pramenný důl bylo z letokruhových dat detekováno 19 středních uvolnění a 16 velkých uvolnění pro 36 pětiletých intervalů (Obrázek 12). Na

Obrázku 12 je zároveň ukázáno zmlazení porostu (v 1,3m). Nejvyšší počet - 2 jedinci - nově rostoucích stromů je v šesti pětiletých intervalech.

Procentuální výskyt pryskyřičných kanálků je na Obrázku 13. Pryskyřičné kanálky se neobjevily v deseti pětiletých intervalech z 36 intervalů.



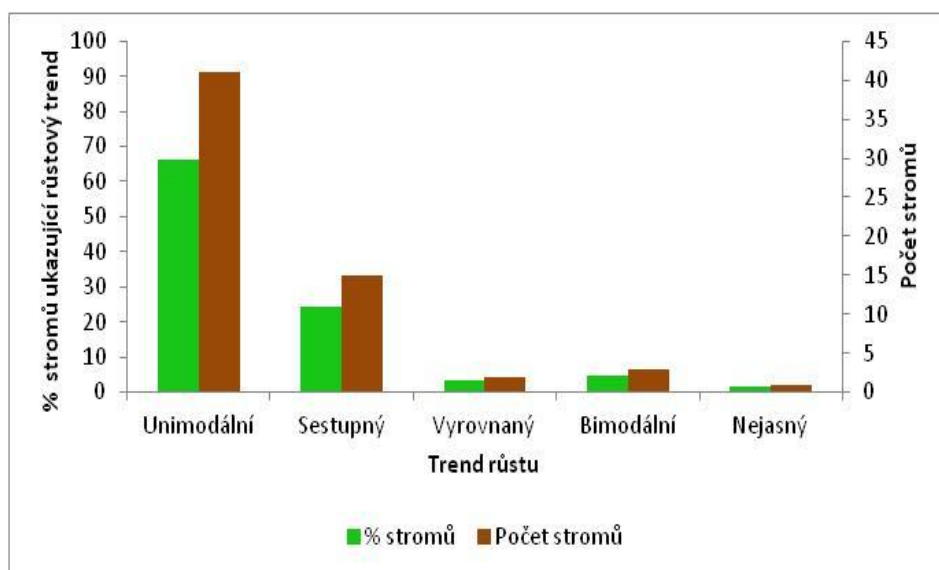
Obr. 12 – Rekonstrukce disturbancí a zmlazení porostu na lavinové dráze Pramenný důl (dojezd lavinové dráhy). Červená oblast reprezentuje velké uvolnění, modrá střední uvolnění a zelené sloupce znázorňují zmlazení porostu. Modré šipky zastupují lavinovou událost pocházející z kronik.



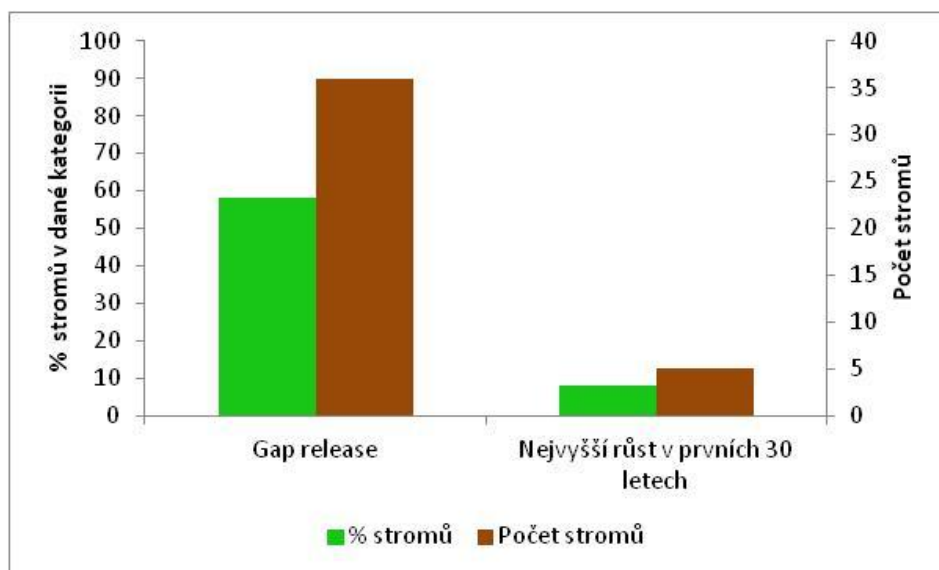
Obr. 13 – Procentuální zastoupení výskytu pryskyřičných kanálků ve vývrtech v daných kategoriích pro lavinovou dráhu Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy.

Růstové trendy analyzovaných stromů pro celou lavinovou dráhu (Obrázek 14) ukazují, že nejčastější růstový trend je unimodální. Tento růstový trend je reprezentován ca 66% stromů z lokality. Růstová strategie zkoumaných jedinců vykazuje světlo milnost

(Obrázek 15). Zhruba 58% stromů ukazuje velké přírůsty na začátku života a u 8% tento růst trvá kolem 30 let.



Obr. 14 – Růstové trendy pro lavinovou dráhu Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy.



Obr. 15 – Vyjádření růstové strategie zkoumaných jedinců na lavinové dráze Pramenný důl.

5.2.1 Výsledky korelací vztahů (Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy (PD-1) a Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy (PD – 2))

Na PD – 1: Stromy reagují na lavinovou událost vykázáním středního a velkého uvolnění se zpožděním 1 – 2 roky (Tabulka P1). Pryskyřičné kanálky se začaly objevovat po lavinové události se zpožděním 1 – 4 roky. Traumatické pryskyřičné kanálky se formovaly se zpožděním 1 – 3 roky. V prvním roce tento vztah vyšel statisticky průkazně na hladině významnosti 0,1 (dále v textu uvádím prokazatelnou hladinu významnosti v závorce buď (0,1), nebo (0,5)). Intenzita lavin pozitivně koreluje s výskytem velkého a středního uvolnění

se zpožděním 1 – 3 roky. Střední uvolnění se nejpravděpodobněji tvoří 1 rok po velké lavině (0,1) a velké uvolnění ihned (0,1). Intenzita lavin způsobuje nadměrnou tvorbu pryskyřičných kanálků se zpožděním 1 – 3 roky (0,05).

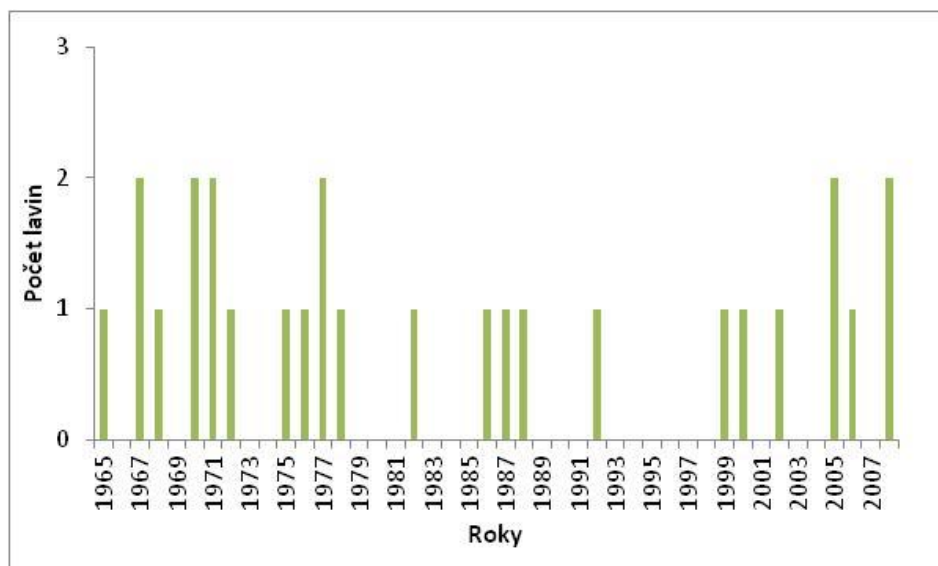
Analýza dendrochronologií zjištěných charakteristik letokruhů ukázala pozitivní vztah v detekci středního a velkého uvolnění (0,05) v pětiletém intervalu (Tabulka P2). Nejdříve strom vykáže střední uvolnění a pak formuje pryskyřičné kanálky. Velké množství pryskyřičných kanálků se objeví současně s velkým uvolněním v jednom pětiletém úseku (0,1).

PD – 2: Stromy reagují na lavinovou událost vykazáním středního a velkého uvolnění. Pryskyřičné kanálky se tvoří v závislosti na výskytu i intenzitě lavinového sesunu ihned (0,1) (Tabulka 3).

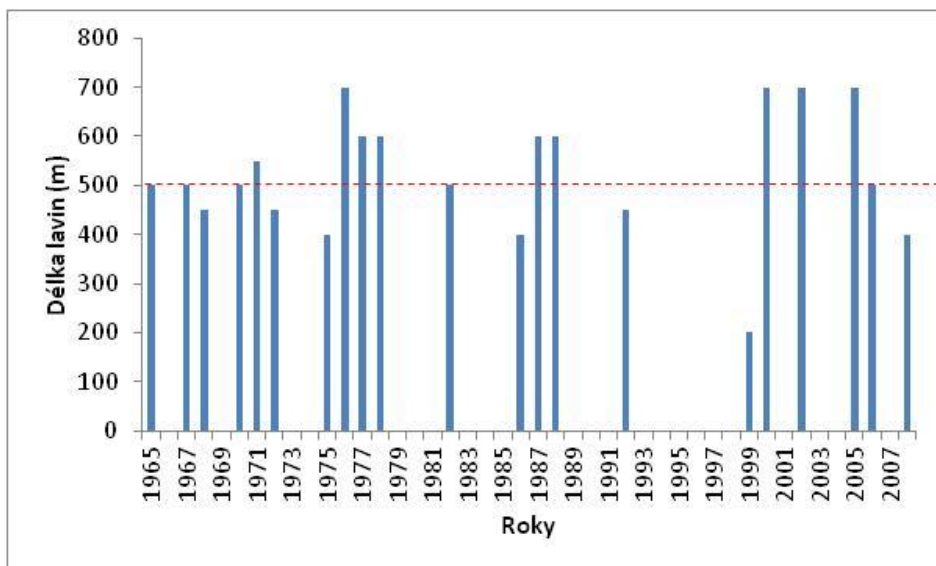
Analýza dendrochronologií zjištěných charakteristik letokruhů ukázala pozitivní vztah v detekci středního a velkého uvolnění v pětiletém intervalu (Tabulka P4). Nejdříve strom vykáže střední uvolnění a pak formuje pryskyřičné kanálky. Traumatické pryskyřičné kanálky se formují současně se středním (0,1) a velkým uvolněním (0,5).

5.3 Navorská jáma

Frekvence lavin podle lavinového katastru za období 1965-2008 byla v průměru 1 lavina za rok a nejvíce lavin (2) bylo zaznamenáno v roce 1967, 1970, 1971, 1977, 2005, 2008 (Obrázek 16). Intenzita lavin, vyjádřená jejich délkou, byla v průměru 250 metrů a nejdelší lavina (700m) byla zaznamenána v roce 1976, 2000, 2002, 2005 (Obrázek 17).



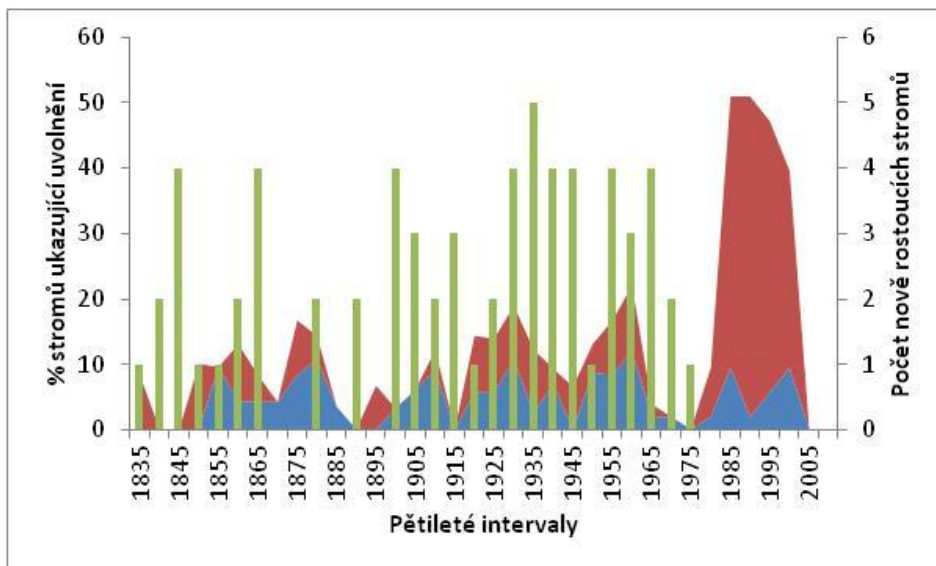
Obr. 16 – Počet lavinových sesunů v jednotlivých letech na lavinové dráze Navorská jáma.



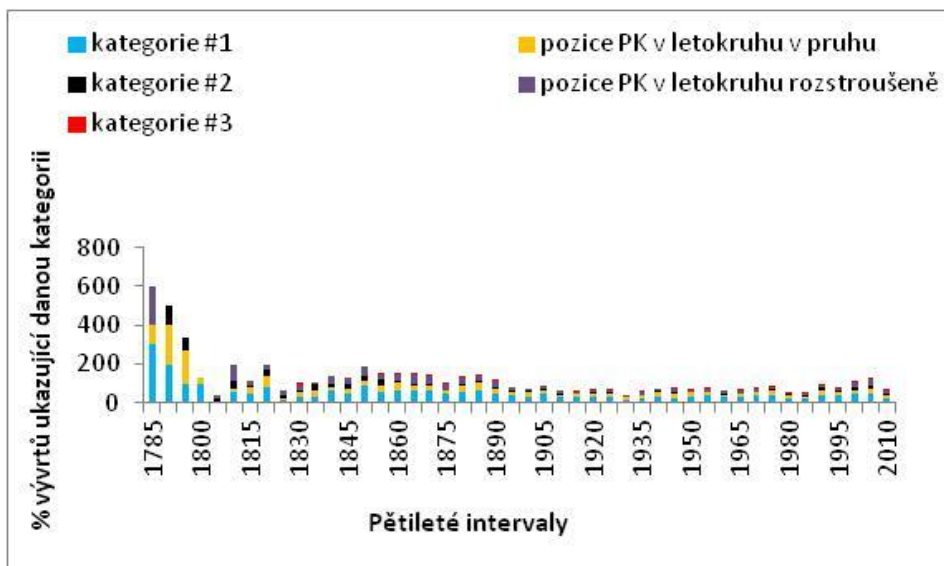
Obr. 17 – Přehled nejdelších sesunutých lavin v pětiletých intervalech na lavinové dráze Navorská jáma. Červená přerušovaná čára vyznačuje hranici mezi velkými a malými sesuny.

Na lavinové dráze Navorská jáma bylo z letokruhových dat rekonstruováno celkem 63 středních uvolnění a 131 velkých uvolnění (Obrázek 18). Obrázek 18 navíc ukazuje zmlazení porostu (v 1,3m). V pětiletém intervalu 1935 začal nově růst nejvyšší počet stromů a to 5.

Výskyt pryskyřičných kanálků je vyjádřen v procentuálním zastoupení ve vývrtech v 46 pětiletých intervalech (Obrázek 19).

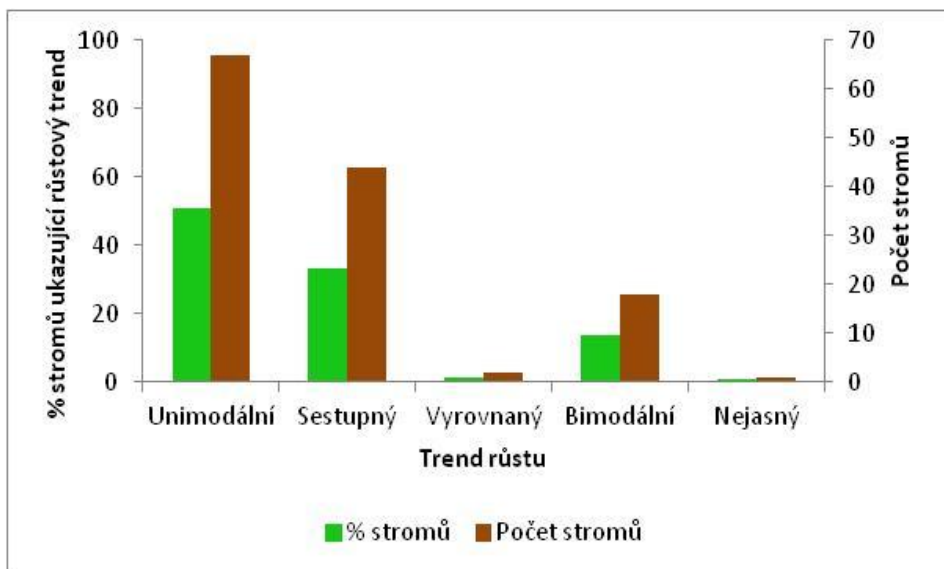


Obr. 18 – Rekonstrukce disturbancí a zmlazení porostu na lavinové dráze Navorská jáma. Červená oblast reprezentuje velké uvolnění, modrá střední uvolnění a zelené sloupce znázorňují zmlazení porostu.

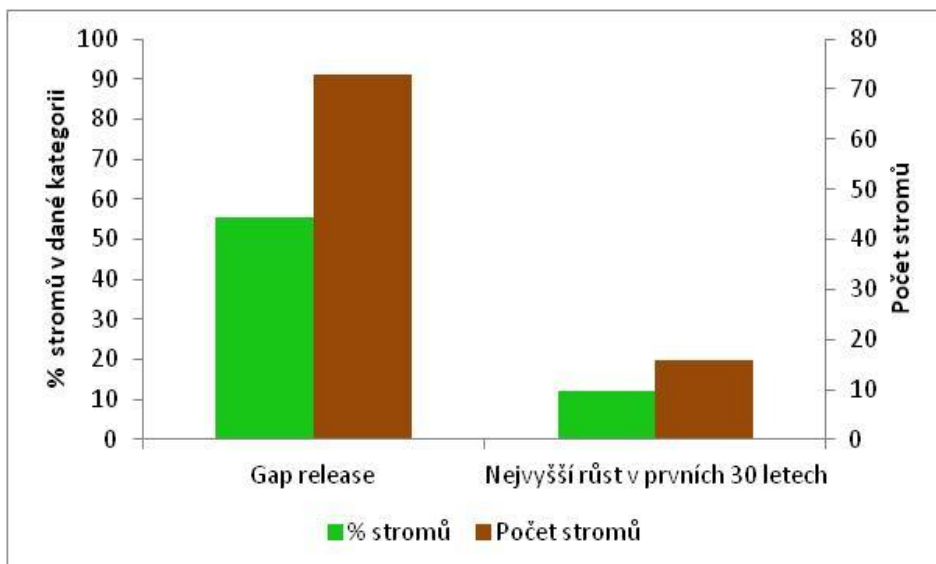


Obr. 19 – Procentuální výskyt pryskyřičných kanálků a jejich kategorií na lavinové dráze Navorská jáma.

Růstové trendy analyzovaných stromů pro celou lavinovou dráhu (Obrázek 20) ukazují, že nejčastější růstový trend je unimodální. Tento růstový trend je reprezentován ca 51% stromů z lokality. Růstová strategie zkoumaných jedinců vykazuje světломilnost (Obrázek 21). Zhruba 55% stromů ukazuje velké přírůsty na začátku života a u 12% tento růst trvá kolem 30 let.



Obr. 20 – Růstové trendy stromů na lavinové dráze Navorská jáma.



Obr. 21 – Vyjádření růstové strategie zkoumaných jedinců na lavinové dráze Navorská jáma.

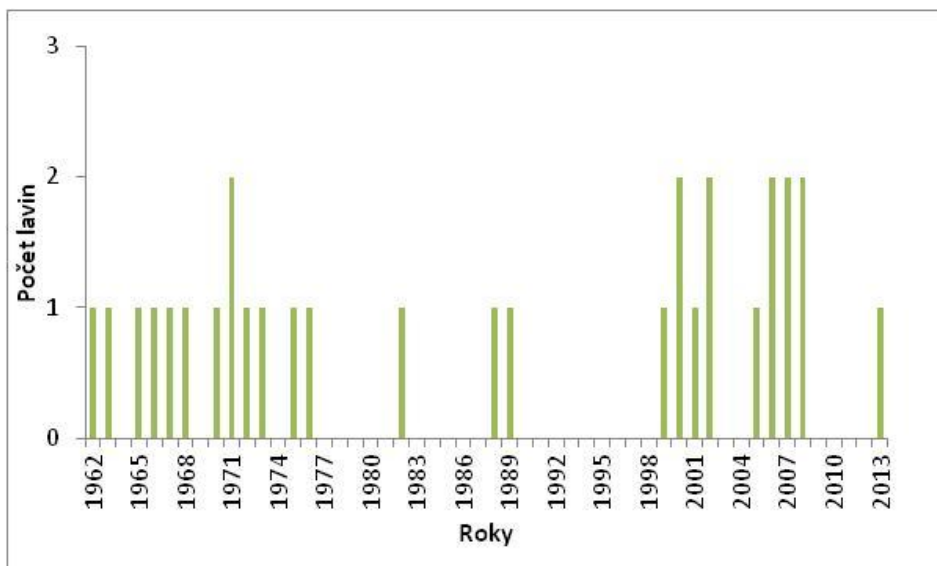
5.3.1 Výsledky korelací vztahů

Stromy reagují na lavinovou událost vykázáním středního uvolnění se zpožděním 1 rok (Tabulka P5). Prskyřičné kanálky se začaly objevovat po lavinové události ihned (0,1) nebo až třetí rok. Intenzita lavin pozitivně koreluje s výskytem velkého a středního uvolnění se zpožděním 1 – 3 roky. Střední uvolnění se nejpravděpodobněji tvoří 1 rok po velké lavině. Intenzita lavin způsobuje nadměrnou tvorbu prskyřičných kanálků ihned nebo až třetí rok po události.

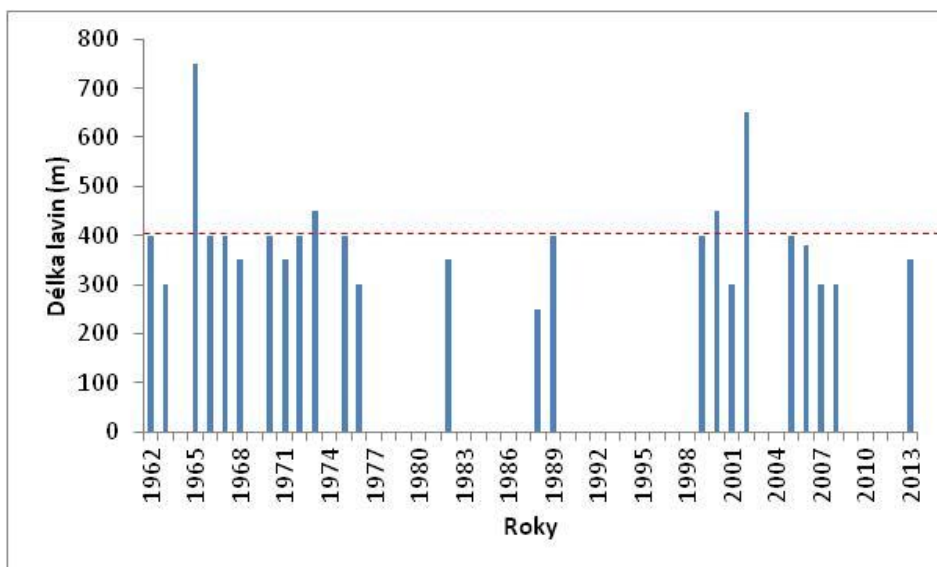
Analýza dendrochronologií zjištěných charakteristik letokruhů ukázala pozitivní vztah v detekci středního a velkého uvolnění (0,05) v pětiletém intervalu (Tabulka P6). Nejdříve strom formuje prskyřičné kanálky a pak vykáže střední uvolnění.

5.4 Pančavská stěna

Frekvence lavin podle lavinového katastru za období 1962-2013 byla v průměru 1 lavina za rok a nejvíce lavin (2) bylo zaznamenáno v roce 1971, 2000, 2002, 2006, 2007, 2008 (Obrázek 22). Intenzita lavin, vyjádřená jejich délkou, byla v průměru 180 metrů a nejdelší lavina (750m) byla zaznamenána v roce 1965 (Obrázek 23).



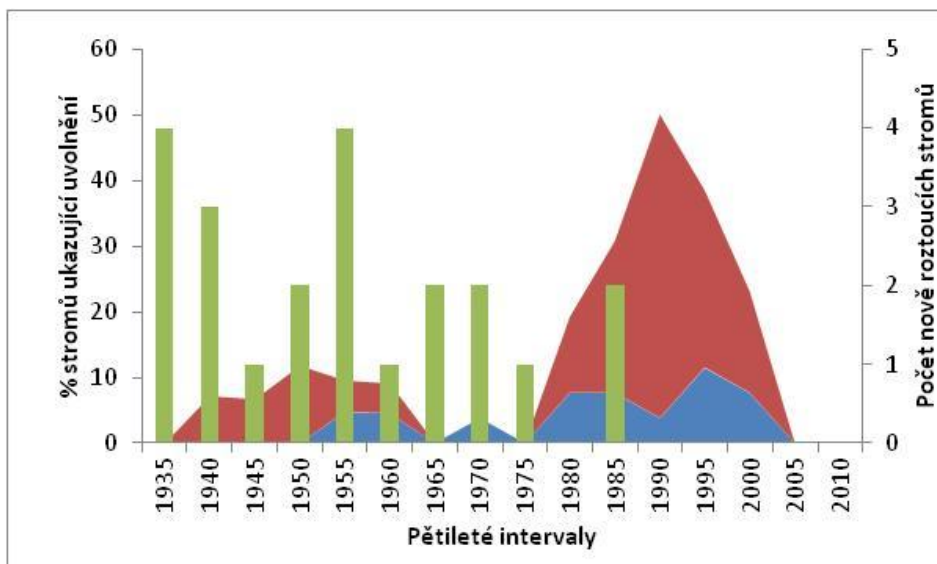
Obr. 22 – Frekvence lavinových událostí na lavinové dráze Pančavská stěna.



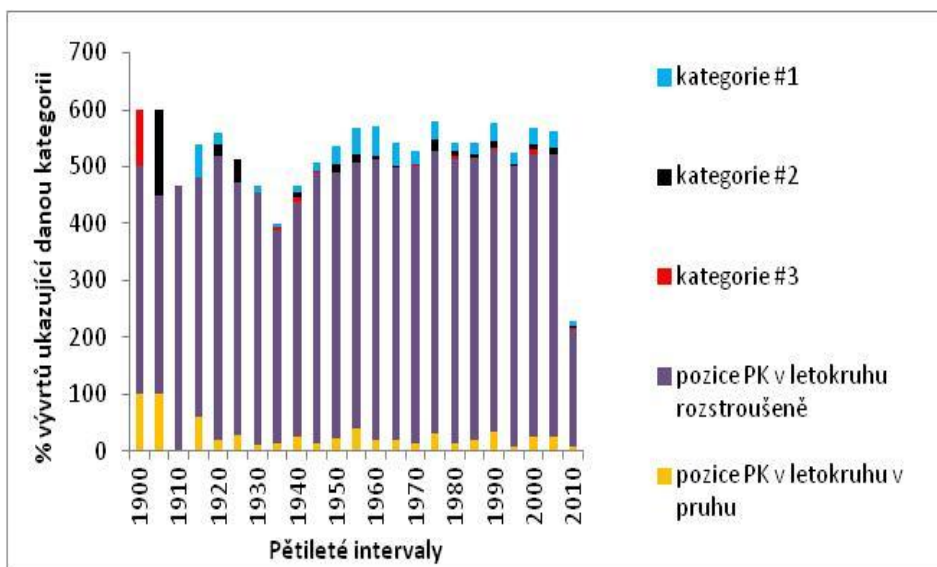
Obr. 23 – Intenzita sněhových lavin na lavinové dráze Pančavská stěna. Červená přerušovaná čára určuje hranici mezi velkými a malými sesuny.

Na lavinové dráze Pančavská stěna bylo z letokruhových dat rekonstruováno 13 středních uvolnění a 39 velkých uvolnění (Obrázek 24). Uvolnění byla seskupena do 23 pětiletých intervalů. Obrázek 24 navíc ukazuje zmlazení porostu (v 1,3m). Nejvyšší míra (5 jedinců) zmlazení byla v pětiletých intervalech 1935 a 1955.

Procentuální výskyt pryskyřičných kanálků a jejich kategorií je na Obrázku 25. Zjištěná data byla seskupena do 23 pětiletých intervalů. Nejvíce je zastoupena kategorie s pozicí pryskyřičných kanálků v letokruhu v roztroušené formaci.

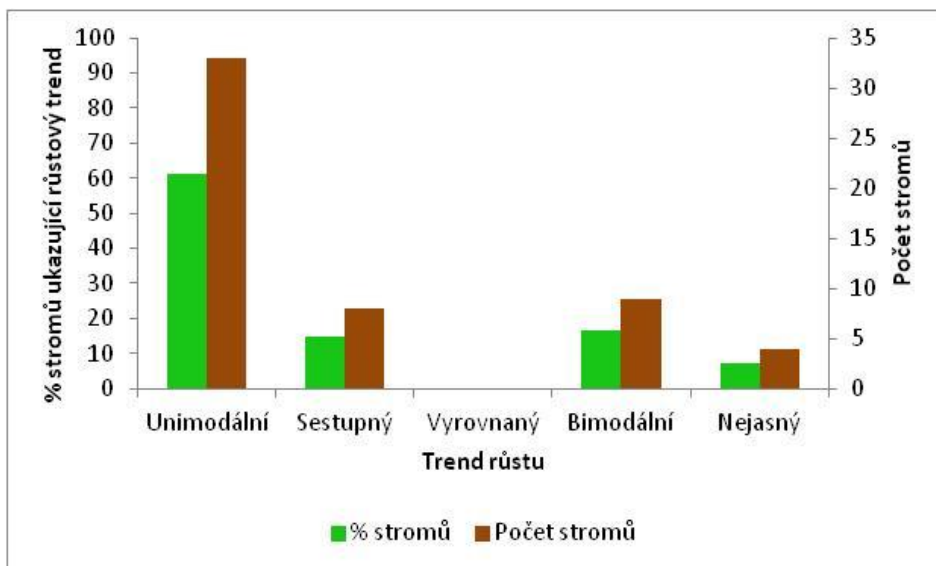


Obr. 24 – Rekonstrukce disturbancí a zmlazení porostu na lavinové dráze Pančavská stěna. Červená oblast reprezentuje velké uvolnění, modrá střední uvolnění a zelené sloupce znázorňují zmlazení porostu.

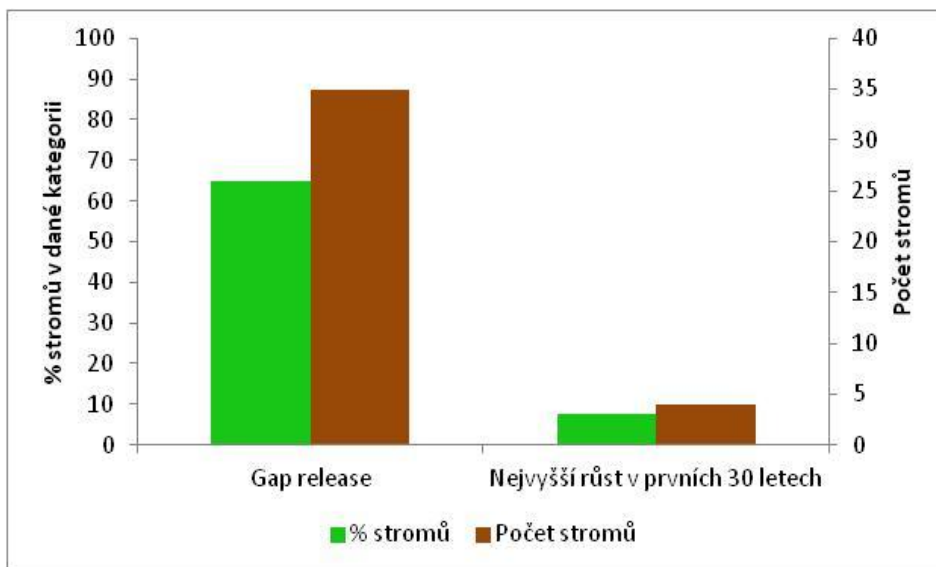


Obr. 25 – Procentuální výskyt pryskyřičných kanálků a daných kategorií na lavinové dráze Pančavská stěna.

Růstové trendy analyzovaných stromů pro celou lavinovou dráhu (Obrázek 26) ukazují, že nejčastější růstový trend je unimodální. Tento růstový trend je reprezentován ca 60% stromů z lokality. Růstová strategie zkoumaných jedinců vykazuje světlomilnost (Obrázek 27). Zhruba 65% stromů ukazuje velké přírůsty na začátku života a u 7% tento růst trvá kolem 30 let.



Obr. 26 – Přehled procentuálního zastoupení trendů růstu stromů na lavinové dráze Pančavská stěna.



Obr. 27 – Vyjádření růstové strategie zkoumaných jedinců na lavinové dráze Pančavská stěna.

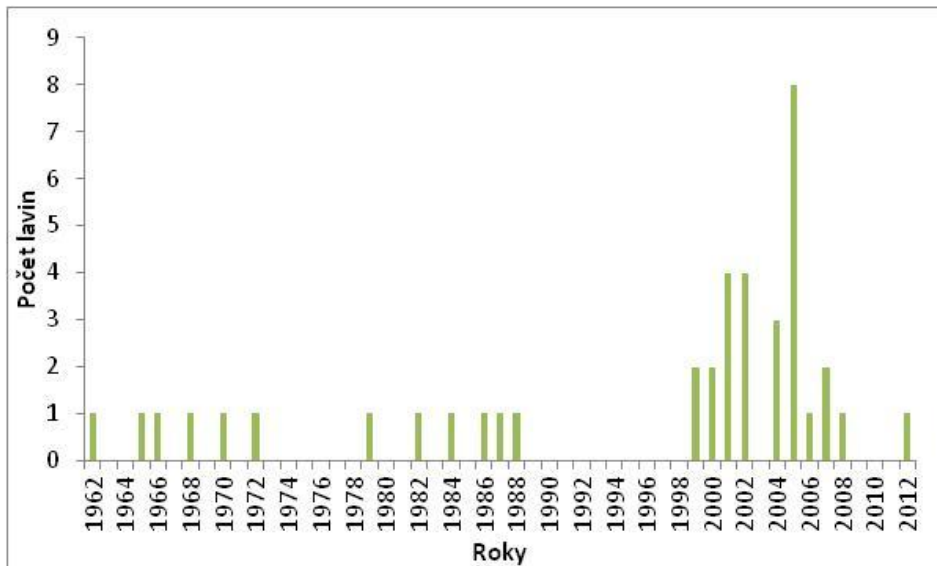
5.4.1 Výsledky korelací vztahů

Stromy reagují na lavinovou událost vykazáním středního ihned (Tabulka P7). Traumatické pryskyřičné kanálky se začaly objevovat po lavinové události se zpožděním 4 roky (0,05).

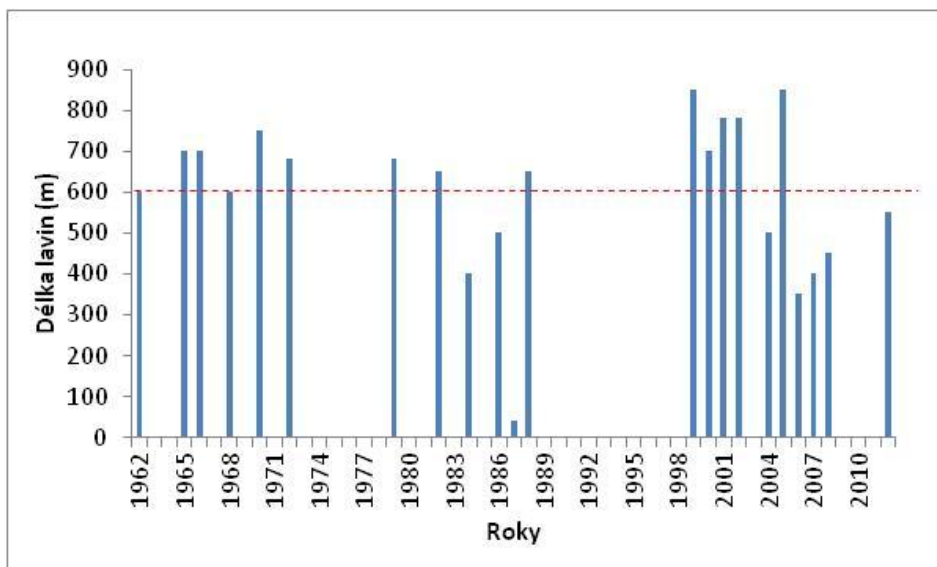
Analýza dendrochronologií zjištěných charakteristik letokruhů ukázala pozitivní vztah v detekci středního a velkého uvolnění (0,05) v pětiletém intervalu (Tabulka P8). Nejdříve strom vykáže střední uvolnění a pak formuje velké množství pryskyřičných kanálků se zpožděním 6 – 10 let.

5.5 Velká Studniční jáma

Frekvence lavin podle lavinového katastru za období 1962-2012 byla v průměru 1 lavina za rok a nejvíce lavin (8) bylo zaznamenáno v roce 2005 (Obrázek 28). Intenzita lavin, vyjádřená jejich délkou, byla v průměru 600 metrů a nejdelší lavina (850m) byla zaznamenána v roce 2005 (Obrázek 29).



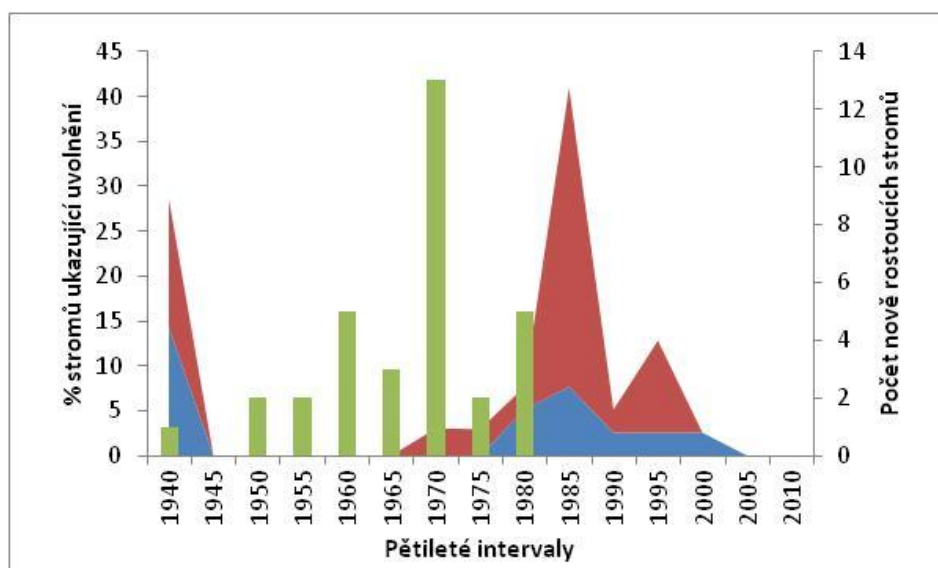
Obr. 28 – Přehled počtu lavinových událostí podle katastru lavin Krkonoš na lavinové dráze Velká Studniční jáma.



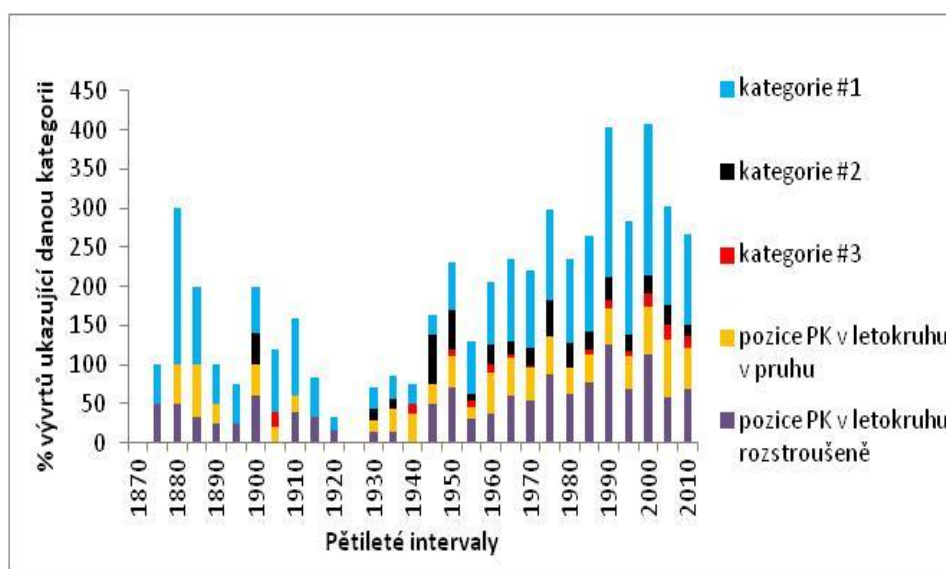
Obr. 29 – Intenzita lavinových sesunů na lavinové dráze Velká Studniční jáma. Červená přerušovaná čára ukazuje hranici mezi malými a velkým sněhovými sesuny.

Na lavinové dráze Velká Studniční jáma bylo z letokruhových dat rekonstruováno 9 středních uvolnění a 29 velkých uvolnění (Obrázek 30). Uvolnění byla seskupena do 29 pětiletých intervalů. Obrázek 30 navíc ukazuje zmlazení porostu (v 1,3m). Nejvyšší míra (13 jedinců) zmlazení byla v pětiletém intervalu 1970.

Výskyt pryskyřičných kanálků je vyjádřen v procentuálním zastoupení ve vývrtech (Obrázek 31) v 29 pětiletých intervalech.

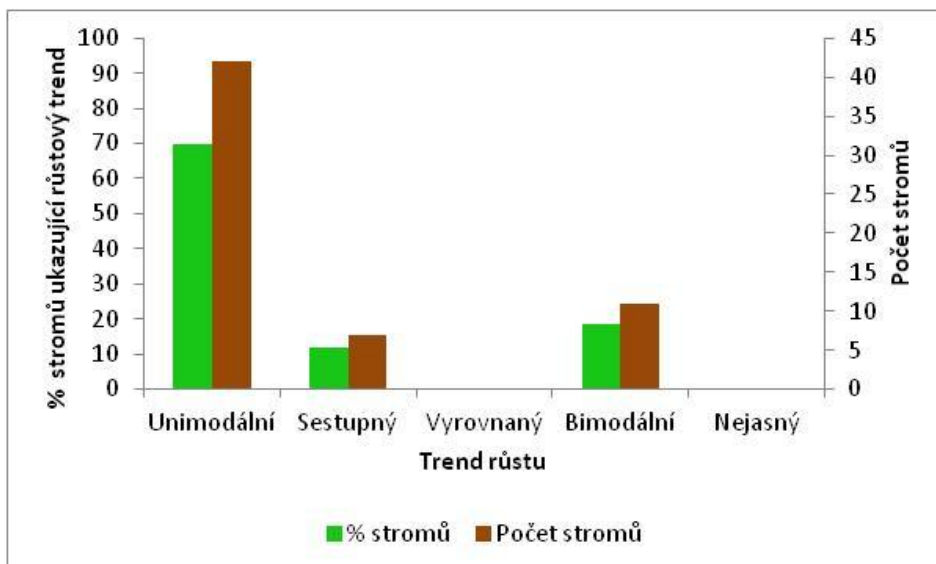


Obr. 30 – Rekonstrukce disturbancí a zmlazení porostu na lavinové dráze Velká Studniční jáma. Červená oblast reprezentuje velké uvolnění, modrá střední uvolnění a zelené sloupce znázorňují zmlazení porostu.

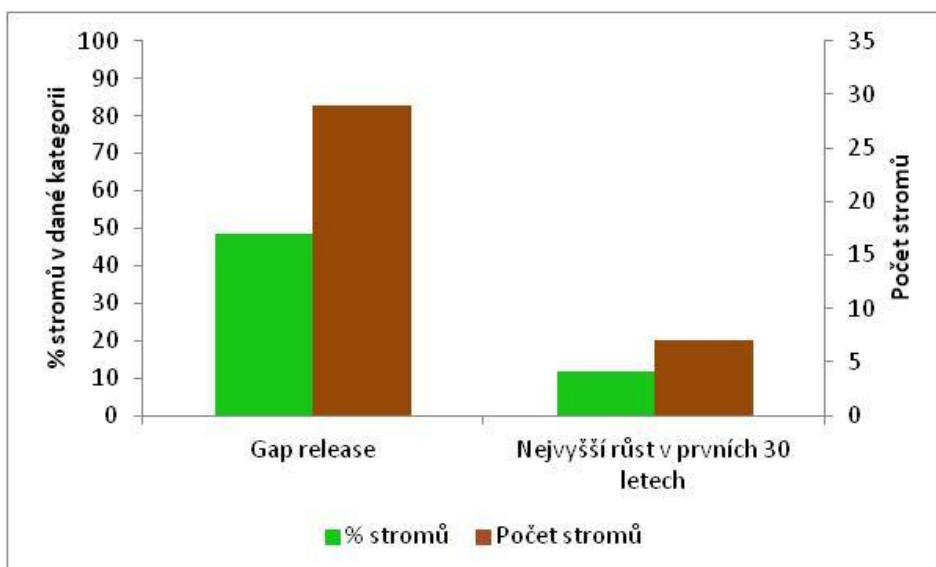


Obr. 31 – Výskyt pryskyřičných kanálků a jejich vybraných rozřazovacích kategorií pro lavinovou dráhu Velká Studniční jáma.

Růstové trendy analyzovaných stromů pro celou lavinovou dráhu (Obrázek 32) ukazují, že nejčastější růstový trend je unimodální. Tento růstový trend je reprezentován ca 70% stromů z lokality. Růstová strategie zkoumaných jedinců vykazuje světlomilnost (Obrázek 33). Zhruba 48% stromů ukazuje velké přírůsty na začátku života a u 12% tento růst trvá kolem 30 let.



Obr. 32 – Přehled růstových trendů zkoumaných dřevin na lavinové dráze Velká Studniční jáma.



Obr. 33 – Vyjádření růstové strategie zkoumaných jedinců na lavinové dráze Velká Studniční jáma.

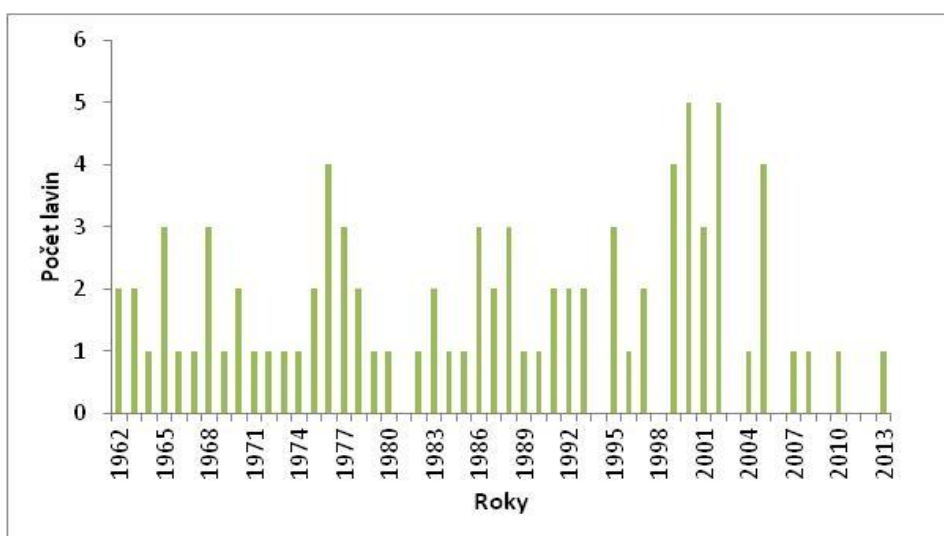
5.5.1 Výsledky korelací vztahů

Stromy reagují na lavinovou událost a její intenzitu vykázáním středního uvolnění se zpožděním 1 – 2 roky (Tabulka P9). Prskyřičné kanálky se začaly objevovat po lavinové události se zpožděním 1 – 3 roky. Traumatické prskyřičné kanálky se formovaly se zpožděním 1 rok (0,05). Intenzita lavin pozitivně koreluje s výskytem velkého a středního uvolnění se zpožděním 1 – 3 roky. Střední uvolnění a velké uvolnění se nejpravděpodobněji tvoří 3. rok po velké lavině. Intenzita lavin způsobuje nadměrnou tvorbu prskyřičných kanálků se zpožděním 1 – 5 let. Tento vztah byl statisticky průkazný v 1. roce po velké lavině (0,05), 3. rok po velké lavině (0,1) a 5. rok po velké lavině (0,05).

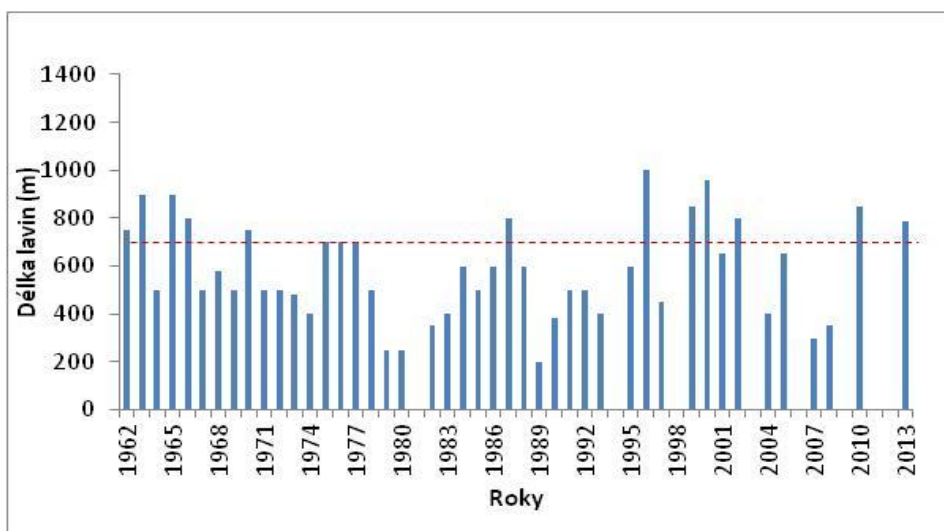
Analýza dendrochronologií zjištěných charakteristik letokruhů ukázala pozitivní vztah v detekci středního a velkého uvolnění (0,05) v pětiletém intervalu (Tabulka P10). Nejdříve strom vykáže střední uvolnění a pak formuje pryskyřičné kanálky se zpožděním 6 – 15 let (0,1). Velké množství pryskyřičných kanálků se objeví současně s velkým uvolněním v jednom pětiletém úseku (0,1).

5.6 Úpská jáma

Frekvence lavin podle lavinového katastru za období 1962-2013 byla v průměru 2 laviny za rok a nejvíce lavin (5) bylo zaznamenáno v roce 2000 a 2005 (Obrázek 34). Intenzita lavin, vyjádřená jejich délkou, byla v průměru 580 metrů a nejdelší lavina (1000m) byla zaznamenána v roce 1996 (Obrázek 35).



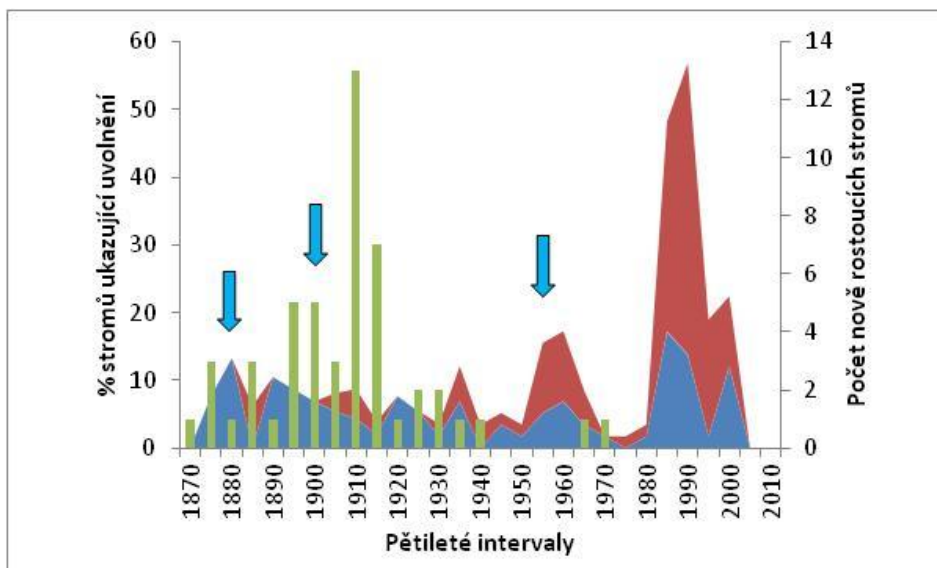
Obr. 34 – Četnost lavinových událostí na lavinové dráze Úpská jáma.



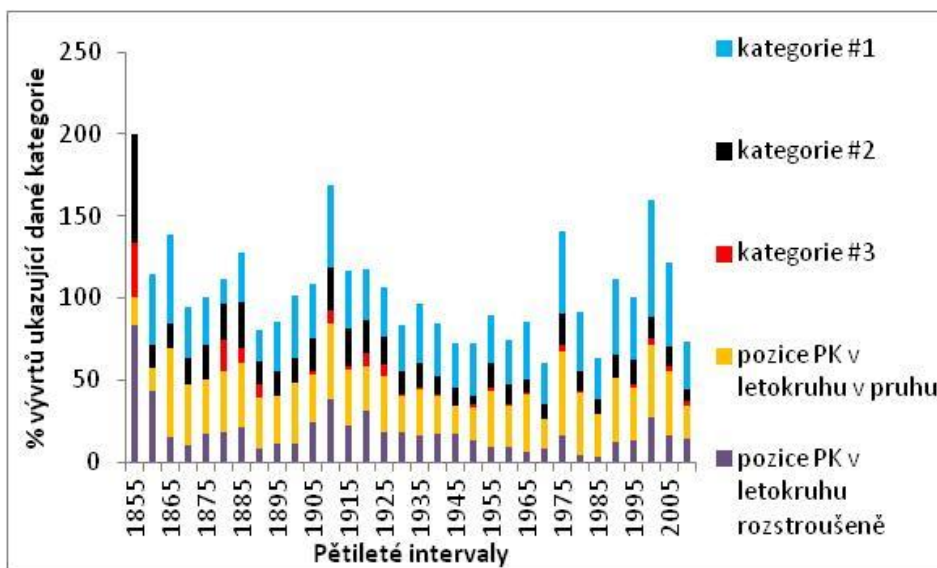
Obr. 35 – Nejdelší laviny v jednotlivých letech podle katastru lavin Krkonoš pro lavinovou dráhu Úpská jáma. Červená přerušovaná čára ukazuje hranici mezi malými a velkými lavinovými sesuny.

Na lavinové dráze Úpská jáma bylo z letokruhových dat rekonstruováno 66 středních uvolnění a 90 velkých uvolnění (Obrázek 36). Uvolnění byla analyzována pro 37 pětiletých intervalů, z nichž 27 ukazuje alespoň jeden strom vykazující uvolnění. Obrázek 36 navíc ukazuje zmlazení porostu (v 1,3m). Nejvyšší počet nově rostoucích stromů (13) byl v pětiletém intervalu 1910. Procentuální výskyt pryskyřičných kanálků a jejich charakterizujících kategorií byl seskupen do 37 pětiletých intervalů.

Výskyt pryskyřičných kanálků je vyjádřen v procentuálním zastoupení ve vývrtech v 37 pětiletých intervalech (Obrázek 37).

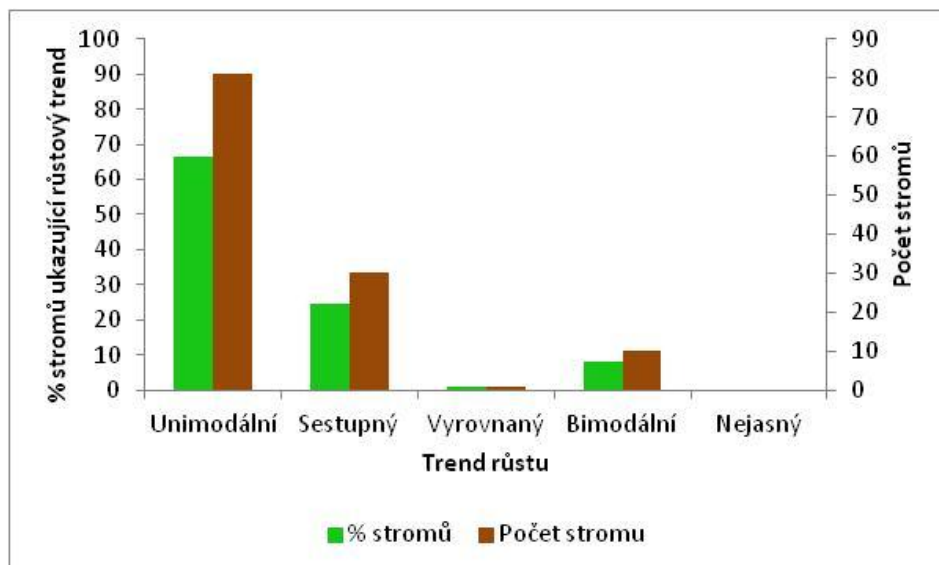


Obr. 36 – Rekonstrukce disturbancí a zmlazení porostu na lavinové dráze Úpská jáma. Červená oblast reprezentuje velké uvolnění, modrá střední uvolnění a zelené sloupce znázorňují zmlazení porostu. Modré šipky zastupují lavinovou událost pocházející z kronik.

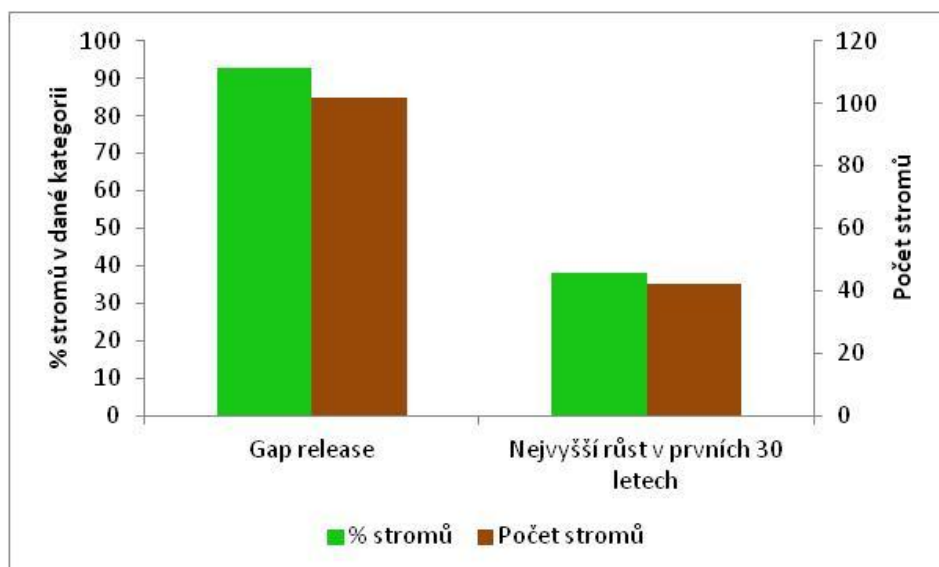


Obr. 37 – Přehled procentuálního zastoupení výskytu pryskyřičných kanálků a jejich vybraných popisujících kategorií.

Růstové trendy analyzovaných stromů pro celou lavinovou dráhu (Obrázek 38) ukazují, že nejčastější růstový trend je unimodální. Tento růstový trend je reprezentován ca 66% stromů z lokality. Růstová strategie zkoumaných jedinců vykazuje světlomilnost (Obrázek 39). Zhruba 93% stromů ukazuje velké přírůsty na začátku života a u 38% tento růst trvá kolem 30 let.



Obr. 38 - Procentuální zastoupení vybraných trendů růstu zkoumaných dřevin na lavinové dráze Úpská jáma.



Obr. 39 – Vyjádření růstové strategie zkoumaných jedinců na lavinové dráze Úpská jáma.

5.6.1 Výsledky korelací vztahů

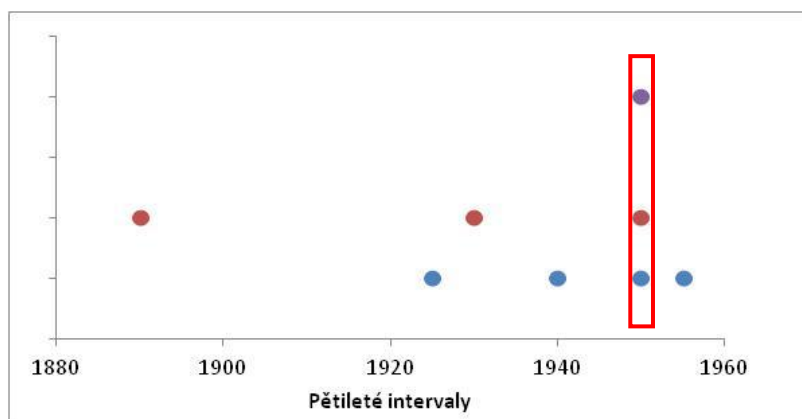
Stromy reagují na lavinovou událost vykazáním středního uvolnění se zpožděním 1 a 2 roky (0,05) a velkého uvolnění se zpožděním 1 – 4 roky (Tabulka P11). Pryskyřičné kanálky se začaly objevovat po lavinové události se zpožděním 1 – 3 roky (0,05). Traumatické pryskyřičné kanálky se formovaly až 3. rok po lavinové události (0,1). Intenzita lavin

pozitivně koreluje s výskytem velkého a středního uvolnění se zpožděním 1 – 2 roky. Střední uvolnění se nejpravděpodobněji tvoří 2. rok po velké lavině (0,1) a velké uvolnění ihned. Intenzita lavin způsobuje nadměrnou tvorbu pryskyřičných kanálků se zpožděním 1 – 4 roky.

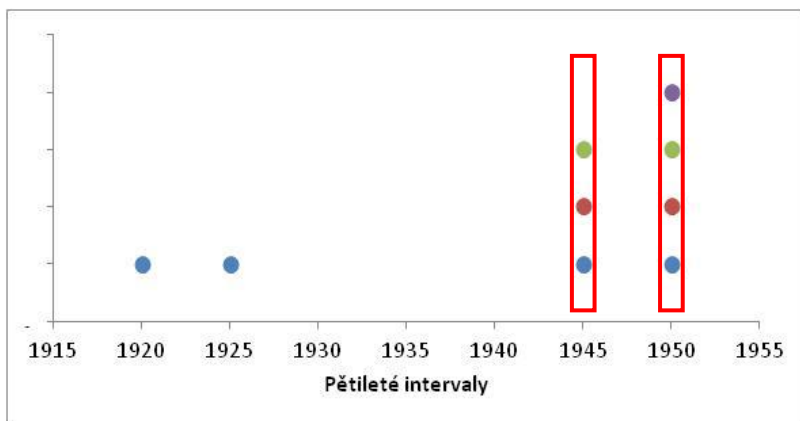
Analýza dendrochronologií zjištěných charakteristik letokruhů ukázala pozitivní vztah v detekci středního a velkého uvolnění (0,05) v pětiletém intervalu (Tabulka P12). Nejdříve strom formuje pryskyřičné kanálky a pak vykáže střední uvolnění se zpožděním 6 – 15 let (0,05).

5.7 Rekonstrukce možných historických lavin

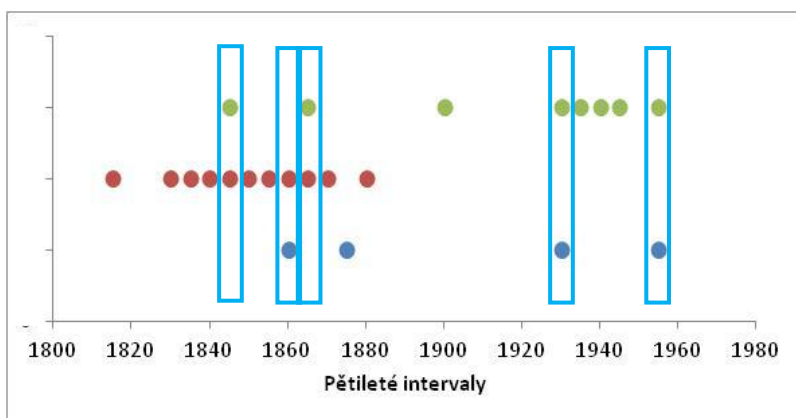
V Pramenném dole – dojezd lavinové dráhy byla velmi pravděpodobně detekována lavina v pětiletých intervalech 1945 a 1950 (Obrázek 40). V roce 1950, zaznamenáno i v horní části lavinové dráhy (Obrázek 41), je navíc i uveden historický záznam potvrzující lavinovou činnost v tomto období. Na lavinové dráze Navorská jáma byla pravděpodobně detekovaná lavina v pětiletých intervalech 1845, 1860, 1865, 1930 a 1955 (Obrázek 42). Na lavinové dráze Pančavská stěna byl pravděpodobně detekovaná lavina v pětiletém období 1955. Na lavinové dráze Velká Studniční jáma byla pravděpodobně detekovaná lavina v pětiletém období 1940 (Obrázek 44). Na poslední zkoumané lavinové dráze Úpská jáma byla pravděpodobně detekovaná lavina v pětiletém období 1865, 1880, 1895, 1900, 1910, 1915 a 1955 (Obrázek 45). V pětiletém období 1880, 1895 a 1900 existuje i historický záznam o velkých lavinách, který potvrzuje naše tvrzení. Potvrzeny byly všechny lavinové události, o kterých je zmínka v Kronice Pece. Na Obrázku 46 je zobrazen přehled kombinací (%), které určily historickou lavinu.



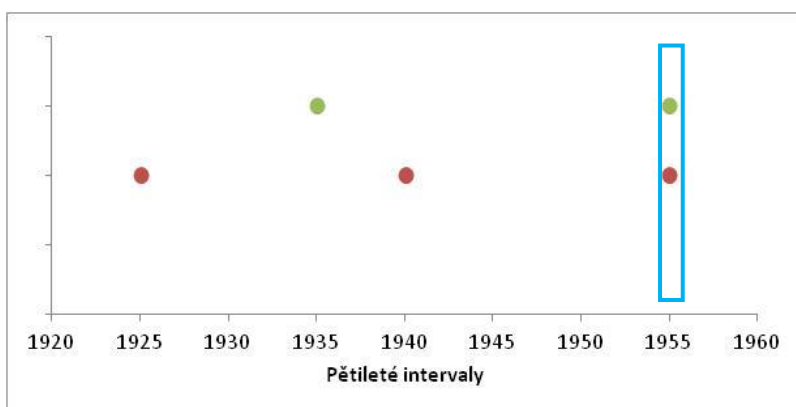
Obr. 40 – Rekonstrukce historických lavin na lavinové dráze Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy. Modré body reprezentují uvolnění, červené body výskyt traumatických kanálků, fialový bod historický záznam a červené obdélníky velmi pravděpodobné historické laviny.



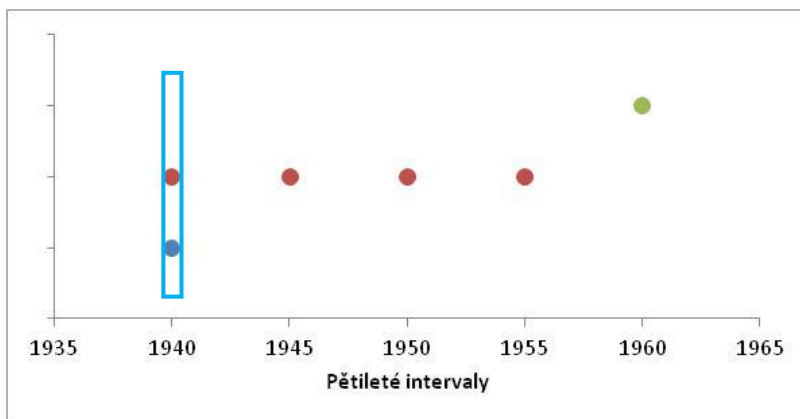
Obr. 41 – Rekonstrukce historických lavin na lavinové dráze Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy. Modré body reprezentují uvolnění, červené body výskyt traumatických kanálků, zelené body nově rostoucí stromy, fialový bod historický záznam a červené obdélníky velmi pravděpodobné historické laviny.



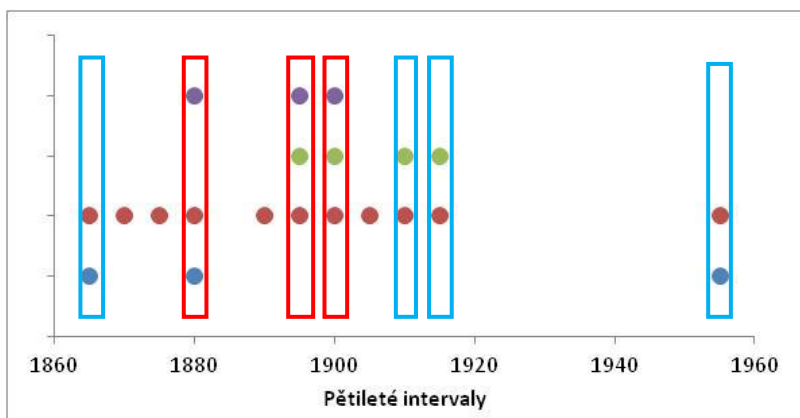
Obr. 42 – Rekonstrukce historických lavin na lavinové dráze Navorská jáma. Modré body reprezentují uvolnění, červené body výskyt traumatických kanálků, zelené body nově rostoucí stromy a modré obdélníky historické laviny.



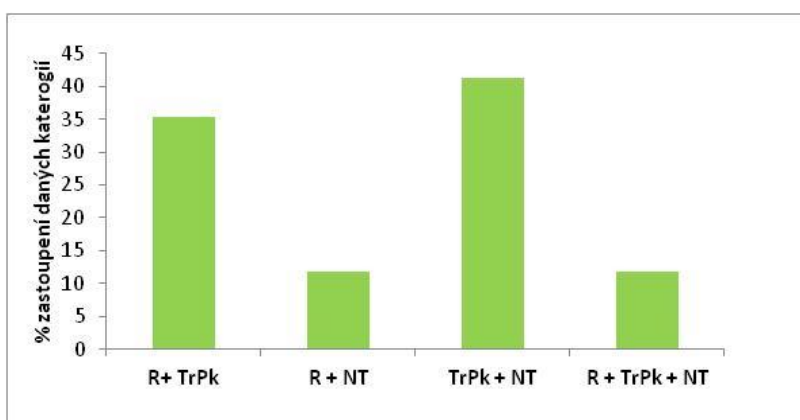
Obr. 43 - Rekonstrukce historických lavin na lavinové dráze Pančavská stěna. Modré body reprezentují uvolnění, červené body výskyt traumatických kanálků, zelené body nově rostoucí stromy a modrý obdélník historickou lavinu.



Obr. 44 – Rekonstrukce historických lavin na lavinové dráze Velká Studniční jáma. Modré body reprezentují uvolnění, červené body výskyt traumatických kanálků, zelené body nově rostoucí stromy a modrý obdélník historickou lavinu.



Obr. 45 – Rekonstrukce historických lavin na lavinové dráze Úpská jáma. Modré body reprezentují uvolnění, červené body výskyt traumatických kanálků, zelené body nově rostoucí stromy, fialové body historický záznam, modré obdélníky pravděpodobné historické laviny a červené obdélníky velmi pravděpodobné historické laviny.



Obr. 46 – Procentuální vyjádření účinnosti kombinací letokruhových charakteristik k detekování historických lavin: R = Release, TrPk = Traumatické pryskyřičné kanálky, NT = Nově rostoucí stromy.

6 Diskuze

6.1 Průměrné přírůstové křivky stromů

Průměrné přírůstové křivky stromů ze všech lokalit po standardizaci a detrendování vykazují vysokou míru shody růstu. To dokazuje, že meziroční variabilita v šířce letokruhů je ovlivněna především klimatickými faktory (Cook & Peters 1997, Laurent et al. 2003, Readon et al. 2008).

Na všech sestavených průměrných přírůstových křivkách je patrný náhlý pokles v letokruhových přírůstech od roku 1980. Tento pokles si vysvětlují jako vysoký vliv imisní zátěže, která se stejným způsobem projevila i v jiné studii (Rydval & Wilson 2012) týkající se blízko ležících Jizerských hor. Rydval & Wilson (2012) detekovali náhlý přírůstový letokruhový pokles také kolem roku 1980. Tento pokles se shodoval s nejvyšší atmosférickou koncentrací SO₂. Je známo, že přirozený vývoj krkonošské krajiny byl v roce 1972 těžce ovlivněn znečištěním ovzduší. Imise, z tepelných elektráren v Žitavské pánvi (Polsko a bývalá NDR), způsobily velkoplošné odumírání smrkových porostů (Kajzarová 2012). Dříve vysoce odolný smrk ztepilý na drsné horské klimatické podmínky v Krkonoších začal ztrácet jehličí, přestával plodit a usychal. Navíc oslabené stromy hůře odolávají přemnoženým biotickým škůdcům dřeva jako je například obaleč modřínový (*Zeiraphera diniana*), lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) a ploskohřbetka smrková (*Cephalcia abietis*).

Plošným odumíráním lesa se ztrácela přirozená lavinová bariéra a lavinové dráhy se postupně prodloužily, rozšířily a spojily. Objevily se nové a někdy i bývalé lavinové dráhy (Vrba & Spusta 1991). V roce 1979 začalo rozsáhlé odumírání smrkových porostů, a proto bylo v roce 1994 odtěženo 7 000 ha lesa. Odumřelé smrky zapříčinily i změnu rostlinných dominant (Chumanová – Vávrová et al. 2015). Aktuální situace byla tak závažná, že byl KRNAP v roce 1984 Světovou unií ochrany přírody (IUCN) zařazen mezi nejohroženější národní parky světa (Kajzarová 2012). Práce Kolář et al. (2015) se zaměřila na analýzu Černého trojúhelníku (místo, kde se nachází hranice České republiky, Polska a Německa). Jejich výsledky ukazují, že po roce 1990 stromy vykazují zvýšené přírůsty, což potvrzují i zde prezentované výsledky. Kolář et al. (2015) si toto zlepšení vysvětlují přísnějšími emisními limity a teplejším, ale méně sušším klimatem (Vacek & Podrázský 2007).

6.2 Rekonstrukce lavin pomocí dendrochronologie

Mnoho prací zabývajících se rekonstrukcí lavinových událostí doporučuje kombinovat dendrochronologií zjištěné znaky (zvýšení/snížení šířek přírůstů letokruhů, přítomnost reakčního dřeva, přítomnost traumatických pryskyřičných kanálků, jizvy) k rekonstruování

lavinových událostí (Casteller et al. 2007, Readon et al. 2008, Laxton & Smith, Corona et al. 2012a, Tumajer & Treml 2015). Butler & Sawyer (2008) dodávají, že k potvrzení správnosti aplikace dendrochronologických zjištění k rekonstrukci disturbancí je třeba mít i přesné historické záznamy o podmínkách daného území.

Po roce 1980 bylo detekováno velké množství uvolnění na všech lokalitách. S největší pravděpodobností se jedná o výsledek imisní katastrofy, která se v Krkonoších vyskytla (Kajzarová 2012, Rydval & Wilson 2012, Kolář et al. 2015). Analýza uvolnění z principu věci nerozezná, zda náhlé zvýšení radiálního přírůstu je z důvodu uvolnění porostu způsobeným disturbancí, tj. uvolnění, či z důvodu jiného výrazného zlepšení podmínek, např. právě po imisní katastrofě. Tento problém byl v Langová (2013) vyřešen vyloučením dendrochronologií zjištěných dat (uvolnění) v časovém úseku 1970 – 2000. Reakce dřevin na poškození porostu imisemi má určité zpoždění (Schweingruber 2007), proto nebylo vhodné zařadit ani poslední roky do rekonstruování lavin pomocí letokruhových analýz, i když se imisní zátěž na celém území KRNAPu v poslední době vyrovnala (Vacek & Podrázský 2007).

V předkládané práci byly nalezeny shody mezi analýzou uvolnění a lavinovými událostmi, které pocházejí z použitelné části dat z lavinového katastru (do roku 1970). Ukazatelem účinku lavinových sesunů jsou detekovaná uvolnění, výskyt traumatických kanálků a následné zmlazení porostu. V Pramenném dole se v roce 1956 sesunula velká lavina o délce 1000 m, dále pak 8 lavin (1962 – 1969), v Navorské jámě 4 laviny (1965 – 1969), v Pančavské stěně 6 lavin (1962 – 1969), na Velké Studniční jámě 4 laviny (1962 – 1969) a v Úpské jámě 14 lavin (1962 – 1969).

Abychom striktně neodřízly výsledky od roku 1970 po současnost (kvůli imisím), předpokládali jsme, že po mechanickém poškození (v našem případě lavina) začne strom produkovat traumatické pryskyřičné kanálky (Shroder 1978, Schweingruber 1996). Podle nálezů práce (Langová 2013) bylo naším předpokladem, že pomocí dendrochronologické analýzy, konkrétně záznamu výskytu pryskyřičných kanálků, dokážeme detekovat historické laviny a srovnáním zjištěných charakteristik se záznamy z katastru lavin je potvrdíme a tím dokážeme, že jsou dendrochronologické metody spolehlivé pro detekování lavin a budeme pak schopni ověřené letokruhové charakteristiky použít jako ukazatel historických lavin bez důkazu lavinových záznamů z kronik nebo katastrů lavin. V bakalářské práci (Langová 2013) byla sledována pouze přítomnost pryskyřičných kanálků v letokruzích bez dalšího rozlišení. V předkládané práci byl nově sledován jak počet, tak pozice pryskyřičných kanálků.

Podle výsledků korelačních analýz je patrné, že stromy opravdu reagují na mechanické poškození tvorbou pryskyřičných kanálků, jak bylo již dříve dokumentováno (např. Shroder

1978, Schweingruber 1996, Langová 2013). Předchozí práce (Langová 2013) potvrdila, že přítomnost pryskyřičných kanálků může indikovat lavinovou událost. Avšak v předkládané práci se díky rozpracování analýzy pryskyřičných kanálků ukázal nový poznatek.

Traumatické kanálky, tj. seskupení pryskyřičných kanálků do pruhu v letokruhu, se tvoří se zpožděním 1 – 5 let. Již dříve Gärtner & Heinrich (2009) ukázali, že smrk ztepilý (*Picea abies*) reaguje na mechanické poškození se zpožděním. To však neplatí u všech dřevin. Předmětem jejich zkoumání byl i modřín opadavý (*Larix decidua*), u kterého se traumatické kanálky objevily ihned po ohnutí (simulace účinku kamenného sesunu). Další zajímavé zjištění bylo, že se traumatické kanálky formovaly pouze v okolí ohnutí (poškození) kmene. Ne na všech našich lavinových drahách vyšel tento vztah průkazně. To by se dalo vysvětlit právě tím, že jsme neodebrali vývrt v místě, do kterého lavina udeřila, čímž ho mohla poškodit. Zjištění, že se traumatické kanálky objevují se zpožděním po lavinové události, bylo pozorováno i v práci Kose et al. (2010).

Stejně jako kamenné sesuny, tak i valící se lavina může poškodit strom, protože například prachové laviny podmiňují vznik tlakových vln, které zvyšují ničivé účinky při zásahu lesního porostu (Kociánová 2013). V Krkonoších jsou sice prachové laviny zastoupeny pouze 10% ze všech lavin, avšak v zimní sezóně 2004/2005 jich sjelo jen na české straně Krkonoš 27. Pro demonstraci síly valících se lavin uvedu příklady druhů lavin a jejich rychlostí: 1) prachová lavina 70-220 m/s, 2) lavina ze suchého sněhu 40-70 m/s a 3) tekoucí mokrá lavina 20-40 m/s. Rychlost lavin závisí mimo jiné i na hustotě sněhu (Kociánová 2013).

Při rekonstrukci historických lavinových událostí je velkým problémem stáří zkoumaných jedinců. Vzhledem k vysoké lavinové aktivitě se na lavinových drahách vyskytuje málo stromů vhodných k dendrochronologickému rekonstruování lavin. Corona et al. (2012a) zjišťovali, kolik je zapotřebí stromů k zachycení co největšího počtu lavin. Jejich výsledek, že k analýze postačuje 100 stromů, je bohužel v mnoha případech nereálný, jelikož tolik statných stromů často nelze na lavinové dráze najít. Avšak v případě analýzy zmlazení porostu nám nevádí, že zkoumaní jedinci mají výrazně rozdílný věk. Můžeme tím právě ukázat, že rozdílnost ve věkové struktuře stromů napříč celou lavinovou dráhou je hodnotným ukazatelem, že je daná oblast narušována lavinami (Casteller et al. 2007). Tímto způsobem však nelze datovat historickou lavinovou činnost. Naší výhodou bylo, že jsme mohli použít katastr lavin Krkonoš k porovnání zaznamenaných lavin a zjištěných letokruhových charakteristik. Počty nově založených stromů (v 1,3m) se zvyšují s výskytem lavin i s intenzitou lavin se zpožděním 1 – 10 let. Pouze na lavinové dráze Velká Studniční jáma

nevyšla pozitivní korelace pro výskyt. Zde se nacházelo hodně vyhnílych stromů a odebrané vývrty pocházely z jedinců v centru lavinové dráhy (nikoliv na jejím okraji, jak tomu bylo u ostatních drah), tudíž by zde byl vztah zmlazení s frekvencí a intenzitou lavin spíše překvapivý a těžko vysvětlitelný.

6.3 Trendy růstu stromů

Smrk ztepilý (*Picea abies*) patří mezi stínomilné dřeviny (napr. Seppa et al. 2009). Frelich (2002) a Oliver & Stephens (1977) tvrdí, že stínomilní jedinci, kteří zažili alespoň jednu disturbanci během života, mají převážně unimodální nebo bimodální růstový trend. V předkládané práci vyšla jednoznačná převaha unimodálního růstového trendu na všech studovaných lokalitách. Určitou chvíli tedy rostly v zástinu, ale lavinové události jim poskytly na začátku života větší prostor pro růst. Často se objevoval sestupný trend růstu, kdy byl vysoký přírůstek na začátku života. U stínomilných dřevin, tedy i smrku, by však měl vrchol růstu nastat až v pozdější fázi života.

Dodatečná analýza trendů identifikovala vysoké zastoupení růstových trendů gap release a nejvyšší růst v prvních 30 letech, které jsou typické spíše pro světlomilné dřeviny. Na základě těchto zjištění lze v našem případě zařadit smrk mezi světlomilné dřeviny (Frelich 2002, Oliver & Stephens 1977). Nicméně, toto zjištění je s největší pravděpodobností odrazem podmínek, kde byla předložená studie realizována. Jelikož se jedná o území, kde dochází často k disturbancím, lze jen těžko předpokládat, že by smrk rostl dlouhou dobu v zástinu. Naopak je dobře adaptován k využití sebemenší možnosti dostat se do narušeného korunového zápoje. Plener (2014) dospěl rovněž k závěru (avšak pro větší počet dřevin), že se růstové trendy liší podle frekvence disturbancí, kdy stínomilné dřeviny při častých disturbancích vykazují trendy růstu charakteristické pro dřeviny světlomilné. Analýza trendů růstu nám tak ukázala, že je třeba zohlednit frekvenci disturbancí na lokalitě při vyhodnocování ekologických nároků zkoumaných jedinců na základě růstových trendů.

6.4 Vztahy dendrochronologicky zjištěných dat s výskytem lavin a intenzitou potvrzující lavinovou událost

Studie (Casteller et al. 2007, Corona et al. 2010, Tumajer & Treml 2015) se zabývaly odhalením lavinových událostí srovnáním analýzy letokruhových dat a historických záznamů. V práci Casteller et al. (2007) porovnání výskytu reakčního dřeva, změn v excentricitě kmene stromů a výskytu traumatických pryskyřičných kanálků ukázalo prokazatelný nárůst těchto

hodnot po roce 1999, kdy byla v jejich zkoumaném místě zaznamenána výjimečná lavinová činnost. Náhlé prudké změny v šířkách letokruhů se objevily u zkoumaných deformovaných stromů také po roce 1999 (Casteller et al. 2007). Uvolnění růstu bylo doprovázeno tvorbou reakčního dřeva. Předložená práce ukázala kombinaci uvolnění růstu a tvorby traumatických pryskyřičných kanálků jako druhou nejčastější kombinaci znaků pro detekci lavin. V případě, že neexistuje historický pramen, který by dokazoval, že se v dané oblasti a v určitém čase objevila lavina (nebo jiná disturbance), lze kombinací výsledků různých dendrochronologických metod rekonstruovat historické laviny (Casteller et al. 2007).

Intenzitu lavinových sesunů se Casteller et al. (2007) a Tumajer & Treml (2015) nepodařilo odhalit pomocí letokruhových záznamů, kvůli absenci žijících – dostatečně starých - stromů v centrálních částech lavinových drah. Což je částečně i náš případ, protože jsme se zaměřili na zkoumání stromů v dojezdech lavinových drah k detekci velkých lavin. Podle výsledků předkládané práce se pravděpodobně podařilo detekovat velké laviny v Pramenném dole v pětiletém období 1945 a 1950. Díky rozdělení výsledků pro horní část, boky a dojezd lavinové dráhy bylo možné tyto laviny detekovat. Tvar lavinové dráhy naznačuje, že až k dojezdu dráhy se mohly dostat jen silné laviny, které zapříčinily tvorbu traumatických pryskyřičných kanálků, uvolnění a zmlazení porostu.

Kronika Pece (*non vidi*) obsahuje informaci o velké lavině, která se sesunula v Obřím dole v roce 1883 (Kociánová 2013). V zimní sezóně 1899/ 1900 se objevilo 20 velkých lavin (Kociánová 2013). Presentované výsledky letokruhových analýz tyto informace potvrzují využitím dvou nejčastějších kombinací zjištěných letokruhových charakteristik (release + traumatické kanálky, traumatické kanálky + zmlazení porostu).

Nejspolehlivější je detekce lavinové události za pomoci všech zjištěných letokruhových charakteristik (uvolnění + traumatické pryskyřičné kanálky + zmlazení porostu), avšak taková shoda se objevila v naší práci málo. Vysvětlením může být malý počet dostatečně starých stromů (pro detekci hodně starých uvolnění a formování traumatických kanálků) a zároveň malý počet mladších stromů, jejichž založení by mohlo také dokázat lavinovou událost. Na všech zkoumaných lavinových drahách jsou jisté rozdíly v reliéfu a také rozdíly v počtech zkoumaných stromů a jejich stáří. Kvůli těmto predispozicím nelze zatím jednoznačně určit, která letokruhová charakteristika je nejvhodnější k detekování lavin. Výsledky naznačují, že je lepší kombinovat znaky letokruhů k určení historické disturbance.

Závěr práce Tumajer & Treml (2015) je, že jsou dendrochronologické metody efektivnější v určování velkých lavin na lavinových drahách, kde je nižší frekvence disturbancí. Naše výsledky byly hodně ovlivněné imisní zátěží, ale i přesto se podařilo

detekovat několik historicky doložených lavin pomocí letokruhových dat v období, které nebylo imisemi ovlivněno. Můžeme se tedy přiklonit k výše uvedenému závěru (Tumajer & Treml 2015), protože na zkoumaných lavinových dráhách se objevují laviny prakticky každý rok a tak nebylo možné jednoznačně odlišit jednotlivé lavinové sesuny. Nicméně výrazné laviny se nám naopak detekovat podařilo.

6.5 Shrnutí rekonstruovaných krkonošských historických lavin

Detekovali jsme také historické laviny, které nejsou uvedeny v dostupných zdrojích. Analýza prováděna na lavinových drahách, které se liší reliéfem, frekvencí lavin a počtem stromů, ukázala, že zvolené prahové hodnoty u jednotlivých charakteristik lze použít pro rekonstrukci lavin v daném území. Nicméně, je třeba tyto prahové hodnoty používat pouze při stejném postupu experimentu, především pozici vrtaných stromů v rámci lavinové dráhy. Pokud jsme zaměřeni pouze na jeden typ disturbance (např. lavina), je třeba zvážit kombinaci minimálně dvou letokruhových charakteristik.

Navržený design pokusu nemusí detekovat menší laviny. Falešná detekce laviny je v našem případě málo pravděpodobná, jak je ukázáno porovnáním letokruhových charakteristik s katastrem lavin a zároveň záznamy o velkých lavinách, které předložená rekonstrukce zaznamenala. Také můžeme předpokládat, že rekonstruované historické laviny byly pravděpodobně většího rozsahu (Tumajer & Treml 2015). Právě frekvence výskytu velkých lavin je důležitá pro pochopení dlouhodobých ekologických procesů (Bebi et al. 2009) a vlivu globálních změn (Stoffel & Huggel 2012).

7 Závěr

- 1) Imisní zátěž zapříčinila zvýšený počet úhynu stromů, čímž se také zvýšil počet detekovaných uvolnění. Z tohoto důvodu nebylo možné využít zjištěná uvolnění v tomto období k porovnání se záznamy z katastru lavin.
- 2) Vliv doložených lavin na růst stromů lze detekovat pomocí různých dendrochronologických analýz.
- 3) Smrk ztepilý ihned nereaguje na mechanické poškození kmene. Traumatické kanálky se objevují se zpožděním 1 – 5 let.
- 4) Za nejspolehlivější indikátor lavinových událostí lze považovat kombinaci všech tří zkoumaných charakteristik najednou a to uvolnění + traumatické kanálky + zmlazení porostu, dále pak traumatické kanálky + zmlazení porostu a uvolnění + traumatické pryskyřičné kanálky, nicméně i uvolnění a zmlazení porostu umožňují detekovat významnější lavinové události.
- 5) Podařilo se detekovat historické lavinové události, které nejsou evidované v dostupných historických materiálech.

8 Literatura

- ALTMAN, J., R. HÉDL, P. SZABÓ, P. MAZŮREK, V. RIEDL, J. MÜLLEROVÁ, M. KOPECKÝ, J. DOLEŽAL & B. BOND-LAMBERTY Tree-Rings Mirror Management Legacy: Dramatic Response of Standard Oaks to Past Coppicing in Central Europe. *PLoS ONE*. 2013a, 8(2): e55770-.
- ALTMAN, J., J. DOLEŽAL, T. ČERNÝ, J. S. SONG, V. RIEDL, J. MÜLLEROVÁ, M. KOPECKÝ, J. DOLEŽAL & B. BOND-LAMBERTY Forest response to increasing typhoon activity on the Korean peninsula: evidence from oak tree-rings. *PLoS ONE*. 2013b, 8(2), e55770-.
- ALTMAN, J., P. FIBICH, J. DOLEZAL & T. AAKALA. TRADER: A package for Tree Ring Analysis of Disturbance Events in R. *Dendrochronologia*, 2014, 32(2): 107-112 ISSN 11257865.
- ALTMAN, J. Tree-ring reconstruction of forest disturbances: evaluation of methods and past changes on forest dynamic. Ph.D. Thesis Series, No. 17. University of South Bohemia, Faculty of Science, School of Doctoral Studies in Biological Sciences, České Budějovice, Czech Republic, 2014, 111 pp.
- ANDĚL, P. et al. Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání, Baset, Praha, 2007, 864 s.
- ATTIWILL, M. P. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* 63, 1994, s. 247-300.
- BEBI P., KULAKOWSKI D. & RIXEN Ch. Snow avalanche disturbances in forest ecosystems—State of research and implications for management. *Forest Ecology and Management*, 2009, r. 257, č. 9, s. 1883-1892.
- BITTERLI, P. Jahrringe in Legföhren (*Pinus mugo*, *Turra ssp. mugo*) als Ausdruck lokale mechanischer Faktoren. *Dendrochronologia* 5, 1987, s. 79–95.
- BLACK, B. A. & M. D. ABRAMS Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria. *Ecological Applications*, 2003, 13(6), 1733-1749.
- BÜNTGEN, U., R. BRÁZDIL, K. U. HEUSSNER, J. HOFMANN, R. KONTIC, T. KYNCL, CH. PFISTER, K. CHROMÁ & W. TEGEL Combined dendro-documentary evidence of Central European hydroclimatic springtime extremes over the last millennium. *Quaternary Science Reviews*, 2011, 30(27-28): 3947-3959.
- BÜNTGEN, U., F. MARTÍNEZ-PEÑA, J. ALDEA, A. RIGLING, E. M. FISCHER, J. J. CAMARERO, M. J. HAYES, V. FATTON & S. EGLI Declining pine growth in Central Spain coincides with increasing diurnal temperature range since the 1970s. *Global and Planetary Change*, 2013, 107: 177-185.
- BUTLER, DR. & CF. SAWYER Dendrogeomorphology and high-magnitude snow avalanches: a review and case study. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 2008, 8: 303-309.
- CAMPELO, F., I. GARSÍA-GONZÁLES & C. NABAIS detrendeR—A Graphical User Interface to process and visualize tree-ring data using R. *Dendrochronologia*, 2012, 30(1), 57-60.
- CASTELLER, A., V. STOCKLI, R. VILLALBA & A. MAYER An Evaluation of Dendroecological Indicators of Snow Avalanches in the Swiss Alps. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 2007, 39(2): 218-228.
- CASTELLER, A., R. VILLALBA, A. MAYER & V. STOCKLI Reconstrucción espacial y temporal de la ocurrencia de avalanchas de nieve en los Andes patagónicos utilizando técnicas dendrocronológicas. *Revista chilena de historia natural*, 2009, 82(2): 245-264.
- CASTELLER, A., R. VILLALBA, D. ARANEO & V. STOCKLI Reconstructing temporal patterns of snow avalanches at Lago del Desierto, southern Patagonian Andes. *Cold Regions Science and Technology*, 2011, 67: 68-78.

- CEPÁK, P. Nejvýznamnější faktory zapříčiňující pád lavin. Bakalářská práce, 2010, Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha, 39 s.
- COOK, E. R. & L. A. KAIRIUKSTIS Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London, 1990, 394 s.
- COOK, E. R. & K. PETERS Calculating unbiased tree-ring indices for the study of climatic and environmental change. The Holocene, 1997, 7(3): 361-370. ISSN 09596836.
- CORONA, CH., G. ROVÉRA, J. LOPEZ SAEZ, M. STOFFEL & P. PARFETTINI Spatio-temporal reconstruction of snow avalanche activity using tree rings: Pierres Jean Jeanne avalanche talus, Massif de l'Oisans, France. Catena, 2010, 83: 107-118.
- CORONA, CH., J. LOPEZ SAEZ, M. STOFFEL, M. BONNEFOY, D. RICHARD, L. ASTRADE & F. BERGER How much of the real avalanche activity can be captured with tree rings? An evaluation of classic dendrogeomorphic approaches and comparison with historical archives. Cold Regions Science and Technology, 2012a, 74-75: 31-.
- CORONA, CH., J. LOPEZ SAYEZ, M. STOFFEL, G. ROVÉRA, J. L. EDOUARD & F. BERGER Seven centuries of avalanche activity at Echalp (Queyras massif, southern French Alps) as inferred from tree rings. The Holocene, 2012b, 0(0): 1-13.
- de QUERVAIN, M. R., de CRECY L., E. R. LACHAPELLE, K. LOSEV & M. SHODA Proposal of the working group an avalanche classification of the international commission on snow and ice. Hydrological Sciences Bulletin, 1973, 18, s. 391-402.
- DICK, A., D. MCFARLANE & R. MCGREGOR The Use of Dendrochronology to Determine Avalanche Frequency Along the Avalanche Path East of Balu Peak, Within the Balu Pass Trail, Roger's Pass, BC. University of Victoria: Department of Geography, 2011.
- DUNCAN, R. P. & G. H. STEWART The temporal and spatial analysis of tree age distributions. Canadian Journal of Forest Research, 1991, 21(12), 1703-1710.
- ECKSTEIN, D. & J. BAUCH Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1969, 88(1): 230-250.
- FISHER, A., H. S. FISHER & U. LEHNERT Avalanches creating high structural and floristic diversity in mountain mixed forests in the Alps. Biodiversity and Conservation 21, 2010, s. 643-654.
- FOSTER, D. R. Disturbance History, Community Organization and Vegetation Dynamics of the Old-growth Pisgah Forest, South-western New Hampshire, U.S.A. Journal of Ecology 76.1, 1988, : 105-134.
- FRELICH, L. E. Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests. Edition ed.: Cambridge University Press, 2002. ISBN 1139439332.
- GARTNER, H. & I. HEINRICH The formation of traumatic rows of resin ducts in *Larix decidua* Mill. and *Picea abies* (L.) Karst. as a result of wounding experiments in the dormant season. IAWA Journal, 2009, Vol. 30: 199-215.
- GARTNER, H. & D. NIEVERGELT The core-microtome: A new tool for surface preparation on cores and time series analysis of varying cell parameters. Dendrochronologia, 2010, 28(2), 85-92.
- GERMAIN, D., B. HÉTU & L. FILION Tree-ring Based Reconstruction of Past Snow Avalanche Events and Risk Assessment in Northern Gaspé Peninsula (Québec, Canada) In: Stoffel M, Bollschweiler M, Butler

- DR, Luckman BH (eds): Tree Rings and Natural Hazards. Advances in Global Change Research 41. Springer. Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 2010, 51-73.
- GOODELL, L. & D. FABER-LANGENDOEN Development of stand structural stage indices to characterize forest condition in Upstate New York. *Forest Ecology and Management*, 2007, 249(3): 158-170. ISSN 03781127.
- GOOGLE EARTH COMMUNITY Retrieved 14/11/2006 from <http://bbs.keyhole.com/ubb/categories.php/Cat/0>, Google Inc., 2006. SketchUp User's Guide. Retrieved 14/11/2006 from http://download.sketchup.com/GSU/pdfs/GSUUsersGuide_WIN.pdf.
- GRISSINO-MAYER, H. D., R. L. HOLMES & H. C. FRITTS International tree-ring data bank program library. Laboratory of Tree-Ring Research, 1993, University of Arizona, Tucson.
- GROISMAN, P. Y, T. R. KARL, R. W. KNIGHT A G. L. STECHNIKOV Changes of Snow Cover, Temperature, and Radiative Heat Balance over the Northern Hemisphere. *J. Climate*, 1994, 7, 1633–1656.
- HLÁSNÝ, T., Š. KRÍSTEK, J. HOLUŠA, J. TROMBIK & N. URBAŇCOVÁ Snow disturbances in secondary Norway spruce forests in Central Europe: Regression modeling and its implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 2011, 262(12): 2151-2161.
- CHUMANOVÁ-VÁVROVÁ, E., O. CUDLÍN & P. CUDLÍN Spatial and temporal patterns of ground vegetation dominants in mountain spruce forests damaged by sulphur air pollution (Giant Mountains, Czech Republic). *Boreal Env. Res.*, 2015, 20: 620–636.
- JANDA, P., M. SVOBODA, R. BAČE, V. ČADA & J. E. PECK. Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 2014, 330: 304-311. ISSN 03781127.
- JENÍK, J. Geobotanická studie lavinového pole v Modrém dole v Krkonoších. *Acta University Carolinae, Biol.*, 1958, 5, s. 47–91.
- JENÍK, J. Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Academia, Praha, 1961, 407 s.
- JONES, H. G., J. W. POMEROY, D. A. WALKER & R. W. HOMAN Snow ecology. An Interdisciplinary Examination of Snow-Covered Ecosystems. Cambridge University Press. Cambridge, 2011, 78 s.
- KAJZAROVÁ, E. Lesy Krkonošského národního parku a péče o ně: rosteme kolem vás. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí, 2012, 47 s.
- KAPLAN, Z. Flora and phytogeography of the Czech Republic. *Preslia* 84, 2012, s. 505–573.
- KITCHEN, S. G. Historical fire regime and forest variability on two eastern Great Basin fire-sheds (USA). *Forest Ecology and Management*, 2012, 285: 53-66.
- KOCIÁNOVÁ, M. & V. SPUSTA Vliv lavinové aktivity na kolísání horní hranice lesa v Krkonoších. In: Štursa J., Mazurski K. R. & Palucki A. (eds): Sborník příspěvků z mezinárodní konference Geoekologické problémy Krkonoš. Svoboda n. Ú., 19. -21. 9. 2000. *Opera Corcontica* 37, s. 473-480.
- KOCIÁNOVÁ, M., I. ŠPATENKOVÁ, A. TONDROVÁ, I. J. DVOŘÁK & V. PILOUS Základové a smíšené laviny ve vztahu k přemísťování svahovin a dynamice vegetace. In: Štursa J., Mazurski K. R., Palucki A. & Potočka J. (eds.): Sborník příspěvků z mezinárodní konference Geoekologické problémy Krkonoš. Szklarska Poreba, 5. - 7. 11. 2004. *Opera Corcontica* 4, s. 86-99.
- KOCIÁNOVÁ, M., H. ŠTURSOVÁ & J. ZAHRADNÍKOVÁ Klonální růst endemického jeřábu *Sorbus sudetica* v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 2005, 42, s 99–105.

- KOCIÁNOVÁ, M. Laviny v Krkonoších: příroda, katastr, historie, prevence, záchrana. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2013, 190 s. ISBN 978-80-86418-97-1.
- KOLÁŘ, T., P. ČERMÁK, F. OULEHLE, M. TRNKA, P. ŠTĚPÁNEK, P. CUDLÍN, J. HRUŠKA, U. BÜNTGEN & M. RYBNÍČEK. Pollution control enhanced spruce growth in the “Black Triangle” near the Czech–Polish border. *Science of The Total Environment*, 2015, 538: 703-711. ISSN 00489697.
- KOMÁRKOVÁ, V. & R. LAVECCHIA Avalanches. *Science*, 1988, 18 s.
- KÖSE, Nesibe, Abdurrahim AYDIN, Ünal AKKEMIK, Hüseyin YURTSEVEN a Tuncay GÜNER. Using tree-ring signals and numerical model to identify the snow avalanche tracks in Kastamonu, Turkey. *Natural Hazards*, 2010,54(2): 435-449. ISSN 0921030x.
- KUKAL, Z. Přírodní katastrofy. Horizont, Praha, 1983,259 s.
- KUKAL, Z. & K. POŠMOURNÝ Přírodní katastrofy a rizika. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 2005, 51 s.
- LANG, A., J. MOYA, J. COROMINAS, L. SCHROTT & R. DIKAU Classic and new dating methods for assessing the temporal occurrence of mass movements. *Geomorphology*, 1999, 30: 33-52.
- LANGOVÁ, V. Analýza růstu dřevin na lavinových svazích v Krkonoších. České Budějovice, Czech Republic, bakalářská práce, Faculty of Science, University of South Bohemia, 2013, vedoucí práce Jan Altman.
- LAURENT, M., N. ANTOINE & G. JOËL Effects of different thinning intensities on drought response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 2003, 183(1-3): 47-60. ISSN 03781127.
- LAXTON, S. C. & D. J. SMITH Dendrochronological reconstruction of snow avalanche activity in the Lahul Himalaya, Northern India. *Natural Hazards*, 2009, 49: 459-467.
- LORIMER, C. G., L. E. FRELICH & E. V. NORDHEIM Estimating gap origin probabilities for canopy trees. *Ecology*, 1988, 778-785.
- LORIMER, C. G. & L. E. FRELICH A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 1989, 19(5), 651-663.
- MCDONALD-MADDEN, E., M. BODE, E. T. GAME, H. GRANTHAM & H. P. POSSINGHAM The need for speed: informed land acquisitions for conservation in a dynamic property market. *Ecology Letters*, 2008, ISSN 1461023x.
- MOLINA, R., E. MUNTÁN, L. ANDREU, G. FURDADA, P. OLLER, E. GUTIÉRREZ, P. MARTÍNEZ & J. M. VILAPLANA Using vegetation to characterize the avalanche of Canal del Roc Roig, Vall de Núria, eastern Pyrenees, Spain. *Annals of Glaciology*, 2004, 38: 159-165.
- MUNTÁN, E., C. GARCÍA, P. OLLER, G. MARTÍ, A. GARCÍA & E. GUTIÉRREZ Reconstructing snow avalanches in the Southeastern Pyrennes. *Natural Hazards and Earth System Science*, 2009, 9: 1599-1612.
- NOWACKI, G. J. & M. D. ABRAMS Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, 1997, 67, s. 225-249.
- OLIVER, C. D. & E. P. STEPHENS Reconstruction of a mixed-species forest in central New England. *Ecology*, 1977, 562-572.
- ORWIG, D. A. & M. D. ABRAMS Land-use history (1720-1992), composition, and dynamics of oak-pine forests within the Piedmont and Coastal Plain of northern Virginia. *Canadian Journal of Forest Research*, 1994, 24: 1216-1225.

- PALLARDY, S. G. & T. T. KOZLOWSKI Physiology of woody plants. 3. vydání, Academic Press – Elsevier, Oxford, 2008, 454 s.
- PLENER, T. Studium působení přírodních disturbancí v přirozených horských lesích Jižní Koreje pomocí dendrochronologických metod. Magisterská práce, Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, 2014, The Czech Republic.
- QUITT, E. Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica*, GgÚ ČSAV, Brno, 1971, s. 73.
- R CORE TEAM R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015, URL <https://www.R-project.org/>.
- READON, B. A., G. T. PEDERSON, C. J. CARUSO & D. B. FAGRE Spatial Reconstructions and Comparisons of Historic Snow Avalanche Frequency and Extent Using Tree Rings in Glacier National Park, Montana, U.S.A. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2008, 40, s. 148-160.
- RYDVAL, M. & R. WILSON The impact of industrial SO₂ pollution on North Bohemia conifers. *Water, Air, & Soil Pollution* 223, 2012, s. 5727-5744.
- SCURFIELD, G. Reaction Wood: Its Structure and Function. *Science*, 1973, 179(4074): 647-655, ISSN 00368075.
- SCHWEINGRUBER, F. H. Tree rings and environment dendroecology. Paul Haupt Publishers, Berne, 1996, 609 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H. Wood structure and environment. New York, Springer, 2007, 276 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H., A. BORNER & E. D. SCHULZE Atlas of Woody Plant Stems. Evolution, Structure and Environmental Modifications. Springer. Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008, 229 s.
- SEPPA, H., T. ALENIOUS, R. H. BRADSHAW, T. GIESECKE, M. HEIKKILA & P. MUUKKONEN Invasion of Norway spruce (*Picea abies*) and the rise of the boreal ecosystem in Fennoscandia. *Journal of Ecology*, 2009, 97(4), 629-640.
- SHRODER, J. F. Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah. *Quaternary Research*, 1978, 9(2): 168-185 ISSN 00335894.
- SPLECHTNA, B. E., G. GRATZER & B. A. BLACK Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – A spatial dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, 2005, 16(5), s. 511-522.
- SPUSTA, V. & M. KOCIÁNOVÁ Lavinový katastr české části Krkonoš v období 1961/62 – 1997/98. *Opera Corcontica*, 1998, 35, 202 s.
- STOFFEL, M., I. LIÉVRE, D. CONUS, M. A. GRICHTING, H. RAETZO, H. GAERNTER & M. MONBAROM Stoffel M, Liévre I, Conus D, Grichting MA, Raetzo H, Gaernter H, Monbarom M 400 Years of Debris-Flow Activity and Triggering Weather Conditions: Ritigraben, Valais, Switzerland. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2005a, 37(3): 387-395.
- STOFFEL, M. D. SCHNEUWLY, M. MOLLSCHWEILER, I. LIÉVRE, R. DELALOYE, M. MYINT & M. MONBAROM Analyzing rockfall activity (1600-2002) in a protection forest – a case study using dendrogeomorphology. *Geomorphology*, 2005b, 68: 224-241.
- STOFFEL, M. & S. PERRET Reconstructing past rockfall activity with tree rings: Some methodological considerations. *Dendrochronologia*, 2006, 24(1): 1-15.

- STOFFEL, M. & O. M. HITZ. Rockfall and snow avalanche impacts leave different anatomical signatures in tree rings of juvenile *Larix decidua*. *Tree Physiology*, 2008, 28(11): 1713-1720, ISSN 0829318x.
- STOFFEL, M. & M. BOLLSCHWEILER What Tree Rings Can Tell About Earth-Surface Processes: Teaching the Principles of Dendrogeomorphology. *Geography Compass*, 2009, 3(3):1013-1037.
- STOFFEL, M. *Tree rings and natural hazards: a state-of-the-art*. Springer, New York, 2010, s. 505.
- STOFFEL, M. & C. HUGGEL Effects of climate change on mass movements in mountain environments. *Progress in Physical Geography*, 2012, 36(3): 421-439. ISSN 03091333.
- SVOBODA, M., P. JANDA, T. A. NAGEL, S. FRAVER, J. REJZEK, R. BAČE & P. CHERUBINI Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. *Journal of Vegetation Science*, 2012, 23(1): 86-97. ISSN 11009233.
- ŠTĚPÁNEK, J. Chrastavec rolní krkonošský – *Knautia arvensis*(L.) Coulter subsp.*pseudolongifolia*(Szabó) O. Schwarz. – In: Slavík B. et al., Vybrané ohrožené druhy flóry ČSR, Studie ČSAV, Academia, 1989, s. 25–36.
- ŠTĚPÁNKOVÁ, J. *Carex derelicta*, a new species from the Krkonoše Mountains (Czech Republic). *Preslia* 80, 2008, s. 389–397.
- TEICH, M., C. MARTY, C. GOLLUT, A. GRET-REGAMEY & P. BEBI Snow and weather conditions associated with avalanche releases in forests: Rare situations with decreasing trends during the last 41 years. *Cold Regions Science and Technology*, 2012, 83/84, s. 77-88.
- TUMAJER, J. Dendrochronologické datování lavin Krkonoš. Praha, The Czech Republic, Faculty of Science, Charles University, diplomová práce, školitel Treml Václav, 2013, s. 87.
- TUMAJER, J. & V. TREML Reconstruction ability of dendrochronology in dating avalanche events in the Giant Mountains, Czech Republic. *Dendrochronologia*, 2015, 34: 1-9. ISSN 11257865.
- URBAN, S. T., V. J. LIEFFERS & S. E. MACDONALD Release in radial growth in the trunk and structural roots of white spruce as measured by dendrochronology. *Canadian Journal of Forest Research*, 1994, 24(8): 1550-1556, ISSN 00455067.
- VACEK, S. & V. PODRÁZSKÝ Vývoj zdravotního stavu lesních porostů na výzkumných plochách v Krkonoších. – In: Štursa J. & Knapik R. (eds), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou. *Opera Corcontica*, 2007, 44/2, s. 493–498.
- VIGLIETTI, D. S. LETEY, R. MOTTA, M. MAGGIONI & M. FREPPAZ Snow and avalanche: the influence of forest on snowpack stability. *Cold Regions Science and Technology*, 2010, 64, s. 167-173.
- VOICULESCU, M. & A. ONACA Spatio-temporal reconstruction of snow avalanche activity using dendrogeomorphological approach in Bucegi Mountains Romanian Carpathians. *Cold Regions Science and Technology*, 2014, 104-105: 63-75, ISSN 0165232x.
- VRBA, M. & V. SPUSTA Lavinový katastr Krkonoš. *Opera Corcontica*, 1975, 12, s. 65-90.
- VRBA, M. & V. SPUSTA Lavinový katastr Krkonoš. *Opera Corcontica*, 1991, 28, s. 47-58.

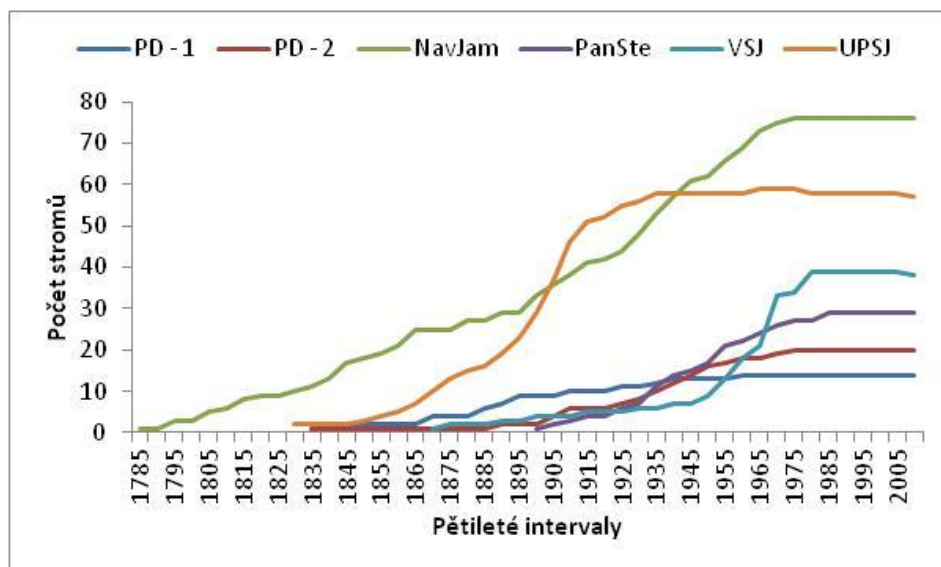
Internetové zdroje:

- www.sciem.com
- www.ncdc.noaa.gov

9 Příloha

9.1 Hloubka vzorku

Na obrázku P1 je ukázán přehled počtu zkoumaných stromů na vybraných lavinových drahách.



Obr. P1 – Počty zkoumaných stromů na lavinových drahách seskupených do pětiletých intervalů. PD – 1 (Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy), PD – 2 (Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy), NavJam (Navorská jáma), PanSte (Pančavská stěna), VSJ (Velká Studniční jáma), UPSJ (Úpská jáma).

9.2 Výsledky korelačních analýz

Vysvětlení použitých termínů v níže prezentovaných tabulkách (Tabulka P1-P12): Total Moderate – počet středních uvolnění; Total Major – počet velkých uvolnění; Total Releases – počet všech uvolnění; % PK – procento stromů, které vykázalo přítomnost pryskyřičných kanálků; Pozice PK r – pryskyřičné kanálky seskupené v letokruhu roztroušeně; Pozice PK p – pryskyřičné kanálky seskupené v letokruhu do pruhu; Kategorie 1 – počet pryskyřičných kanálků v letokruhu 1 – 5; Kategorie 2 – počet pryskyřičných kanálků v letokruhu 6 – 10; Kategorie 3 – počet pryskyřičných kanálků v letokruhu 11 – více; Nové stromy – počet nově založených stromů; n lavin – počet lavin podle katastru lavin Krkonoš; délka laviny – intenzita lavinového sesunu.

Zelená buňka znamená, že vztah je statisticky průkazný na hladině významnosti 0,05.

Symbol (*) znamená, že vztah je statisticky průkazný na hladině významnosti 0,1.

9.2.1 Pramenný důl – horní část a boky lavinové dráhy

Tabulka P1 – Jednoleté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Total Moderate x n lavin	0.106	0.356	0.218	-0.098	-0.037	0.024	0.152	0.017	-0.055	-0.065	-0.335
Total Major x n lavin	0.342	*0.256	0.199	0.280	0.362	0.151	0.111	0.058	-0.162	*-0.264	-0.192
Total Releases x n lavin	0.355	0.424	0.295	0.185	0.290	0.144	0.182	0.059	-0.171	*-0.264	-0.356
% PK x n lavin	0.039	-0.002	0.180	0.141	0.092	0.205	0.071	0.083	0.076	0.107	-0.056
Pozice PK r x n lavin	0.029	0.021	0.218	0.141	0.021	0.179	0.099	0.125	-0.030	-0.026	-0.013
Pozice PK p x n lavin	-0.071	-0.175	-0.032	-0.012	0.013	0.188	0.053	0.026	0.086	0.123	0.034
Kategorie 1 x n lavin	0.073	0.052	0.224	0.134	0.104	0.218	0.057	0.115	0.114	0.120	-0.036
Kategorie 2 x n lavin	0.025	-0.062	-0.160	0.088	0.000	0.050	-0.042	-0.151	*-0.261	-0.022	-0.028
Kategorie 3 x n lavin	-0.273	-0.279	0.173	-0.011	-0.013	-0.022	*0.258	0.156	0.331	0.049	-0.145
Nové stromy x n lavin	0.037	0.036	0.032	0.226	0.031	0.030	0.031	-0.003	-0.006	-0.009	-0.012
Total Moderate x délka laviny	0.174	0.432	0.036	-0.139	0.033	0.165	*0.236	0.094	-0.131	-0.094	-0.301
Total Major x délka laviny	0.011	0.024	0.047	0.282	0.416	*0.250	0.073	-0.004	-0.120	-0.195	-0.193
Total Releases x délka laviny	0.109	*0.267	0.061	0.163	0.377	0.309	0.198	0.050	-0.178	-0.222	-0.337
% PK x délka laviny	0.023	0.004	0.086	0.114	-0.028	0.129	-0.070	0.026	0.089	0.068	0.003
Pozice PK r x délka laviny	0.078	0.048	0.030	-0.007	-0.097	0.150	0.013	0.060	0.025	-0.013	0.024
Pozice PK p x délka laviny	-0.153	-0.224	-0.047	0.017	-0.034	0.164	-0.135	-0.020	0.050	0.092	0.075
Kategorie 1 x délka laviny	0.057	0.052	0.090	0.062	-0.023	0.134	-0.071	0.047	0.114	0.070	-0.011
Kategorie 2 x délka laviny	-0.022	-0.054	0.007	0.306	0.035	0.084	-0.211	-0.180	-0.199	0.019	-0.003
Kategorie 3 x délka laviny	-0.200	*-0.253	0.029	-0.156	-0.137	-0.104	0.398	*0.247	0.316	0.004	0.119
Nové stromy x délka laviny	0.221	*0.257	0.173	*0.253	-0.064	0.015	0.015	-0.003	-0.005	-0.008	-0.011

Tabulka P2 – Pětileté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-3	-2	-1	0	1	2	3
Release Moderate x Release Major	*0.277	0.168	*0.275	0.333	0.003	0.094	0.254
% Moderate x % PK	0.010	0.202	0.001	0.003	-0.237	0.071	-0.457
% Moderate x pozice PK r	0.004	0.167	0.175	-0.194	*-0.281	-0.023	-0.376
% Moderate x pozice PK p	0.114	0.217	-0.130	0.272	-0.005	0.350	*-0.303
% Moderate x kategorie 1	0.051	0.207	0.011	0.036	-0.233	0.053	-0.442
% Moderate x kategorie 2	-0.196	0.012	-0.091	-0.154	0.034	0.058	-0.053
% Moderate x kategorie 3	-0.189	-0.107	0.026	-0.153	-0.086	0.132	-0.047
% Major x % PK	-0.126	-0.016	-0.035	-0.090	-0.103	-0.214	-0.242
% Major x pozice PK r	-0.165	-0.087	-0.096	-0.153	-0.211	-0.173	-0.256
% Major x pozice PK p	-0.056	-0.072	-0.012	-0.063	-0.191	-0.144	-0.047
% Major x kategorie 1	-0.117	-0.052	-0.070	-0.144	-0.130	-0.251	-0.273
% Major x kategorie 2	-0.046	0.266	0.189	*0.301	0.200	*0.291	0.169
% Major x kategorie 3	-0.025	0.001	0.126	0.186	0.004	-0.014	0.125
Pozice PK r x kategorie 1	*0.308	0.405	0.478	0.858	0.489	0.591	0.524
Pozice PK r x kategorie 2	0.082	-0.131	*-0.311	-0.182	-0.407	-0.209	-0.248
Pozice PK r x kategorie 3	0.196	0.246	-0.061	0.323	0.102	-0.096	-0.037
Pozice PK p x kategorie 1	0.351	0.525	0.146	0.622	0.003	0.229	-0.160
Pozice PK p x kategorie 2	*-0.277	-0.240	-0.220	-0.027	*-0.283	-0.271	-0.040
Pozice PK p x kategorie 3	-0.061	0.199	0.004	-0.173	-0.108	-0.119	0.016
Nové stromy x total releases	-0.040	-0.196	*-0.281	-0.246	-0.277	-0.165	-0.201

9.2.2 Pramenný důl – dojezd lavinové dráhy

Tabulka P3 – Jednoleté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Total Moderate x n lavin	*0.269	0.222	0.074	0.209	0.299	0.116	-0.075	-0.038	-0.183	*-0.273	-0.281
Total Major x n lavin	*0.260	0.002	0.161	0.032	-0.012	0.200	0.148	-0.031	-0.168	-0.301	*-0.267
Total Releases x n lavin	0.308	0.127	0.139	0.137	0.161	0.185	0.047	-0.040	-0.204	-0.335	-0.319
% PK x n lavin	-0.075	-0.082	0.184	0.132	0.217	0.150	0.163	0.220	0.061	0.121	0.048
Pozice PK r x n lavin	-0.036	-0.186	0.168	0.183	*0.247	0.105	0.200	0.199	0.107	0.174	0.021
Pozice PK p x n lavin	-0.072	0.075	0.106	0.051	0.122	0.210	0.042	0.203	-0.053	0.000	0.110
Kategorie 1 x n lavin	-0.085	-0.119	0.164	0.156	*0.248	0.138	0.206	0.185	0.058	0.142	0.029
Kategorie 2 x n lavin	-0.041	0.072	0.102	-0.104	-0.100	0.056	-0.123	*0.265	0.030	-0.046	0.096
Kategorie 3 x n lavin	0.191	0.190	0.183	0.183	0.182	0.181	0.015	-0.131	0.005	0.006	0.001
Nové stromy x n lavin	-0.031	-0.237	0.061	-0.145	-0.044	0.159	-0.066	0.131	0.022	0.023	0.220
Total Moderate x délka laviny	0.024	0.024	0.094	0.171	0.326	*0.234	-0.031	-0.074	-0.196	*-0.234	*-0.269
Total Major x délka laviny	0.184	-0.064	0.151	0.008	0.115	0.315	0.150	-0.052	-0.195	*-0.243	-0.207
Total Releases x délka laviny	0.124	-0.025	0.144	0.101	*0.253	0.321	0.073	-0.073	-0.228	*-0.278	*-0.276
% PK x délka laviny	-0.190	-0.066	0.031	0.065	0.159	0.166	0.001	0.092	0.048	0.089	0.104
Pozice PK r x délka laviny	-0.132	-0.168	0.015	0.083	0.163	0.118	0.071	0.032	0.154	0.161	0.079
Pozice PK p x délka laviny	-0.157	0.035	-0.011	0.003	0.138	*0.268	-0.088	0.169	-0.113	-0.017	0.086
Kategorie 1 x délka laviny	-0.219	-0.108	0.011	0.097	0.152	0.133	0.021	0.020	0.069	0.114	0.080
Kategorie 2 x délka laviny	0.008	0.120	0.047	-0.146	0.060	0.125	-0.075	0.367	-0.070	-0.074	0.137
Kategorie 3 x délka laviny	0.143	0.124	0.160	0.133	0.104	*0.261	-0.024	-0.114	-0.009	-0.001	0.009
Nové stromy x délka laviny	0.031	-0.131	0.035	-0.180	0.057	0.088	0.024	0.183	0.094	0.315	0.329

Tabulka P4 – Pětileté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-3	-2	-1	0	1	2	3
Release Moderate x Release Major	-0.005	0.042	0.227	0.832	0.046	0.142	0.168
% Moderate x % PK	*0.279	0.104	0.220	-0.064	-0.194	0.009	-0.049
% Moderate x pozice PK r	0.382	0.261	0.335	0.043	-0.079	0.190	0.000
% Moderate x pozice PK p	0.117	-0.104	0.114	-0.057	-0.133	-0.057	0.059
% Moderate x kategorie 1	0.277	0.082	0.171	-0.099	-0.214	0.007	-0.045
% Moderate x kategorie 2	0.074	0.240	0.386	0.120	0.033	0.049	-0.011
% Moderate x kategorie 3	*0.314	-0.129	0.216	*0.275	-0.027	-0.109	-0.157
% Major x % PK	-0.049	-0.100	0.168	*0.298	0.021	-0.143	0.091
% Major x pozice PK r	0.005	-0.015	0.038	-0.083	0.242	-0.044	-0.055
% Major x pozice PK p	-0.037	-0.115	0.329	0.699	-0.123	-0.099	-0.075
% Major x kategorie 1	-0.047	-0.102	0.167	0.328	0.030	-0.150	0.103
% Major x kategorie 2	-0.053	-0.021	0.115	-0.028	-0.048	-0.013	-0.015
% Major x kategorie 3	0.046	-0.062	-0.061	-0.050	-0.012	-0.076	-0.063
Pozice PK r x kategorie 1	*0.311	0.334	0.435	0.626	0.240	0.214	0.126
Pozice PK r x kategorie 2	0.538	0.520	0.465	0.665	0.543	0.569	0.407
Pozice PK r x kategorie 3	0.247	0.384	0.217	0.382	*0.305	*0.305	0.246
Pozice PK p x kategorie 1	-0.022	-0.129	0.096	0.643	*0.306	-0.002	0.201
Pozice PK p x kategorie 2	0.162	0.132	0.219	0.230	0.205	0.215	0.138
Pozice PK p x kategorie 3	0.016	0.135	-0.045	*0.280	0.152	0.042	0.067
Nové stromy x total releases	0.209	0.186	-0.048	-0.056	-0.049	-0.138	-0.120

9.2.3 Navorská jáma

Tabulka P5 – Jednoleté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Total Moderate x n lavin	0.046	0.106	-0.147	-0.321	-0.063	-0.120	0.054	-0.124	-0.067	-0.139	-0.348
Total Major x n lavin	-0.135	-0.132	-0.208	-0.168	-0.194	-0.357	-0.126	-0.177	-0.169	*-0.252	-0.235
Total Releases x n lavin	-0.113	-0.100	-0.213	-0.208	-0.186	-0.342	-0.103	-0.181	-0.164	*-0.251	*-0.273
% PK x n lavin	0.094	-0.026	0.190	0.022	-0.061	*0.258	-0.021	-0.068	0.110	-0.041	-0.118
Pozice PK r x n lavin	0.158	0.067	0.309	0.021	-0.015	0.343	0.014	-0.096	0.053	0.037	-0.135
Pozice PK p x n lavin	0.018	*-0.271	-0.119	-0.015	-0.144	0.175	-0.057	-0.129	0.214	-0.109	0.002
Kategorie 1 x n lavin	-0.023	0.033	0.214	0.003	-0.013	0.299	-0.037	-0.007	0.146	0.117	-0.057
Kategorie 2 x n lavin	*0.252	-0.044	0.026	-0.004	-0.079	0.001	0.102	-0.067	-0.077	*-0.265	-0.126
Kategorie 3 x n lavin	0.134	-0.239	0.069	0.140	-0.148	0.135	-0.192	*-0.249	0.145	-0.247	-0.177
Nové stromy x n lavin	0.074	0.170	*0.251	0.319	0.067	0.235	0.221	0.299	*0.271	-0.091	0.041
Total Moderate x délka laviny	0.074	0.067	-0.134	-0.230	0.031	-0.026	0.129	-0.120	-0.044	-0.207	-0.353
Total Major x délka laviny	-0.102	-0.057	-0.173	-0.059	-0.169	*-0.280	-0.068	-0.142	-0.107	-0.219	-0.232
Total Releases x délka laviny	-0.078	-0.039	-0.180	-0.094	-0.147	*-0.257	-0.038	-0.149	-0.104	-0.234	-0.271
% PK x délka laviny	-0.010	-0.083	0.073	-0.012	-0.094	0.230	-0.076	-0.004	0.186	-0.022	-0.124
Pozice PK r x délka laviny	0.106	-0.013	0.165	-0.089	0.027	*0.278	-0.033	-0.113	0.158	0.054	-0.096
Pozice PK p x délka laviny	-0.062	-0.303	-0.088	0.011	-0.170	0.151	-0.076	-0.076	*0.256	-0.125	0.005
Kategorie 1 x délka laviny	-0.069	-0.006	0.100	-0.086	-0.019	0.196	-0.094	0.042	0.212	0.151	-0.082
Kategorie 2 x délka laviny	0.087	-0.116	-0.078	0.087	-0.179	0.115	0.107	-0.034	0.001	*-0.287	-0.067
Kategorie 3 x délka laviny	0.092	-0.238	0.139	0.163	-0.094	0.215	-0.271	-0.166	0.117	-0.247	-0.229
Nové stromy x délka laviny	0.052	0.095	0.212	0.147	-0.047	0.181	0.118	0.267	0.152	-0.091	0.058

Tabulka P6 – Pětileté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-3	-2	-1	0	1	2	3
Release Moderate x Release Major	0.037	0.084	0.294	0.467	0.331	0.199	0.067
% Moderate x % PK	0.133	-0.166	-0.029	0.112	*0.275	0.491	0.062
% Moderate x pozice PK r	0.183	-0.036	0.043	-0.217	*-0.260	0.599	-0.124
% Moderate x pozice PK p	0.036	-0.154	-0.148	*0.252	0.386	0.313	0.125
% Moderate x kategorie 1	0.037	-0.175	0.045	-0.089	0.285	0.525	0.038
% Moderate x kategorie 2	0.232	-0.121	-0.168	0.233	0.338	0.037	0.202
% Moderate x kategorie 3	-0.150	0.085	-0.010	-0.106	-0.145	-0.143	-0.021
% Major x % PK	0.029	-0.042	-0.129	-0.225	*-0.263	*-0.261	*-0.253
% Major x pozice PK r	0.028	-0.002	-0.021	-0.157	-0.198	-0.182	-0.197
% Major x pozice PK p	-0.024	-0.070	-0.112	-0.155	-0.179	-0.174	-0.150
% Major x kategorie 1	-0.012	-0.042	-0.074	-0.180	-0.219	-0.206	-0.200
% Major x kategorie 2	0.000	-0.073	-0.126	-0.163	-0.217	-0.209	-0.215
% Major x kategorie 3	0.227	0.345	0.162	0.100	0.094	-0.071	-0.040
Pozice PK r x kategorie 1	0.197	*0.250	0.452	0.683	-0.125	-0.014	-0.006
Pozice PK r x kategorie 2	-0.063	0.466	0.658	-0.048	-0.009	-0.011	0.238
Pozice PK r x kategorie 3	-0.045	0.010	-0.051	-0.037	0.062	0.128	0.038
Pozice PK p x kategorie 1	-0.012	0.103	0.369	0.729	0.829	0.466	-0.001
Pozice PK p x kategorie 2	0.198	0.130	0.500	0.790	0.398	0.007	-0.051
Pozice PK p x kategorie 3	-0.183	-0.065	-0.177	-0.121	-0.099	-0.103	-0.023
Nové stromy x total releases	0.000	-0.187	-0.210	-0.196	-0.134	-0.205	-0.199

9.2.4 Pančavská stěna

Tabulka P7 – Jednoleté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Total Moderate x n lavin	-0.086	-0.148	-0.042	0.188	0.182	0.065	-0.077	-0.196	-0.203	-0.322	-0.303
Total Major x n lavin	-0.133	-0.194	-0.228	-0.085	-0.093	-0.100	-0.163	-0.344	-0.380	-0.337	-0.366
Total Releases x n lavin	-0.142	-0.215	-0.202	0.004	-0.004	-0.056	-0.163	-0.356	-0.388	-0.399	-0.415
% PK x n lavin	0.079	0.002	0.042	-0.021	-0.032	0.028	-0.085	0.012	0.062	0.384	0.293
Pozice PK r x n lavin	0.095	0.154	0.029	-0.019	-0.051	-0.003	-0.108	-0.001	-0.088	0.197	*0.246
Pozice PK p x n lavin	-0.055	-0.213	-0.117	-0.025	-0.085	0.016	0.093	0.030	0.212	*0.248	0.044
Kategorie 1 x n lavin	0.175	0.087	0.217	0.029	0.037	0.103	0.074	0.055	0.192	0.094	0.053
Kategorie 2 x n lavin	-0.166	-0.150	-0.276	-0.162	-0.174	0.129	-0.153	0.164	0.054	0.190	0.063
Kategorie 3 x n lavin	0.025	-0.001	-0.003	0.025	0.011	-0.110	-0.090	-0.105	-0.107	0.285	*0.270
Nové stromy x n lavin	0.043	0.039	0.102	0.108	-0.101	0.167	0.161	-0.147	-0.017	0.114	0.099
Total Moderate x délka laviny	-0.011	-0.122	0.047	0.183	0.141	0.067	-0.028	-0.164	*-0.273	-0.318	-0.322
Total Major x délka laviny	-0.108	-0.176	-0.200	-0.075	-0.082	-0.139	-0.131	-0.363	-0.369	-0.362	-0.381
Total Releases x délka laviny	-0.092	-0.190	-0.144	0.010	-0.012	-0.087	-0.117	-0.359	-0.406	-0.417	-0.435
% PK x délka laviny	0.037	-0.049	0.034	0.002	-0.036	0.110	-0.063	0.057	0.131	0.215	0.133
Pozice PK r x délka laviny	0.079	0.093	0.043	-0.055	-0.021	-0.014	-0.120	-0.002	-0.072	-0.007	0.002
Pozice PK p x délka laviny	-0.137	-0.234	-0.216	0.001	-0.170	0.094	0.145	-0.011	0.200	0.215	0.076
Kategorie 1 x délka laviny	0.160	0.064	*0.252	0.104	0.062	*0.234	0.122	0.169	*0.259	0.204	0.071
Kategorie 2 x délka laviny	-0.216	-0.198	-0.294	-0.206	-0.229	0.106	-0.187	0.075	0.142	0.048	0.085
Kategorie 3 x délka laviny	0.010	-0.020	-0.033	0.011	0.011	-0.110	-0.089	-0.105	-0.122	0.063	0.059
Nové stromy x délka laviny	0.040	0.134	0.125	*0.244	-0.032	0.153	0.282	-0.114	0.118	0.202	0.065

Tabulka P8 – Pětileté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-3	-2	-1	0	1	2	3
Release Moderate x Release Major	0.110	*0.357	0.560	0.661	0.712	0.425	0.023
% Moderate x % PK	-0.029	-0.014	-0.086	-0.202	-0.125	-0.195	-0.239
% Moderate x pozice PK r	-0.320	-0.064	0.410	0.413	0.280	0.308	0.241
% Moderate x pozice PK p	-0.141	-0.090	-0.049	-0.234	-0.138	-0.195	-0.257
% Moderate x kategorie 1	-0.156	0.025	0.299	0.167	0.247	0.175	0.104
% Moderate x kategorie 2	-0.043	-0.039	-0.139	-0.156	-0.088	-0.150	-0.195
% Moderate x kategorie 3	0.019	-0.004	0.035	-0.119	-0.153	-0.148	-0.127
% Major x % PK	-0.011	-0.018	-0.114	-0.184	-0.158	-0.324	0.198
% Major x pozice PK r	-0.260	0.047	0.314	*0.394	0.141	0.204	0.031
% Major x pozice PK p	-0.097	-0.069	-0.086	-0.159	-0.078	-0.319	0.050
% Major x kategorie 1	-0.031	0.080	0.024	0.113	0.186	-0.180	-0.106
% Major x kategorie 2	-0.054	-0.049	-0.051	-0.093	-0.180	-0.168	0.307
% Major x kategorie 3	0.023	0.018	0.000	-0.123	-0.137	-0.130	-0.146
Pozice PK r x kategorie 1	-0.105	-0.024	0.254	*0.382	0.282	0.102	0.178
Pozice PK r x kategorie 2	-0.036	-0.019	-0.134	-0.249	0.054	-0.175	0.095
Pozice PK r x kategorie 3	0.011	-0.016	-0.039	-0.165	-0.315	-0.019	-0.093
Pozice PK p x kategorie 1	0.276	0.041	-0.432	-0.052	-0.235	-0.027	-0.139
Pozice PK p x kategorie 2	-0.054	-0.039	0.557	0.581	-0.281	0.285	-0.027
Pozice PK p x kategorie 3	-0.039	-0.040	-0.059	0.584	0.620	-0.194	0.327
Nové stromy x total releases	0.009	-0.146	-0.138	-0.304	*-0.371	-0.511	*-0.398

9.2.5 Velká Studniční jáma

Tabulka P9 – Jednoleté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Total Moderate x n lavin	-0.077	0.023	*0.257	0.026	-0.004	0.028	0.058	-0.142	-0.012	-0.184	-0.121
Total Major x n lavin	-0.087	-0.048	0.031	-0.059	-0.041	-0.110	-0.047	-0.153	-0.063	-0.161	-0.166
Total Releases x n lavin	-0.096	-0.032	0.109	-0.039	-0.035	-0.080	-0.019	-0.170	-0.055	-0.191	-0.174
% PK x n lavin	0.206	0.117	0.164	0.377	0.011	0.099	0.280	0.029	0.052	-0.012	0.086
Pozice PK r x n lavin	*0.236	-0.031	0.080	0.347	-0.044	-0.036	0.152	-0.033	-0.073	-0.122	0.018
Pozice PK p x n lavin	-0.067	-0.101	-0.005	*0.238	0.073	0.182	0.342	0.209	*0.255	*0.272	0.314
Kategorie 1 x n lavin	*0.241	0.192	0.174	0.364	-0.011	0.036	*0.233	0.029	0.011	-0.078	0.104
Kategorie 2 x n lavin	-0.048	-0.133	-0.034	0.084	-0.055	0.073	0.049	-0.063	-0.046	-0.023	-0.236
Kategorie 3 x n lavin	0.066	-0.075	0.154	*0.245	*0.250	0.316	0.423	0.145	0.377	0.425	0.428
Nové stromy x n lavin	-0.148	-0.208	-0.224	-0.102	-0.227	-0.127	-0.180	-0.069	-0.179	-0.102	-0.125
Total Moderate x délka laviny	-0.120	-0.046	0.107	-0.054	0.158	-0.075	0.112	-0.193	0.135	-0.208	-0.027
Total Major x délka laviny	-0.177	-0.102	0.143	-0.152	0.051	-0.086	-0.033	-0.197	0.111	-0.212	-0.165
Total Releases x délka laviny	-0.183	-0.098	0.151	-0.141	0.093	-0.094	0.010	-0.223	0.134	*-0.240	-0.143
% PK x délka laviny	0.124	-0.084	-0.002	0.191	-0.037	0.041	0.107	0.013	0.104	0.068	-0.093
Pozice PK r x délka laviny	0.104	-0.167	-0.099	0.187	-0.058	0.032	0.021	-0.055	0.057	-0.008	-0.138
Pozice PK p x délka laviny	0.031	-0.087	0.091	0.117	0.003	0.095	0.127	0.201	0.199	0.339	0.163
Kategorie 1 x délka laviny	0.099	-0.013	-0.064	0.196	-0.043	-0.005	0.109	0.024	0.092	0.003	-0.115
Kategorie 2 x délka laviny	0.128	-0.223	0.072	0.014	-0.021	0.122	-0.112	-0.059	-0.038	0.110	-0.139
Kategorie 3 x délka laviny	0.000	-0.051	0.222	0.114	0.041	0.066	0.301	0.060	*0.231	0.224	0.321
Nové stromy x délka laviny	-0.008	-0.168	-0.216	0.155	-0.207	0.092	-0.085	0.209	-0.117	0.104	0.024

Tabulka P10 – Pětileté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-3	-2	-1	0	1	2	3
Release Moderate x Release Major	0.019	0.129	0.517	0.805	*0.315	0.250	0.204
% Moderate x % PK	0.220	*0.344	0.243	0.054	0.041	0.080	-0.072
% Moderate x pozice PK r	0.167	0.412	0.377	0.040	0.095	0.103	-0.058
% Moderate x pozice PK p	0.086	0.231	0.112	0.144	0.087	0.035	-0.062
% Moderate x kategorie 1	0.248	0.223	0.142	0.070	0.037	0.022	-0.099
% Moderate x kategorie 2	-0.055	0.384	0.546	-0.026	0.194	0.219	-0.010
% Moderate x kategorie 3	*0.323	*0.349	0.073	0.238	-0.173	-0.153	-0.127
% Major x % PK	0.175	0.163	*0.348	0.110	0.146	0.047	0.023
% Major x pozice PK r	0.255	0.184	0.481	-0.015	0.225	0.134	-0.047
% Major x pozice PK p	0.053	0.004	0.084	0.034	0.124	-0.017	0.031
% Major x kategorie 1	0.237	0.146	0.370	0.129	0.082	0.029	-0.043
% Major x kategorie 2	-0.097	0.089	0.225	-0.048	*0.335	0.181	-0.020
% Major x kategorie 3	0.279	0.119	0.048	*0.341	-0.193	-0.185	-0.135
Pozice PK r x kategorie 1	0.480	0.502	0.618	0.783	0.456	0.432	*0.332
Pozice PK r x kategorie 2	0.108	0.059	0.177	0.592	*0.320	*0.365	0.531
Pozice PK r x kategorie 3	*0.333	0.413	0.492	0.245	0.264	0.244	0.083
Pozice PK p x kategorie 1	*0.335	0.232	*0.349	0.703	0.616	0.234	0.065
Pozice PK p x kategorie 2	0.295	0.269	0.169	0.428	0.276	0.225	0.386
Pozice PK p x kategorie 3	0.154	0.138	0.427	0.491	*0.314	0.172	0.030
Nové stromy x total releases	0.907	0.198	0.257	-0.048	-0.160	-0.148	-0.175

9.2.6 Úpská jáma

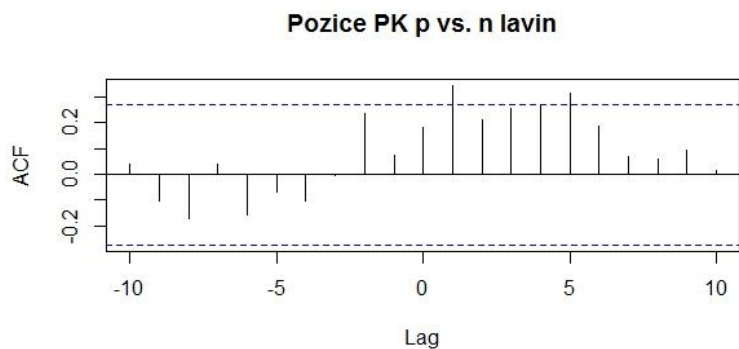
Tabulka P11 – Jednoleté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Total Moderate x n lavin	-0.125	0.083	0.153	-0.206	0.196	0.207	0.296	*0.256	-0.033	-0.019	-0.106
Total Major x n lavin	0.160	-0.012	0.182	0.068	0.100	0.168	0.075	0.079	0.037	0.027	-0.086
Total Releases x n lavin	0.067	0.023	0.186	-0.029	0.144	0.196	0.163	0.151	0.014	0.012	-0.100
% PK x n lavin	-0.001	-0.206	-0.220	0.131	-0.008	0.189	0.216	0.001	0.335	0.002	0.012
Pozice PK r x n lavin	-0.114	-0.230	-0.034	0.151	-0.104	0.141	0.150	0.142	0.360	0.038	-0.076
Pozice PK p x n lavin	-0.013	-0.186	-0.226	0.131	0.093	0.095	0.165	-0.103	0.189	0.012	0.103
Kategorie 1 x n lavin	0.062	-0.225	-0.222	0.155	-0.070	0.181	*0.238	-0.008	0.290	0.003	0.046
Kategorie 2 x n lavin	-0.159	0.043	-0.046	-0.004	*0.256	0.036	-0.035	-0.035	0.219	-0.012	-0.078
Kategorie 3 x n lavin	-0.098	-0.182	-0.076	-0.047	-0.217	0.137	0.035	0.087	*0.261	-0.013	-0.050
Nové stromy x n lavin	-0.024	-0.101	0.053	-0.103	-0.025	0.053	0.048	-0.037	-0.039	0.088	-0.072
Total Moderate x délka laviny	-0.172	0.064	0.059	*-0.237	-0.008	0.093	0.153	*0.246	-0.009	-0.093	0.159
Total Major x délka laviny	0.077	0.023	-0.014	-0.057	-0.015	0.073	0.023	0.030	0.035	0.037	0.031
Total Releases x délka laviny	-0.010	0.040	0.012	-0.129	-0.013	0.087	0.074	0.113	0.021	-0.009	0.082
% PK x délka laviny	0.078	-0.197	-0.408	0.055	-0.128	-0.030	0.015	-0.120	0.134	0.051	-0.135
Pozice PK r x délka laviny	-0.025	-0.320	*-0.274	0.054	-0.270	-0.085	-0.031	0.057	0.221	-0.016	*-0.246
Pozice PK p x délka laviny	0.068	-0.079	-0.330	0.065	0.001	-0.064	0.024	-0.190	0.052	0.128	-0.069
Kategorie 1 x délka laviny	0.056	-0.173	-0.395	0.073	-0.141	-0.015	0.013	-0.101	0.107	0.008	-0.107
Kategorie 2 x délka laviny	0.079	-0.075	-0.209	0.043	0.015	-0.067	-0.052	-0.159	0.084	0.092	-0.137
Kategorie 3 x délka laviny	0.079	-0.281	-0.104	-0.217	-0.220	-0.095	0.012	-0.042	0.114	0.010	-0.183
Nové stromy x délka laviny	0.083	0.018	0.048	0.019	0.212	0.154	0.031	0.140	0.199	0.134	-0.013

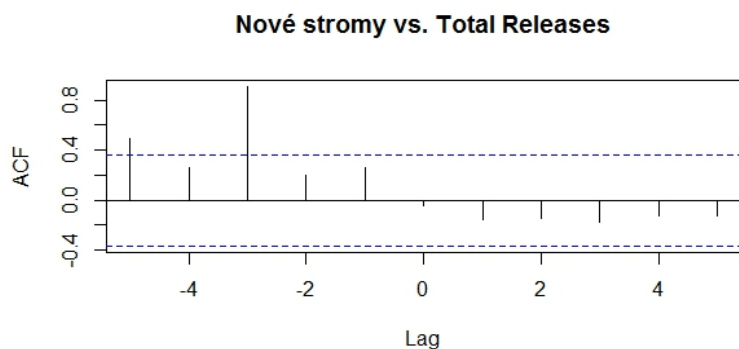
Tabulka P12 – Pětileté posuny pro vybrané vztahy na lavinové dráze.

POSUNY	-3	-2	-1	0	1	2	3
Release Moderate x Release Major	-0.035	0.140	0.571	0.778	0.331	0.203	0.030
% Moderate x % PK	0.143	0.108	0.189	0.131	0.062	0.331	*0.287
% Moderate x pozice PK r	0.045	0.010	-0.021	-0.055	-0.164	-0.058	0.073
% Moderate x pozice PK p	0.205	0.186	0.340	0.324	*0.290	0.600	0.336
% Moderate x kategorie 1	0.384	*0.289	*0.302	0.219	0.117	0.351	0.307
% Moderate x kategorie 2	-0.051	0.004	0.098	0.067	0.082	0.150	0.088
% Moderate x kategorie 3	-0.064	-0.037	0.012	0.066	-0.138	0.073	-0.029
% Major x % PK	0.130	0.173	0.114	0.146	-0.060	0.126	-0.048
% Major x pozice PK r	-0.012	0.011	-0.076	-0.111	-0.145	0.022	-0.161
% Major x pozice PK p	0.198	0.195	0.219	*0.290	0.096	0.247	0.130
% Major x kategorie 1	0.355	0.428	0.331	*0.316	0.116	0.141	0.140
% Major x kategorie 2	-0.111	-0.079	-0.047	-0.021	-0.100	0.149	-0.109
% Major x kategorie 3	0.055	-0.095	-0.129	-0.166	-0.153	0.067	-0.138
Pozice PK r x kategorie 1	0.006	*0.279	0.427	0.172	-0.113	-0.088	-0.179
Pozice PK r x kategorie 2	-0.021	0.002	0.083	0.876	*0.294	-0.064	-0.154
Pozice PK r x kategorie 3	-0.148	-0.137	-0.064	0.750	0.257	-0.083	-0.126
Pozice PK p x kategorie 1	0.225	0.398	0.476	0.820	0.589	0.329	0.241
Pozice PK p x kategorie 2	-0.046	0.020	0.074	0.387	0.239	0.501	0.200
Pozice PK p x kategorie 3	0.005	-0.064	-0.130	0.111	-0.024	0.267	0.083
Nové stromy x total releases	-0.137	-0.154	-0.182	-0.171	-0.167	-0.210	-0.219

9.3 Vizuální ukázka korelačních posunů na vybraných lavinových drahách

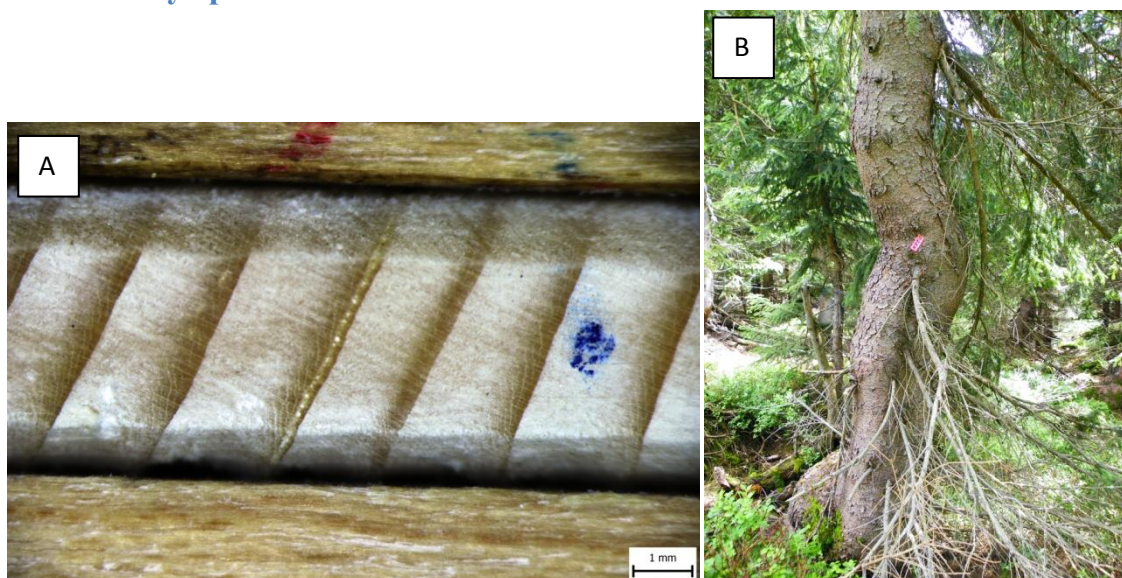


Obr. P2 – Jednoleté korelační posuny ve vztahu výskytu traumatických pryskyřičných kanálků (velké množství seskupené do pruhu) a počtu lavin na lavinové dráze Velká Studniční jáma.



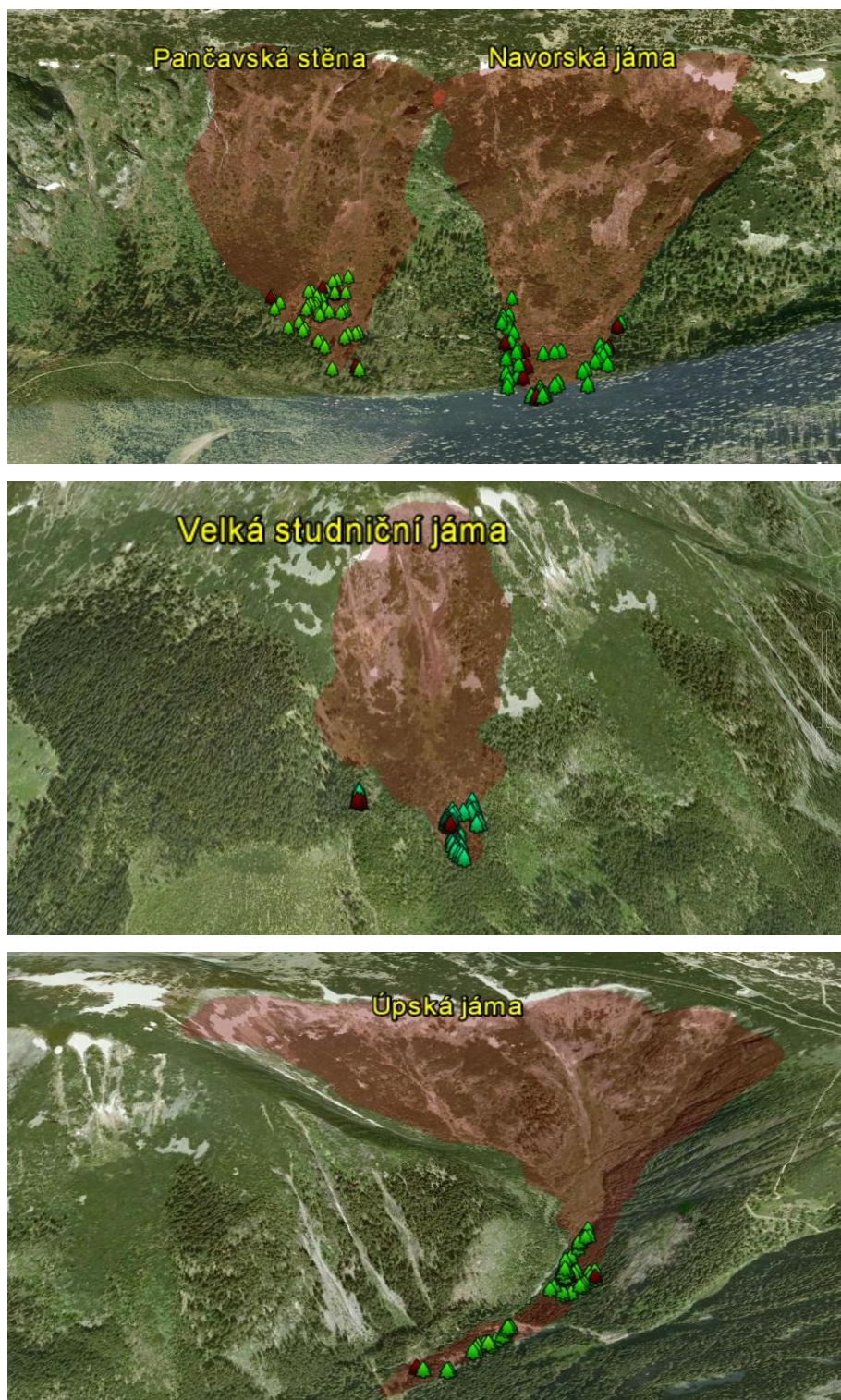
Obr. P3 – Pětileté korelační posuny ve vztahu nově založených stromů a celkovému počtu uvolnění na lavinové dráze Velká studniční jáma.

9.4 Změny způsobené lavinovou činností



Obr. P4 – Výskyt traumatických pryskyřičných kanálků v letokruhu stromu (A) a lavinami deformovaný strom (B).

9.5 Rozsah lavinových drah



Obr. P5 – Lavinové dráhy s vyznačenými zkoumanými stromy (červený strom – velké uvolnění).