

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ochrany lesa a entomologie



**Biotičtí škodliví činitelé spolupůsobící při prosychání
modřínů**

Diplomová práce

Autor: Bc. Radek Tesař

Vedoucí práce: doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Radek Tesař

Lesní inženýrství

Název práce

Biotičtí škodliví činitelé spolupůsobící při prosychání modřínů

Název anglicky

Biotic damage agents cooperating in larch drying

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení biotických škodlivých činitelů působících prosychání modřínů.

Metodika

V Krušných horách budou v průběhu vegetační sezóny provedeny terénní průzkumy houbových a hmyzích škůdců v porostech modřínů. K šetření budou vybrány porosty v údolích, náhorních plošinách v minulosti silně imisně postižené a na svazích mimo imisní lokality. Budou zjišťováni nejvýznamnější biotičtí škůdci se speciálním zaměřením na houby *Lachnellula willkommii*, *Armillaria* spp. Posouzen bude také zdravotní stav dřevin podle defoliace koruny a abiotického poškození. V průběhu výzkumu budou odebírány vzorky, následně v laboratoři determinovány. Bude pořizována fotodokumentace sběrů.

Doporučený rozsah práce

50-60

Klíčová slova

modřín opadavý, biotičtí škodliví činitelé, patogenní houby, Krušné hory

Doporučené zdroje informací

- Butin H. 1995. Tree diseases and disorders. Causes, biology and control in forest and amenity trees. Oxford University Press, New York, Tokyo: 252 s.
- Černý A. 1976. Lesnická fytopatologie. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 347 s.
- Holec J. (eds.) 2012. Přehled hub střední Evropy – první vydání, Academia Praha: 623 s.
- Kalina V., Váňa J. 2005. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Univerzita Karlova v Praze Nakladatelství Karolinum: 606 s.
- Kudela M. 1970. Atlas lesního hmyzu. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 287 s.
- Pešková V., Modlinger R. 2014. K poškození modřínů v Krušných horách v roce 2014. Lesnická práce 93 (12): 46-47
- Sinclair W. A., Lyon H. H. 2005. Diseases of trees and shrubs. – 2nd ed. Cornell University Press: 660 s.
- Szmidt A. 1985. Ohrozenost smrekovca opadavého (*Larix decidua* Mill.) 417-420. In: Stolina M. (ed.) Ochrana lesa. Příroda, Bratislava: 480 s.
- Uhlířová H., Kapitola P. et al. 2004. Poškození lesních dřevin – první vydání. Nakladatelství a vydavatelství Lesnická práce s. r. o.: 280 s.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 8. 10. 2015

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „*Biotičtí škodliví činitelé spolupůsobící při prosychání modřínů*“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Vítězslavy Peškové, Ph.D., a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2017

Radek Tesař

Poděkování

Rád bych touto cestou chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce, paní doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D., za poskytnutí odborných konzultací, obětavého přístupu a pomoci při sběru dat. Touto cestou bych chtěl také poděkovat technikovy VÚLHM Renému Kopáčovi za pomoc při sběru dat a VÚLHM za zapůjčení měřicí techniky. Děkuji také své rodině za podporu a trpělivost.

Děkuji!

Radek Tesař

Abstrakt: Hlavním tématem diplomové práce jsou vybraní biotičtí činitelé spolupůsobící na prosychání modřínů v oblasti východní části Krušných hor, které byly v minulosti silně postižené exhalacemi průmyslových imisí. Cílem práce bylo zmapovat a lokalizovat nejvíce postižené porosty, stanovit míru jejich poškození, určení škodlivých biotických činitelů a po dobu tří let hodnotit průběh defoliace jednotlivých stromů na založených trvalých výzkumných plochách. Vlastní terénní šetření bylo primárně zaměřeno na zjištění stromových veličin (výška, výčetní tloušťka), hodnocení defoliace a výskytu houbových patogenů podílejících se na prosychání modřínů v dané lokalitě. Zhodnocení vlivu sledovaných činitelů na vývoj jednotlivých stromů a zároveň celého porostu. Práce je členěna na část teoretickou a metodickou. V první části autor pojednává o teoretických aspektech souvisejících s prosycháním modřínů. Autor vychází ze současné analýzy domácí a zahraniční literatury. V druhé části se autor věnuje popisu lokalit a uvádí výsledky vlastního šetření.

Klíčová slova: modřín opadavý, biotičtí škodliví činitelé, defoliace

Abstract: The main theme of the thesis are selected biotic damage agents cooperating on larch drying in the area of the eastern part of Krušné hory, in the past strongly affected by exhalation of industrial pollution. The aim of this work was to map and locate the most affected stands, to determine the degree of their damage, to determine the biotic damage agents and to monitor the progress of defoliation of individual trees on permanent research plots during the period of three years. The research was primary focused on finding out the tree variables (height, breast thickness), the evaluation of defoliation and the occurrence of fungal pathogens cooperating on larch drying in the given location. To evaluate the effect of monitored biotic factors on the development of individual trees and at the same time on the whole stand. The thesis is divided into a theoretical and a methodological part. In the first part the author deals with the theoretical aspects of the larch drying. The author outlines the current situation based on the analysis of national and international information resources. In the second part the author focuses on describing all research plots and presents the results of own research.

Key words: larch, biotic damage agents, defoliation

OBSAH

1	Úvod	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární přehled	12
3.1	Chřadnutí dřevin – aktuální problém ochrany lesa	12
3.2	Modřín opadavý (<i>Larix decidua</i> Mill)	13
3.2.1	Biotičtí škodliví činitelé.....	14
3.2.1.1	Hmyzí škůdci na modřínu	15
3.2.1.2	Houbové patogeny na modřínu	17
3.3	Chřadnutí a prosychání modřínových porostů v Krušných horách.....	20
3.4	Chřadnutí a odumírání modřínových porostů na Slovensku.....	21
3.5	Chřadnutí a odumírání modřínových porostů v Rakousku	22
4	Metodika.....	24
4.1	Vymezení zájmového území	24
4.2	Základní popis přírodních podmínek	25
4.3	Založení výzkumných ploch	26
4.4	Podrobná šetření na výzkumných plochách.....	27
4.5	Popis jednotlivých studijních ploch	32
5	Výsledky.....	36
6	Diskuze	46
7	Závěr a doporučení	48
8	Seznam použité literatury	50

Seznam tabulek a obrázků

- Obrázek 1: Druhovú skladba dřevin
- Obrázek 2: Vyznačené plochy v katastrální území obcí Klíny a Český Jiřetín
- Obrázek 3: Ukázka značení stromů na výzkumných plochách
- Obrázek 4: Plodnice brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) na větvi modřínu
- Obrázek 5: Plodnice brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) zvětšeno 60 x pod mikroskopem
- Obrázek 6: Vyznačená plocha č. 1
- Obrázek 7: Vyznačená plocha č. 2
- Obrázek 8: Vyznačená plocha č. 3
- Obrázek 9: Vyznačená plocha č. 4
- Obrázek 10: Vyznačená plocha č. 5
- Obrázek 11: Defoliace stromů 2015,2016,2017
- Obrázek 12: Větve hustě porostlé lišejníky
- Obrázek 13: Stromy hustě porostlé lišejníky
- Obrázek 14: Průběh defoliace
- Obrázek 15: Výčetní tloušťka
- Obrázek 16: Závislost tloušťky jednotlivých stromů k výši defoliace
- Obrázek 17: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 18: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 19: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 20: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 21: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 22: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 23: Průběh defoliace + *Lachnellula/Armillaria*
- Obrázek 24: Defoliace stromů 2015,2016,2017
- Obrázek 25: Průběh defoliace
- Obrázek 26: Závislost tloušťky jednotlivých stromů k výši defoliace
- Obrázek 27: Výčetní tloušťka
- Obrázek 28: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 29: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 30: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 31: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 32: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 33: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 34: Průběh defoliace + *Lachnellula/Armillaria*
- Obrázek 35: Defoliace stromů 2015,2016,2017
- Obrázek 36: Průběh defoliace
- Obrázek 37: Výčetní tloušťka
- Obrázek 38: Závislost tloušťky jednotlivých stromů k výši defoliace
- Obrázek 39: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 40: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
- Obrázek 41: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace

Obrázek 42: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 43: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 44: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 45: Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria
Obrázek 46: Defoliace stromů 2015,2016,2017
Obrázek 47: Průběh defoliace
Obrázek 48: Výčetní tloušťka
Obrázek 49: Závislost tloušťky stromů k výši defoliace
Obrázek 50: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 51: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 52: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 53: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 54: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 55: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 56: Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria
Obrázek 57: Defoliace stromů 2015,2016,2017
Obrázek 58: Průběh defoliace
Obrázek 59: Výčetní tloušťka
Obrázek 60: Závislost tloušťky stromů k výši defoliace
Obrázek 61: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 62: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 63: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 64: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 65: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 66: Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace
Obrázek 67: Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria

Tabulka 1: Přehled založených výzkumných ploch

Tabulka 2: Hodnocení sklonitosti plochy

Tabulka 3: Zápoj – hodnocení

1 Úvod

Strom je jeden z nejstarších živých organismů na Zemi, který lze prezentovat jako autotrofní organismus. Díky své imobilitě je plně závislý na přírodních podmínkách biotopu svého výskytu. Tyto biotopy jsou ovlivněny množstvím rozdílných faktorů, např. diferenciací půdních podmínek, vlivu abiotických a biotických činitelů, klimatickými vlivy či imisní zátěží. Během svého růstu je strom schopen využívat ve svůj prospěch různé strategie růstu, je ovlivněn genetickými faktory, rezistencí vůči různým chorobám, reprodukci.

Rychle postupující rozvoj civilizace přináší celosvětově řadu negativních vlivů na životní prostředí i na život jedince. V posledních letech jsme svědky extrémních výkyvů počasí. Změna klimatických podmínek a jejich důsledky na lesní ekosystém je v odborné literatuře často diskutovaným tématem. Je dokázáno, že zemské klima se otepluje a v budoucnu bude pravděpodobně teplota dál stoupat. Nepříznivé klimatické podmínky a řada dalších negativních vlivů mají za následek snadnější šíření biotických škodlivých činitelů na oslabených dřevinách.

Od nepaměti se musely lesní porosty bránit proti biotickým škodlivým činitelům, jako je např. podkorní hmyz nebo houbové infekce. Se změnou klimatických podmínek a globálním oteplováním se mění i vztah mezi dřevinami a jejich škůdci. Zatím co některým škůdcům změna klimatu výrazně prospívá, některé druhy dřevin v důsledku klimatického stresu ztrácejí svou obranyschopnost. V důsledku sucha, a s tím spojeným nedostatečným zásobováním kořenového systému vodou, jsou některé dřeviny tak oslabené a stresované, že škodlivým činitelům lehce podlehnou.

Není období, kdy by nedocházelo v lesních porostech k projevům onemocnění způsobené neurčitými příčinami a které se snažíme v různých fázích těchto projevů pojmenovat mnohdy odlišnou terminologií, vadnutí, destrukce, chřadnutí, deformace, prosychání odumírání atd. Tato diplomová práce se zaměřuje na možnou spoluúčast některých biotických činitelů na prosychání modřínů ve vybrané oblasti Krušných hor.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení biotických škodlivých činitelů spolupůsobících na prosychání modřínů v oblasti východní části Krušných hor, spadajících pod Lesní správu Litvínov. Dále zmapovat a lokalizovat nejvíce postižené porosty a zároveň stanovit míru jejich poškození, určení škodlivých biotických činitelů a po dobu tří let monitorovat průběh defoliace jednotlivých stromů. Konečným úkolem je pokusit se stanovit nebo alespoň nastínit zdroj primárního poškození porostů modřínů v této oblasti.

3 Literární přehled

3.1 Chřadnutí dřevin – aktuální problém ochrany lesa

V 80. letech dvacátého století, v období rozsáhlého imisního poškození lesů, se v německy mluvících zemích objevuje termín „Neuartige Schaden“ nebo „Waldsterben“. Pojem „Waldsterben“ odrážel obavy společnosti, že je lesní porost v nebezpečí a hrozí mu velkoplošné odumírání. V české odborné literatuře se setkáváme s ekvivalentem „chřadnutí lesů“ nebo „hynutí lesů“. Anglický ekvivalent „Forest decline.“ Jako „chřadnutí“ jsou dnes označovaná velkoplošná a významná onemocnění dřevin (MRKVA, 2000).

Co je příčinou tak rozsáhlého chřadnutí a odumírání dřevin a jak je možné tento proces zastavit, je neustále předmětem pozornosti odborné veřejnosti nejen u nás, ale i v zahraničí. Vzhledem k tomu, že masivní poškození dřevin, chřadnutí vedoucí až k jejich odumření, je výsledkem vzájemného působení více faktorů – abiotických, biotických i antropogenních, není možné v mnoha případech jednoznačně stanovit primární příčinu.

Podle MRKVY (2000) je dominantní příčinou chřadnutí dřevin nedostatek vody, kterou by rostliny mohly přijmout a transportovat ve svých vodivých pletivech. Poukazuje na důležitost vztahu mezi korunou stromu a kořeny, kdy koruna produkuje asimiláty, zajišťující výživu a růst všech orgánů, včetně kořenů. Asimiláty jsou zároveň potřebné pro tvorbu allelochemikálií vytvářejících obranný systém rostliny. Nedostatek asimilátů vede ke snižování obranné reakce rostlin, zpomalení jejich růstu a také k nedostatečné tvorbě náhradních výhonů. Dále uvádí, že průběh chřadnutí závisí od schopnosti jednotlivých dřevin snášet suchu, a také od dalších stresorů ovlivňujících vodní provoz rostlin. Proces chřadnutí nemusí vždy vést k odumření stromu. Pokud působení stresoru, obvykle to bývá suchu, pomine v důsledku obnovení srážek, může dojít k revitalizaci rostliny.

Dopady sucha jsou zvláště citelné v jarních měsících (duben a květen), kdy stromy potřebují nejvíce vody k tvorbě nových orgánů, a taky v letních měsících (červenec a srpen), kdy se vytvářejí rezervní látky. Na nedostatek vody jsou citlivější mladé porosty, kultury a nárosty. Lesní porosty na jižních a jihozápadních expozicích, na strmých

svazích a na písčovitých, jílovitých, štěrkovitých půdách, trpí suchem nejvíce (LUBOJACKÝ a kol., 2016).

Zatím co některé druhy dřevin v důsledku klimatického stresu ztrácejí svou obranyschopnost, některým skupinám organismů, často patřícím mezi významné škodlivé činitele, změna klimatu výrazně prospívá. V důsledku sucha, a s tím spojeným nedostatečným zásobováním kořenového systému vodou, jsou některé dřeviny tak oslabené a stresované, že škodlivým činitelům lehce podlehnou (TESAŘ, 2011). Z oslabení dřevin suchem a přísušky nejvíce profituje podkorní a dřevokazní hmyz.

V posledních letech bylo v České republice pozorováno znatelné zhoršení zdravotního stavu modřínů, hlavně mladších věkových tříd (PEŠKOVÁ, MODLINGER, 2014).

3.2 Modřín opadavý (*Larix decidua* Mill)

Modřín opadavý nebo-li modřín evropský, je původní dřevinou v oblasti Alp včetně předhoří, Karpat slovenských, ukrajinských a rumunských a v oblasti jesenického předhoří. V České republice je původní pouze jesenický modřín (slezský a sudetský) na území západní části Nízkého Jeseníku (GREGOROVÁ et al., 2006).

Modřín opadavý je silně světlomilná, v mládí (zvláště od 20 do 60 let) rychle rostoucí dřevina. Dorůstá do výšky i 50 m. Má širokou korunu nepravidelných přeslenů. Kůra je šedohnědá, ve stáří borka červenohnědá. Má světlozelené jehlice 15 – 30 mm dlouhé, které rostou spirálně na jednoletých výhonech, na starších ve svazečcích na brachyblastech po 25-40. Jehlice modřínu jsou měkké, na podzim žloutnou a opadávají (BALCAR et al., 1979).

Díky hlubšímu kořenovému systému se modřín jeví jako relativně odolný proti suchu. Vyžaduje hluboké, provzdušněné živnější půdy, ale roste i na mělčích půdách suťových svahů s dostatkem vláhy. Nesnáší zástín, velkou vzdušnou vlhkost a podmáčená stanoviště. Vyžaduje proudění vzduchu v okolí koruny. Hluboký kořenový systém řadí modřín opadavý mezi stabilní dřeviny, odolné mechanickému poškození, zejména pokud jde o poškození větrem, sněhem a námrazou. Díky uvedeným vlastnostem lze modřín opadavý zařadit mezi dřeviny s tzv. protilavinovým účinkem (ČERMÁK a kol. 2014; AAS, 2012).

Modřínové porosty založené na nepůvodních stanovištích ať už jako malá nebo větší monokultura jsou nevhodné. Uvádí se, že ve větších skupinách (založených monokulturách) je modřín sám sobě nepřitelem. U takto založených porostů je porušena zákonitost jejich přirozeného rozšíření, základní biologický zákon o nutnosti jednoty organismu a prostředí. Modřínové porosty nezastiňují pod sebou půdu natolik, aby zabránily rozvoji buřeně. Nicméně modřínové jehličí každoročním opadem a současně dobrým rozkladem zabraňuje přílišnému rozvoji buřeně. Modřín opadavý ke zdárnému růstu a vývoji, kromě odpovídajícího stanoviště potřebuje nadrůstavou korunu čehož může dosáhnout jen ve směsi s jinými dřevinami (LANDA et al., 1960).

Modřín opadavý je dřevina citlivá na chemické látky používané pro ochranu rostlin, především herbicidy s arboricidními účinky. Nejčastěji se jedná o nesprávný postup aplikace, nedodržení dávky, nevhodný termín aplikace. Negativní reakce se projevují již při malých koncentracích uvedených herbicidů (ČERMÁK et al., 2014).

Na území České republiky jsou pěstovány vyšlechtěné modříny různé provenience, velmi často alpského původu (GREGOROVÁ et al., 2006).

3.2.1 Biotičtí škodliví činitelé

Podle evidence Lesní ochranní služby bylo v roce 2016 působením biotických škodlivých činitelů celkově poškozeno cca 3,5 mil. m³ dřevní hmoty. Na více než 85 % poškození se podílel dlouhodobě přemnožený podkorní hmyz (LUBOJACKÝ et al., 2017).

Pro poškození porostů způsobené biotickými škodlivými činiteli bývá charakteristická sezonnost jejich výskytu. Výskyt poškození a jeho šíření má obvykle ohniskový charakter. Vlastní příznaky poškození bývají relativně typické, většinou dobře rozeznatelné. V některých případech může dojít i k jejich záměně s poškozeními způsobenými abiotickými škodlivými činiteli (WAIŠOVÁ, 2012).

Významný vliv na zdravotní stav dřevin mají klimatické podmínky. V poslední době jsme svědky extrémních výkyvů počasí - nadprůměrné teploty v letních měsících, dlouhodobé sucho a nedostatek srážek spojený s poklesem hladiny podzemních vod. Rozsáhlé sucho, které výrazně zasáhlo do zdravotního stavu lesních porostů, bylo naposledy zaznamenáno v roce 2015 (ŠRÁMEK, NOVOTNÝ, 2017). Suchem oslabené

porosty jsou pak poškozovány hmyzími škůdci (zejména podkorní hmyz) a houbovými patogeny.

V posledních letech bylo nejenom v České republice, ale i v okolních zemích, pozorováno znatelné zhoršení zdravotního stavu modřínů. Na mnoha místech bylo zaznamenáno výrazné chřadnutí a odumírání modřínů. V následujících podkapitolách uvádíme pouze vybrané zástupce biotických škodlivých činitelů, značně se podílejících na prosýchání modřínů, často vedoucí až k jejich odumření (PEŠKOVÁ, MODLINGER, 2014)..

3.2.1.1 Hmyzí škůdci na modřínu

Korovnice zelená – *Sacchiphantes viridis* (Ratzeburg,1843)

Patří mezi významné škůdce. Jedná se o malé okřídlené mšice, které poškozují převážně mladé modřínové porosty do věku 20 let. V průběhu vývoje část populace přezimuje na kůře kmene a větvích pokryta bílou vrstvou voskových vláken.

V průběhu cyklu střídá dva hostitele, a to smrk a modřín. Koncem léta a začátkem podzimu se na smrku vylíhnou larvy. Ty se na hostitelské dřevině přisají k novému výhonu v blízkosti pupenu, kde přezimují. Na jaře se z larvy vyvine bezkřídlá dospělá samice. V důsledku jejího sání se pupen nebo jeho báze postupně mění na šiškovitou háčku. Dospělá samice pak klade vajíčka, ze kterých se v háčkách vyvinou larvy. Háčky, které jsou zpočátku zelené, se v létě otevírají a usychají. Vylézají z nich larvy, které se proměňují v okřídlené mšice a přelétají na druhou hostitelskou dřevinu – modřín. Na modřínu se rozmnožují a kladou vajíčka. Larvy sají na jehlicích modřínu, které pomalu žloutnou a ohýbají se. Postupně tak dochází ke ztrátě asimilačního aparátu. Přemnožení korovnic může způsobit i úhyn dřevin mladších věkových tříd (KAPITOLA, 2006; ZÚBRIK, KUNCA, 2011).

Korovnice pupenová - *Adelges laricis* (Vallot,1836)

Patří mezi významné škůdce. Jedná se o malé okřídlené mšice. Jejich vývoj a dvouletý generační cyklus je podobný jako u korovnice zelené. Napadení modřínu opadavého korovnicí pupenovou, signalizuje přítomnost bílých chomáčků voskových vláken na

jehlicích. Napadením korovnicí jsou ohroženy všechny oblasti, na kterých se pěstuje modřín spolu se smrkem (KAPITOLA, 2006; ZÚBRIK, KUNCA, 2011).

V období přemnožení se korovnice výrazně podílejí na zhoršení zdravotního stavu modřínů. Nepatří ale mezi primární škodlivé činitele způsobující odumírání modřínů. V důsledku sání korovnic jsou stromy oslabené a snižuje se i jejich obranyschopnost vůči jiným škodlivým faktorům. Poškození povrchových pletiv stromů vytváří podmínky pro vznik houbových infekcí (KAPITOLA, 2006).

Pouzdrovníček modřínový - *Coleophora laricella* (Hübner, 1817)

Patří mezi velmi významné škůdce. Jedná se o malého motýla o velikosti asi 4 mm, s rozpětím křídel asi 10 mm. Původně byl v Evropě rozšířen pouze v oblastech přirozeného výskytu modřínu opadavého, ale v souvislosti s výsadbou modřínů i na nepůvodní stanoviště se rozšířil i výskyt pouzdroníčka do většiny evropských států. Vývoj motýla je vázán na modřín opadavý. Samička klade vajíčka jednotlivě na spodní stranu jehlic modřínu. Vylíhnuté housenky se zavrtávají do jehlic a začínají je vyžírat. Na podzim si ze zbytků pokožky jehlic spředou vak, připevní ho vlákny k větvičce a v tomto vaku přezimují. Na jaře pokračují v žíru čerstvě vyrašených jehlic. Nadále žijí ve vaku, ve kterém se i koncem května zakuklí. Jako první se pak líhnou samečci.

Pro napadení modřínů pouzdroníčkem je charakteristické běláni jehlic, které postupně zhnědnou a opadají. Při přemnožení mohou housenky způsobovat holožír. Nejvíce jsou ohroženy modříny ve věku 10-60 let. Napadené stromy ztrácejí jehličí, chřadnou a zpomaluje se jejich růst. Takto oslabené dřeviny jsou pak náchylnější k napadení dalšími škůdci, jako jsou houboví patogeni nebo podkorní hmyz. Na intenzitu žíru housenek má výrazný vliv počasí zjara, v období rašení modřínů. V chladném a deštivém počasí je aktivita housenek utlumená, škody na rašících větvičkách nejsou tak velké. Naproti tomu, rychlý nástup vyšších teplot housenky probouzí a aktivizuje (ZÚBRIK, KUNCA, 2011; LIŠKA, 2003).

Lýkožrout modřínový - *Ips cembrae* (Heer, 1836)

Patří mezi velmi významné škůdce. Napadá oslabené a chřadnoucí modřínové porosty různých věkových stupňů, které po dalším náletu tohoto škůdce odumírají. Larvy se vyvíjejí pod kůrou starších modřínových porostů. Mladé imága vyžírají dřev výhonků v korunách modřínů, tím dochází k značné defoliaci stromu. Dřevina se proti škůdci brání výronem pryskyřice na borci. Vzhledem k tomu, že k dokončení vývoje lýkožrouta postačí např. zbytky po těžbě nebo větve modřínu, je velmi důležitá ochrana. Dle údajů Lesní ochranné služby bylo v roce 2016 evidováno 3 124 m³ kůrovcového dříví (ZÚBRIK, KUNCA, 2011; KNÍŽEK et al., 2017).

Tesařík modřínový - *Tetropium gabrieli* (Weise, 1905)

Patří mezi významné sekundární fyziologické a technické škůdce. Brouci se objevují od května až po celé léto. Samičky kladou vajíčka pod kůru modřínu. Napadají zejména oslabené (např. suchem, imisemi, houbovými patogeny, vláhovým deficitem apod.) a chřadnoucí dřeviny, vyvrácené stromy, pařezy a pokácené neodkorněné kmeny. Larvy se líhnou pod kůrou, kde vyžírají chodbičky asi 1 cm široké. Dospělá larva pak proniká asi 2-4 cm hlouběji do dřeva, kde se zakuklí. V teplejších polohách, za příznivých klimatických podmínek, probíhá celkový vývoj 3 měsíce a imága se můžou objevit už koncem léta a založit další generaci, která prezimuje jako larva. V chladnějších polohách, s nižšími teplotami trvá vývoj jeden rok (ZÚBRIK, KUNCA, 2015; LUBOJACKÝ, 2011).

3.2.1.2 Houbové patogeny na modřínu

Braničnatka modřínová - *Mycosphaerella laricina* (Hartig)

Houba způsobuje předčasný opad jehlic. Začátkem léta infikuje mladé jehlice modřínu, na kterých vznikají hnědé skvrny. Nejdříve jsou napadeny jehlice v spodní části, pak nemoc postupuje dál k vrcholu koruny. V červenci a srpnu jehličí předčasně opadá, snižuje se přírůst a při opakované infekci můžou stromy zakrsávat nebo úplně odumírají. V horských polohách, v oblastech původního areálu nebo přirozeného výskytu modřínu, houba téměř neškodí (PEŠKOVÁ a kol., 2015).

V Rakousku patří tato houba mezi nejrozšířenější patogeny způsobující předčasný opad jehlic modřínů. Vstupní branou pro vznik infekce bývá poškození pletiva na jehlicích způsobené sáním korovnic (TOMICZEK, STEYRER, 2011).

Brvenka modřínová - *Lachnellula willkommii* (Hartig) Dennis

synonyma: *Trichoscyphella willkommii* (Hartig) Nannf., *Dasyscyphus willkommii* (Hartig) Rehm, *Helotium willkommii* (Hartig) Wettst.

Patří mezi významné škodlivé činitele. Je rozšířená jako saprofyt, někdy na oslabených stromech přechází v parazitismus (PEŠKOVÁ, ČÍŽKOVÁ 2015). Původně byla považovaná za ranového parazita, který pro vznik infekce využívá místa poranění na hostitelské dřevině, např. mrazové trhliny, rány způsobené krupobitím nebo vytloukáním zvěří. Na větvích a kmenech modřínů způsobuje rakovinu, která patří mezi vážná onemocnění modřínů. V Evropě se tato nemoc poprvé objevila v polovině 19. století na uměle založených porostech modřínu evropského (PETERCORD, STRAßER 2012).

Infekce vzniká na místech poškození kambiálního pletiva modřínů, způsobené mechanickým poraněním nebo sáním hmyzu. V místě nákazy kůra zasychá, dřevo nepřirůstá, objevuje se propadlá část a dochází k výronu pryskyřice ze dřeva. Na napadené části stromu – kmen nebo silnější větev – postupně vzniká typická rakovinová rána. U mladých výhonků a větviček dochází k jejich odumření. Miskovité plodnice (apothecia) o průměru 2-5 mm vyrůstají v místě infekce. Střed plodnic je růžovo oranžový, na okraji a na spodní straně jsou bílé štětinky (Obr. 4 a 5). Za vlhkého počasí jsou plodnice miskovitě otevřené, za sucha se kulovitě uzavírají (PEŠKOVÁ, ČÍŽKOVÁ 2015; ZÚBRIK, KUNCA 2015).

V místě nákazy se podhoubí nejúčinněji šíří v období vegetačního klidu dřeviny. V tomto období dokáže podhoubí překonat ochranný kalus, který tvoří bariéru proti infikovanému pletivu a dál se šířit. Tomuto procesu napomáhá i teplotně mírná zima, kdy dřeviny ještě zůstávají ve vegetačním klidu, zatímco podhoubí za daných teplotních podmínek už může růst (PETERCORD, STRAßER 2012).

Tato houba působí škody na modřínových porostech, které jsou uměle založeny, jsou přehoustlé nebo jsou na nevhodných stanovištích – v oblastech s vysokou vzdušnou

vlhkostí a ohrožených námrazami. Nejvíce se vyskytuje na místech, kde nemají modřiny dostatek světla a proudění vzduchu (PEŠKOVÁ, ČÍŽKOVÁ 2015).

Václavka smrková - *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink

Patří mezi velmi významné škodlivé činitele. Je rozšířená nejen v Evropě, ale i Asii a Severní Americe. Jedná se o saproparazitickou houbu, která na oslabených a přestárlých dřevinách přechází k parazitizmu. V lesích se podílí na rozkladu kořenů a pařezů. U nás jsou nejvíce ohroženy smrkové porosty na nepůvodních lokalitách, ale parazituje i na jiných jehličnatých dřevinách. Napadá kořenové systémy dřevin. U napadených stromů dochází k vadnutí, redukci asimilačního aparátu, snížení přírůstku, v pokročilém stádiu k prosýchání koruny a v některých případech i k jejich odumírání.

Houba se šíří dvěma způsoby, a to výtrusy (bazidiosporami) a vegetativně podhoubím (myceliem). Po napadení hostitelské dřeviny může mít onemocnění akutní nebo chronický průběh. Při chronickém průběhu může být hostitelská dřevina parazitována i několik desítek let. Při tom dochází k postupnému poškozování kořenového systému dřeviny a narušení stability. Dřevina je pak náchylná na vývraty. Václavka působí bílou hnilobu napadeného dřeva, obvykle omezenou na kořeny a bazální část kmene. Pod kůrou v bazální části kmene je možné nalézt bílá syrrocia. Na napadených místech dochází k výronu pryskyřice. Přítomnost václavky signalizuje i dutina, která se vytvoří v bázi kmenu. Při akutním průběhu onemocnění dřeviny, obvykle po jejím oslabení např. přísuškem, dochází k odumření dřeviny (PEŠKOVÁ, ČÍŽKOVÁ 2015; TESAŘ, 2011).

3.3 Chřadnutí a prosýchání modřínových porostů v Krušných horách

Modřín opadavý je jedna z mnoha dřevin, která má v oblasti Krušných hor své zastoupení, a která se zde vyskytuje ať už jako vtroušená dřevina anebo záměrně založená monokultura. V této oblasti byl modřín zakládán jako náhradní dřevina poměrně tolerantní k dlouhodobé imisní zátěži. Současná výměra modřínu opadavého v Krušných horách činí přibližně 6 574 ha, z toho porosty v 7. a 8. lesním vegetačním stupni 1 870 ha. V roce 2008 bylo ještě uvedeno, že porosty modřínu opadavého jsou většinou zdravé a vitální (SLODIČÁK et al., 2008).

V posledních letech se zde tato dřevina potýká s nepřehlédnutelným chřadnutím, které se projevuje postupným žloutnutím asimilačních orgánů, kdy se jednotlivá ložiska poškození projevují nepravidelně v rámci celé koruny stromu a to jak v horizontálním, tak vertikálním směru. Tento zprvu nenápadný vývoj vede k postupné ztrátě asimilačních orgánů, až dochází k celkové defoliaci a následnému odumírání jednotlivých stromů, v některých případech je předpoklad až celých porostů.

Výrazné poškození modřínových porostů v oblasti Krušných hor bylo naposledy zaznamenáno v roce 2013 a 2014 (PEŠKOVÁ, MODLINGER, 2014). Poškozeny byly všechny porosty 6 a 7 lesního vegetačního stupně. První příznaky se objevily v údolních polohách, kde je situace nadále nejzávažnější. Na modřínech bylo pozorováno zasychání čerstvě, ne vždy úplně vyrašeného jehličí i větévek. Na odumřelých větvích, příp. kmínku bylo viditelné podélné popraskání kůry, rakovinové zduřeniny a nekrotická poškození kůry způsobené houbovým patogenem brvenkou modřínovou (*Lachnellula willkommii*). Na řadě chřadnoucích nebo již odumřelých dřevinách bylo na bázi kmenu nalezeno syrociium václavky (*Armillaria sp.*) V současnosti se prosýchání a odumírání modřínů projevuje celoplošně bez vlivu na stanoviště a hustotu porostu (PEŠKOVÁ, MODLINGER, 2014).

3.4 Chřadnutí a odumírání modřínových porostů na Slovensku

Rozsáhlé poškození modřínových porostů bylo na území Slovenska zaregistrováno už v roce 2001. Výrazné zhoršení zdravotního stavu modřínů se týkalo semenných sadů, kultur ve věku 5-15 let a výsadeb. Na mladých modřínech bylo pozorováno prosýchání jehlic, větviček i celé koruny. Na větvích i kmínku bylo viditelné podélné popraskání kůry. V dolní části kmínků byly nalezeny rakovinové zduřeniny a nekrotická poškození kůry. Kořenový systém napadených modřínů zůstal nepoškozený. Šetřením pracovníků Lesní ochranné služby byl na napadených porostech determinován kalamitní výskyt korovnic (*Sacchiphantes viridis* a *Adelges larcis*), sání kterých má výrazný vliv na zdravotní stav stromu, není ale primární příčinou poškození mladých modřínů. Z houbových patogenů byla dokázána přítomnost hub *Nectria cucurbitula*, která je označována za saprofyta a ranového parazita. Jako parazit způsobuje nekrózu kůry a podkorních pletiv, a brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*). Houbové patogeny rovněž nebyly považovány za prvotní příčinu chřadnutí mladých modřínů. Nejpravděpodobnější příčinou poškození modřínů se jevílo sucho v jarních měsících (ZÚBRIK a kol., 2001).

Další vlna rozsáhlého poškození modřínových porostů mladších věkových tříd (do 10 let) se objevila v roce 2014. Měla frontální charakter a zasáhla zejména vyšší hřebenové polohy Kysuc (oblast Kysucká vrchovina) a Liptova (oblast Nízké Tatry).

Symptomy poškození modřínů byly podobné jako v roce 2001. Poškozené stromy měly slabě vyvinuté a často zahnuté jehlice (důsledek sání korovnic). V mnoha případech byly odumřelé koncové části větviček nebo vrchní část koruny, příp. i kmen. Na větvičkách se vyskytovaly bílé voskovité chomáčky signalizující přítomnost korovnic. Z biotických škodlivých činitelů byla na poškozených stromech pozorována přítomnost zejména korovnic (*Sacchiphantes viridis* a *Adelges larcis*), z houbových patogenů – plíseň šedá (*Botrytis cinerea*), houby z rodu *Fusarium* sp. a na jedné z lokalit plodnice brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) (VAKULA a kol., 2015).

Silný výskyt brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) na mladých modřínech byl v roce 2017 evidován v oblasti Demänovskej doliny. Brvenkou byly napadeny zejména modříny rostoucí v lokalitách podél potoků (KUNCA a kol., 2017).

3.5 Chřadnutí a odumírání modřínových porostů v Rakousku

V průběhu vegetačního období roku 2004 byl ve spolkové zemi Štýrsko (oblast Horního Štýrska) pozorován zvýšený nárůst odumírajících nebo chřadnoucích modřínů. Při lokálním šetření v měsících červenec a srpen 2004 byl zjištěn výskyt biotických a abiotických faktorů, které v komplexní míře spolupůsobí na modřínů. Oslabení modřínů a snížení jejich obranyschopnosti vůči škodlivým činitelům je připisováno nepříznivým povětrnostním podmínkám v předchozích letech. Rok 2003 se vyznačoval vysokými teplotami a suchem v letních měsících.

V nadmořské výšce 1 500 m byl na opadaných odumřelých modřínech ve věku cca 100 let zjištěn přemnožený (kalamitní) výskyt tesaříka modřínového (*Tetropium gabrieli*) v různých stádiích vývoje (larvy, kukly, dospělí jedinci). V požerových chodbičkách na odumřelých modřínech bylo nalezeno světlé houbové mycelium, které může být důsledkem částečného odumírání kambiálního a floematického pletiva a napadení tesaříkem modřínovým. Z houbových patogenů byla na jehličí mladých modřínů zjištěna přítomnost houby *Hypodermella laricis*, která podobně jako *Mycosphaerella laricina* způsobuje zhnědnutí a opad jehlic. Kůra větví některých modřínů a v jednom případě i vrchol koruny stromu byly silně napadeny brvenkou modřínovou (*Lachnellula willkommii*).

V lokalitách Horního Štýrska s nadmořskou výškou 1 200-1 800 m n. m. se modřínové porosty vyznačovaly vysokou mírou defoliace a u některých jedinců došlo až k jejich odumření. Za hlavního stresora u poškozených modřínů je opět považováno extrémní sucho v letních měsících předchozího roku. Takto oslabené stromy byly napadeny lýkožroutem modřínovým (*Ips cembrae*), což vedlo až k jejich odumření.

U modřínů s vysokou mírou defoliace byla zjištěna přítomnost bejlomorky modřínové (*Dasineura laricis*), která brání v rašení krátkých výhonků. Z houbových patogenů byly determinovány houby *Mycosphaerella laricina* a *Hypodermella laricis*, a brvenka modřínová (*Lachnellula willkommii*) (KREHAN, CECH, 2004).

Na základě výsledků lokálního šetření KREHAN a CECH (2004) konstatují, že výskyt brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) v modřínových porostech východních Alp, v horské a subalpínské oblasti je značně rozšířen a postihuje všechny věkové stupně. Pouze v ojedinělých případech (v mladých modřínových kulturách) bylo

prokázáno odumření stromů v důsledku napadení brvenkou modřínovou (*Lachnellula willkommii*) jako primárním činitelem. Jako sekundární škodlivý činitel napadá brvenka modřínová (*Lachnellula willkommii*) stromy už poškozené působením abiotických faktorů, jako např. krupobití, pozdní jarní mrazíky na začátku vegetačního období, podzimní mrazy apod., anebo stromy napadené hmyzími škůdci. Poranění pletiv stromů vzniklá působením těchto faktorů představují ideální místo pro vznik houbové infekce a rozvoj nemoci rakoviny modřínu. V Rakousku jsou pěstovány modříny alpské provenience, které jsou náchylnější na napadení brvenkou modřínovou (*Lachnellula willkommii*) než modříny sudetské nebo karpatské provenience. KREHAN a CECH (2004) dále konstatují, že v důsledku provádění minimálních ochranných opatření a zásahů proti rozvoji nemoci rakoviny modřínu se tato nemoc v modřínových porostech v Rakousku už tak rozšířila, že nebudou existovat oblasti, kde by se tato nemoc nevyskytovala.

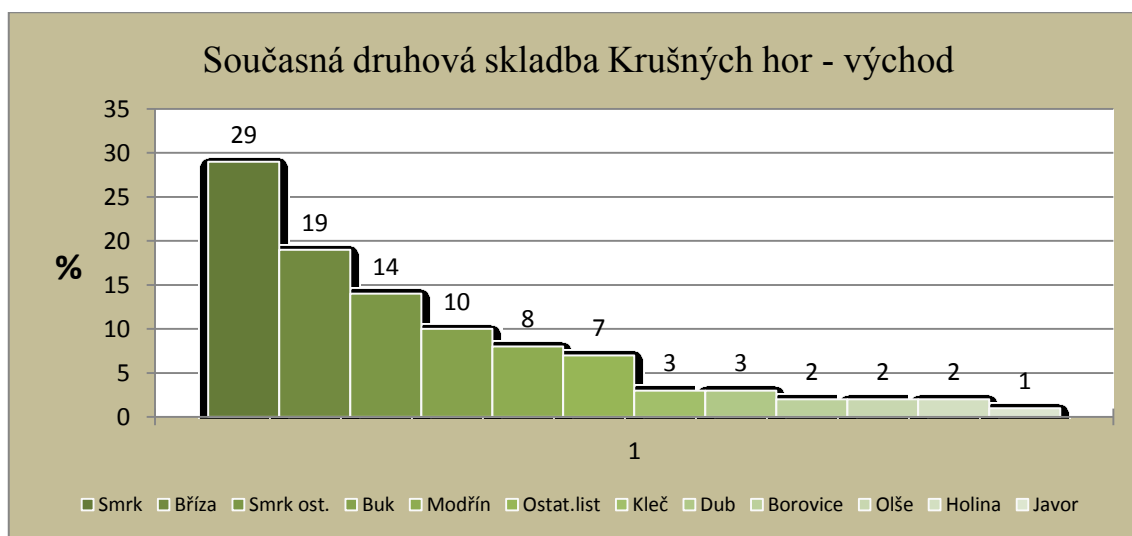
4 Metodika

4.1 Vymezení zájmového území

V České republice pokrývají lesní plochy přibližně 34% z celkové rozlohy země. V roce 2016 se plocha lesních pozemků v ČR meziročně zvýšila o 1 458 ha na celkových 2,67 mil ha. (ÚHUL).

Ústecký kraj patří mezi nejméně lesnaté kraje v rámci ČR. Porostní plochy pokrývají pouze 157 422 ha. V Krušných horách činí lesnatost cca 63 %, v západní části 64 % a ve východní části 62 %. (ÚHUL)

Krušné hory tvoří rozsáhlý asi 130 km dlouhý a 6 až 19 km široký pás území na české straně lemující státní hranici s Německem. Lesy v oblasti východní části Krušných hor patří mezi nejvíce poškozené, převážně zalesněné náhradními a přípravnými dřevinami s pozměněnou druhovou skladbou. V současné době převládají v této oblasti smrkové porosty, modřínové porosty se řadí s 8 % na páté místo. Přehled o celkové druhové skladbě uvádí obrázek (Obr. 1).



Obr. 1 Druhová skladba dřevin

4.2 Základní popis přírodních podmínek

Geologické a geomorfologické poměry

Krušné hory lze od západu rozdělit do čtyř hlavních oblastí, které zahrnují vrchovinu Kraslickou, Nejdeckou, Jáchymovsko – vejprtskou a východní Krušné hory. Uvedené oblasti jsou na zastoupení hornin velmi pestré. V převážné části krušnohorské oblasti převládají silně metamorfované horniny - ruly a migmatity. V okrajových částech této oblasti se nacházejí horniny slabě metamorfované - svory a fylity (STEJSKAL a kol., 1968). V podloží celých Krušných hor se vyskytuje krušnohorský pluton, který je tvořen různými typy granitů (žul) (ÚHÚL, 1998).

Pedologie

V zájmovém území Krušných hor je nejrozšířenější půdním typem kambizem. Pro kambizem je charakteristická (brunifikace) To znamená, že chemickým zvětráváním a tvorbou sekundárního křemičitého jílu dochází k uvolňování trojmocného železa a zabarvování půdy dohněda (ÚHÚL, 1998).

Klimatické podmínky

Faktory ovlivňující klimatické podmínky v ČR jsou zeměpisná šířka, vzdálenost od oceánu, atmosférická cirkulace, nadmořská výška, výšková stupňovitost a směr pohoří.

Krušné hory lze zařadit do klimatické oblasti C1 tj. mírně chladná klimatická oblast, vrcholové horské oblasti do C2 tj. chladná horská oblast a východní svahy do B8, B5 a B3 tj. mírně teplá oblast. Průměrná délka vegetačního období činí 168 dní, průměrný roční úhrn srážek je uváděn od 800 do 1200 mm (SLODIČÁK a kol., 2008).

4.3 Založení výzkumných ploch

V průběhu vegetační sezony v roce 2015 byly v zájmové oblasti Krušných hor provedeny formou pochůzky a okulárního (vizuálního) posouzení terénní průzkumy zaměřené na výskyt chřadnoucích modřínů. Terénních průzkumů se společně zúčastnili také pracovníci LOS Jíloviště-Strnady a lesní správy (LS) Litvínov. Na základě získaných poznatků bylo založeno celkem 5 výzkumných (studijních) ploch v modřínových porostech I. a II. věkové třídy na území LS Litvínov (Obr. 2). Plochy byly založené na pozemcích určených k plnění funkcí lesa (ve smyslu lesního zákona a vyhlášky MZe č. 84/96) revíru Český Jiřetín a Klíny. Současně byly plochy vybrány tak, aby jejich umístění bylo v různých typech reliéfu, tj. v údolích a náhorních plošinách v minulosti silně imisně postižených, ale také na různých částech svahu. Založené plochy byly umístěné v rozdílných nadmořských výškách, kdy nejvýše položená lokalita plochy byla 840 m n. m. a nejnižše položená lokalita plochy byla 715 m n. m.



Obr. 2 Vyznačené plochy v katastrální území obcí Klíny a Český Jiřetín (zdroj: Geoportál ČÚZK)

Jednou ze základních podmínek při zakládání ploch byl stanovený minimální počet sledovaných stromů, který byl určen na 50 souvisle na sebe navazujících stromů na plochách s rozdílnou velikostí a tvaru (Tab. 1).

Tab. 1: Přehled založených výzkumných ploch

Číslo	Označení plochy	Velikost plochy v (ha)	Počet vyznačených stromů na ploše	Počet stromů na (ha)
1	U1	0,205	61	297
2	U2	0,250	59	236
3	U3	0,155	60	386
4	K2	0,702	54	77
5	K3	0,108	50	462

Další podmínkou bylo, aby se plochy nevyskytovaly v rámci jednoho porostu, bereme-li v úvahu členění dle prostorové úpravy lesů. Současně sledována byla i orientace stanovených ploch ke světovým stranám a jak již bylo uvedeno rozdíl nadmořské výšky mezi jednotlivými plochami.

Ve třech případech byly stanovené plochy směřovány do vnitřní části porostu tak, aby okrajové stromy vytyčených ploch nezasahovaly do vnějších stromů porostu. Ve zbylých dvou případech tato podmínka nebyla záměrně dodržena a plochy byly založené tak, aby zahrnovaly i okrajové stromy.

4.4 Podrobná šetření na výzkumných plochách

Značení stromů

Označení stromů probíhalo následovně: na jednotlivé stromy byly lesnickým značkovacím sprejem vyznačeny číslice od 1 do cca 65 tak, aby byly unikátní a dobře viditelné a po dobu předpokládaného výzkumu relativně trvalé (Obr. 3). Číslice vyznačené tímto způsobem zajistili možnost opakovaného hodnocení stromů v následujících letech. Plochy s takto vyznačenými stromy byly vždy na stromu s označením čísla 1 opatřeny značkami U1, U2, U3, K2 a K3. K určení přesné polohy jednotlivých ploch byl použit systém GPS a porostní mapa. Orientace ploch k světovým stranám byla stanovena pomocí střelkového kompasu.



Obr. 3 Ukázka značení stromů na výzkumných plochách (foto R. Tesař)

Stanovení sklonu plochy

Pro stanovení sklonu vyznačených ploch, byl využit elektronický výškoměr VERTEX III. Zjištěné údaje byly porovnány dle navržené tabulky určující velikost sklonu (viz Tab. 2). Na základě zjištěné velikosti sklonu terénu byly plochy začleněny mezi rovinaté nebo skloněné plochy.

Tab. 2: Hodnocení sklonitosti plochy

Reliéfu terénu		
Rovinaté plochy	Sklon terénu menší než 5°	Náhorní plošiny, plochá dna údolí, rovinaté terasy
Skloněné plochy	Sklon terénu větší než 5°	Sklony ve střední části svahu, sklony v horní části svahu, příkré svahy

Stanovení defoliace stromů na výzkumných plochách

Zdravotní stav modřínů byl posuzován pomocí stanovení výše defoliace. Defoliace je definována jako ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání s představou koruny zdravého stromu, vyskytujícího se ve stejném čase a ve stejných stanovištních a porostních podmínkách. K hodnocení defoliace se přistupovalo s odpovídajícími nároky na přesnost a probíhalo přímo v terénu, v průběhu vegetačního období. Hodnocení se

z počátku zúčastnilo více osob, konkrétně se jednalo o skupinu tří osob. Až při dosažení jednotného konsenzu na způsob hodnocení výše defoliace, byly postupně získávané údaje evidovány. Je nutné uvést, že i přes maximální snahu o optimální stanovení výše defoliace jednotlivých stromů může být hodnocení zatíženo určitou chybou, vyplývající právě ze subjektivního vlivu hodnotitele. Do hodnocení se nezahrnovali ztráty asimilačních orgánů způsobené prokazatelně abiotickými a antropogenními vlivy.

Hodnocení defoliace se obvykle vyjadřuje v procentech, dle mezinárodního standardu v intervalech po 5%. V rámci tohoto výzkumu byla defoliace stanovená v intervalech po 10%, což v tomto případě znamená ztrátu 10 % asimilačního aparátu. Hodnocení probíhalo po dobu tří let v letech 2015, 2016 a 2017.

Stanovení výšky stromu

Výška stromu je svislá vzdálenost mezi patou kmene a vrcholem koruny stojícího stromu. Určování výšek stromů odhadem bylo vzhledem k pravděpodobnosti velkého výskytu chyb zamítnuto. Z uvedeného důvodu byly jednotlivé výšky stromů zjišťovány přímým měřením každého zaujatého stromu na ploše. Měření probíhalo s pomocí přístrojového vybavení VERTEX III. Uvedený přístroj byl před každým měřením na nové ploše kalibrován dle pokynů v manuálu přístroje. Výšky byly zaznamenávané v metrech (m). Při stanovení výšky byly zároveň hodnoceny vrcholové zlomy koruny a deformace kmene, ovšem podíl takto poškozených jedinců byl minimální oproti původním předpokladům a uvedená poškození se evidovali jen jako statistický údaj nepodléhající dalšímu zpracování.

Stanovení tloušťky stromu

Tloušťka kmene je vzdálenost rovnoběžných tečen k obvodu kmene v průřezu kolmém na osu kmene. Tloušťka kmene stojícího stromu se zjišťuje ve výčetní výšce 1,3 m od paty kmene nebo nad úrovní terénu. Tato převážně svislá výška je závislá na reliéfu terénu. Samotné měření tloušťky kmene stojících stromů probíhalo ve dvou na sebe kolmých směrech, kdy se jako výsledná hodnota používal aritmetický průměr těchto dvou měření. Měření tlouštěk probíhalo ve skupině dvou osob s pomocí digitální průměrky. Získané hodnoty byly udávány a současně zapisované v centimetrech (cm).

Stanovení zápoje

Jako jeden z hodnotících pěstebních znaků vývoje porostu lze označit zápoj. Zápoj ovlivňuje hloubku pronikání světelného záření do vnitřní části porostu a tím má vliv na defoliaci koruny dřevin, mikroklíma porostu a pronikání srážek do jeho nitra. Při stanovení zápoje hodnotíme vzájemný dotyk a prolínání větví koruny stromu. Zápoj lze vyjadřovat číselně nebo slovně. Ke stanovení zápoje na vyznačených plochách byla použita slovní kritéria z tabulky (Tab. 3).

Tab. 3: Zápoj - hodnocení

Zápoj	
Uvolněný	Větvě v korunách se nedotýkají
Dokonalý	Větvě se vzájemně dotýkají
Přehoustlý	Větvě se vzájemně dotýkají
Dočasně přerušný	Stromy v budoucnu mají možnost opět vytvořit dokonalý zápoj
Trvale přerušný	Stromy již mezery růstem nezatáhnou

Postup hodnocení výskytu václavky smrkové - *Armillaria ostoyae*

Výskyt václavky byl hodnocen v období srpna až začátku listopadu pro každý strom jednotlivě. Spolehlivý identifikátor výskytu václavky jsou plodnice této huby. Dalším identifikátorem může být syrrociium václavky, které se tvoří pod kůrou hostitelských dřevin. Za účelem tohoto šetření byla kůra každého stromu v bazální části kmene narušena řezem, aby bylo možné zjistit přítomnost syrrocia. Jedním z prvních příznaků výskytu syrrocia václavky je po oddělení kůry od kmene stromu typická houbová vůně. V rámci tohoto výzkumu byl hlavní identifikátor výskytu bílé vějířovitě se rozprostírající syrrociium pod kůrou stromu. Šetřené stromy byly následně v místě narušení kůry ošetřeny stromovým balzámem ve formě polymerní disperze s obsahem stimulačních látek, aby nedošlo k následnému napadení houbovými patogeny.

Průběh hodnocení výskytu brvenky modřínové - *Lachnellula willkommii*

Monitoring výskytu brvenky modřínové probíhal na všech plochách pro každý vyznačený stromu v období června až listopadu po dobu tří let. Výskyt plodnic houbového patogenu byl zjišťován okulárně (Obr. 4). Plodnice brvenky modřínové o

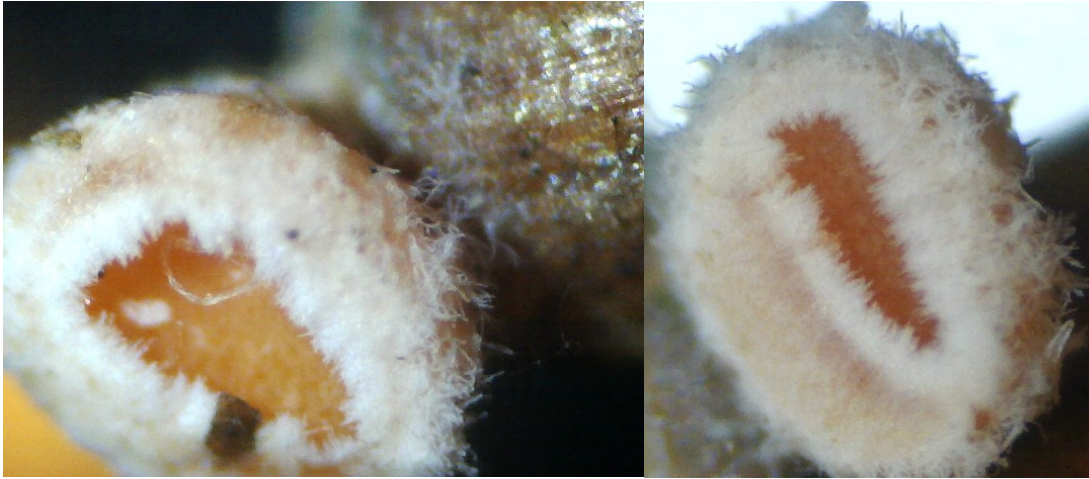
velikosti několika milimetrů jsou růžově oranžové a nepravidelného diskovitého tvaru (Obr. 5). Jednotlivé stromy byly kontrolovány v nižších partiích koruny, na odumřelých větvích, na větvích částečně proschlých, ale i na větvích bez známek poškození.



Obr. 4 Plodnice brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) na větvi modřínu

(foto R. Tesař)

V průběhu podzimu u porostů postižených defoliací byl výskyt plodnic, zvláště u silně zasažených jedinců, poměrně snadno diagnostikován.



Obr. 5 Plodnice brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*) zvětšeno 60 x pod mikroskopem (foto R. Tesař)

Průběh hodnocení výskytu ostatních biotických činitelů

Z hmyzích škůdců byl zaznamenán pouze sporadický výskyt pouzdronička modřínového (*Coleophora laricella*).

4.5 Popis jednotlivých studijních ploch

Plocha č. 1 (U1) 720 m n. m.

Plocha je v porostní mapě vedena jako porost **116E3**. Vyznačená plocha nepravidelného tvaru (Obr. 6) je v pořadí velikosti třetí ze všech založených ploch. Plocha v nadmořské výšce 720 m se nachází v lokalitě Pstružný potok. Reliéf terénu je rovinatý začínající od úpatí svahu. Na ploše byl zaznamenán značný rozvoj lesní buřeně. Prostorovou strukturu porostu lze stanovit jako náhodné uspořádání, zápoj uvolněný. Počet označených stromů 61 na ploše o velikosti 2050 m².



Obr. 6 Vyznačená plocha č. 1 (zdroj: Geoportál ČÚZK)

Plocha č. 2 (U2) 715 m n. m.

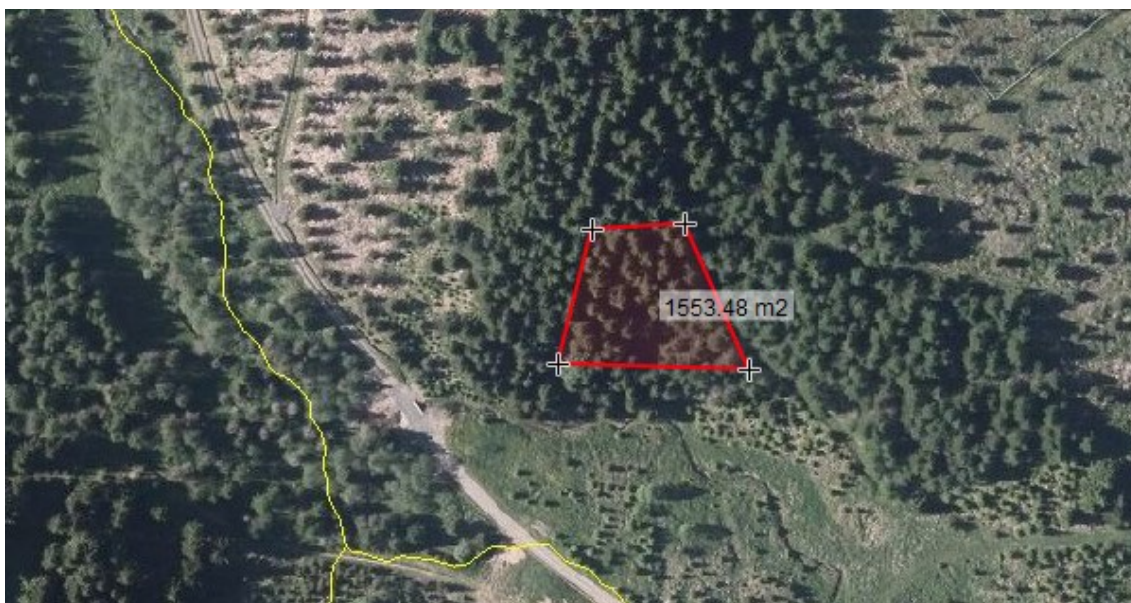
Plocha je v porostní mapě vedena jako porost **116D3b**. Vyznačená plocha téměř obdélníkového tvaru (Obr. 7) je druhá největší ze všech založených ploch. Plocha v nadmořské výšce 715 m se nachází v lokalitě Tetřeví cesta. Reliéf terénu - skloněná plocha v spodní části svahu orientovaná východním směrem. Plocha je pokrytá hustou travinátou vegetací. Prostorovou strukturu porostu lze stanovit jako pravidelné uspořádání, zápoj dokonalý. Počet označených stromů 59 na ploše o velikosti 2 500 m².



Obr. 7 Vyznačená plocha č. 2 (zdroj: Geoportál ČÚZK)

Plocha č. 3 (U3) 735 m n. m.

Plocha je v porostní mapě vedena jako porost **116E3a**. Vyznačená plocha je téměř obdélníkového tvaru (Obr. 8). Plocha přibližně střední velikosti v porovnání s ostatními založenými plochami se nachází v lokalitě Pstružný potok v nadmořské výšce 735 m. Reliéf terénu - příkrý svah ve střední části svahu orientovaný na jih. Prostorovou strukturu porostu lze stanovit jako náhodné uspořádání, zápoj dokonalý. Počet označených stromů 60 na ploše o velikosti 1 553 m².



Obr. 8 Vyznačená plocha č. 3 (zdroj: Geoportál ČÚZK)

Plocha č. 4 (K2) 835 m n. m.

Plocha je v porostní mapě vedena jako porost **126D3a**. Vyznačená plocha je nepravidelného tvaru (Obr. 9) a je největší ze založených ploch. Plocha v nadmořské výšce 835 m se nachází na úbočí vrcholu kopce Jelení hlava 874 m n. m. Reliéf terénu, ve kterém je plocha umístěná má rovinný charakter s mírným severovýchodním sklonem. Celá plocha je pokrytá poměrně vysokou travinátou vegetací. Prostorovou strukturu porostu lze stanovit jako náhodné uspořádání, zápoj uvolněný. Počet vyznačených stromů 54 o velikosti plochy 7 023 m².



Obr. 9 Vyznačená plocha č. 4 (zdroj: Geoportál ČÚZK)

Plocha č. 5 (K3) 840 m n. m.

Plocha je v porostní mapě vedena jako porost **129E4a**. Vyznačená plocha nepravidelného tvaru (Obr. 10) je nejmenší ze všech založených ploch. Plocha v nadmořské výšce 840 m se nachází na úbočí vrcholu kopce Pestrý 875 m n. m. Reliéf terénu plochy je rovinatý s mírným jihozápadním sklonem. Plocha je pokrytá hustou travinátou vegetací. Prostorovou strukturu porostu lze stanovit jako pravidelné uspořádání, zápoj přehoustlý. Počet označených stromů 50 na ploše o velikosti 1 082 m².



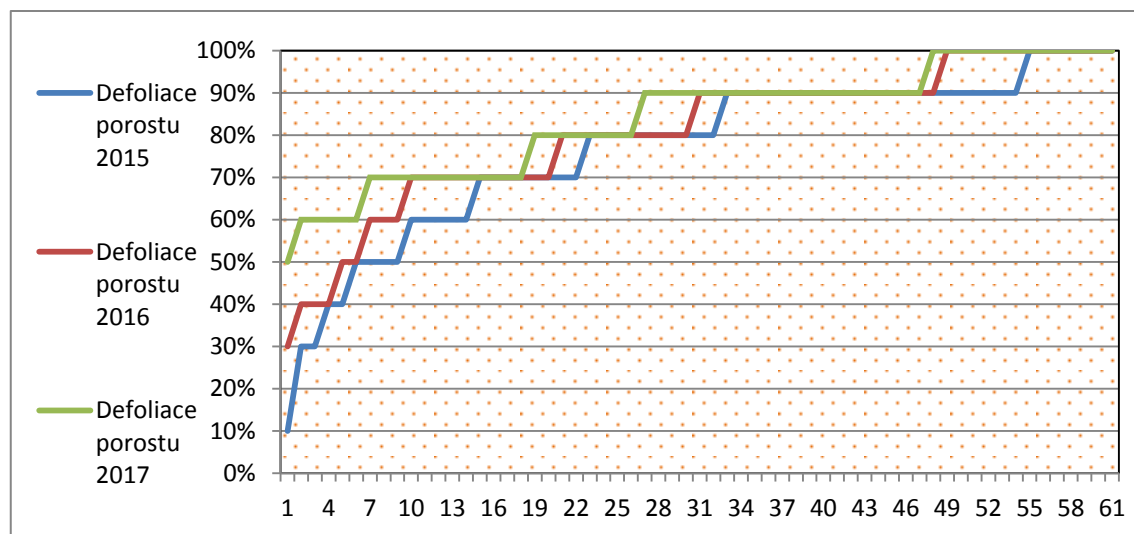
Obr. 10 Vyznačená plocha č. 5 (zdroj: Geoportál ČÚZK)

5 Výsledky

Popis zjištěných údajů na jednotlivých výzkumných plochách

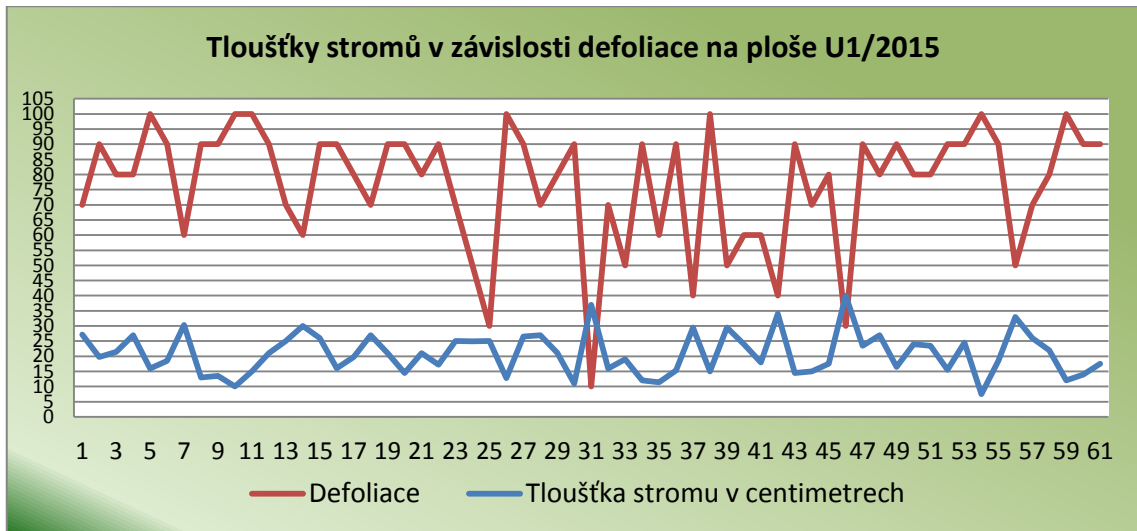
Plocha č. 1 (U1): Na ploše převažují silně poškozené stromy s vysokým počtem odumřelých stromů. V roce 2015 u dvou třetin z celkového počtu sledovaných stromů defoliace koruny neklesla pod 60 % a u zbylé třetiny (až na 3 stromy) neklesla defoliace pod 40 %. V následujících dvou letech se stav na této ploše s porovnáním s předešlými roky dramaticky neměnil, přesto v některých případech docházelo k postupnému zhoršení zdravotního stavu modřinů (Obr. 11) příloha 1. Na ploše ke konci sledovaného období roku 2017 bylo nalezeno 14 stromů vykazující 100% defoliaci. V roce 2015 bylo zaznamenáno na ploše 6 stromů s 100% defoliací. Kůra stromů byla místy popraskaná, v některých případech byl kmen a větve často deformované. Stromy byly na kmenech a větvích poměrně hustě porostlé lišejníky (Obr. 12,13) příloha 1. Na ploše bylo zaznamenáno 6 v různé výšce rozdvojených stromů tzv. dvojáků. Rakovinové nádory projevující se na kmenech modřínu nebyly na ploše zaznamenány.

Celkový přehled průběhu vývoje defoliace sledovaného porostu (Obr. 14) byl vyhodnocen samostatně pro jednotlivé roky 2015, 2016 a 2017. Vybrané stromy jsou seřazeny pro každé období od minimálních hodnot defoliace, až po hodnoty maximální. Uvedený graf tedy nehodnotí změny jednotlivých stromů, ale jedná se o celkové (komplexní) hodnocení vývoje defoliace na zkoumané ploše.



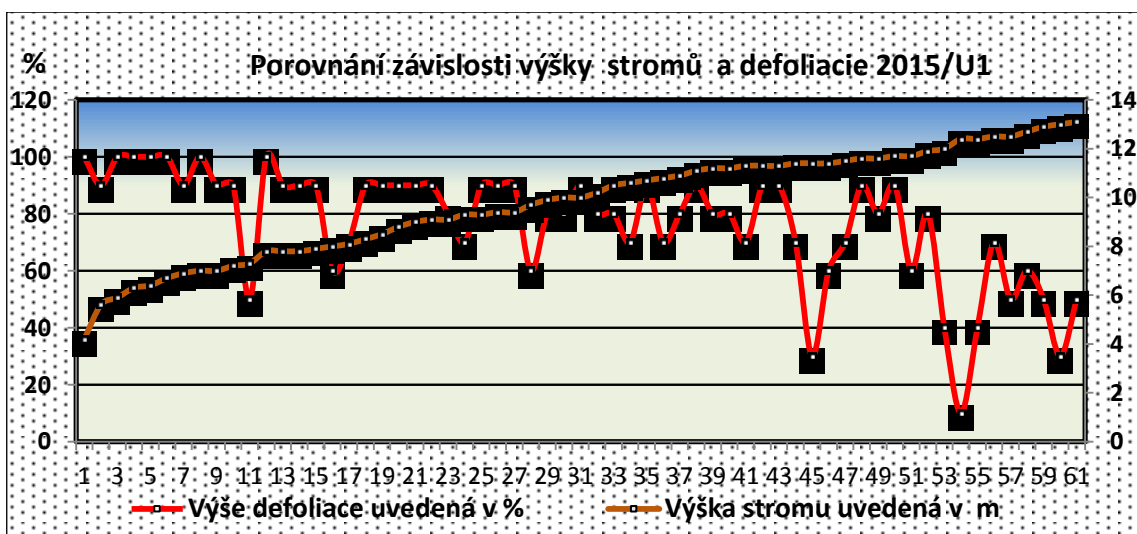
Obr. 14 Průběh defoliace

Tloušťková struktura jednotlivých stromů byla na ploše značně diferencovaná a pohybovala se v rozmezí 7,5 cm až 40 cm (Obr. 15 příloha 2). Porovnání závislosti tloušťky s výší defoliace na ploše U1 je patrné z následujícího grafu, kde lze sledovat závislost těchto veličin u sledovaných stromů. Vrcholy grafu naznačují, že s vyšší výčetní tloušťkou jsou zaznamenány nižší procentuální hodnoty defoliace (Obr. 16).



Obr. 16 Závislost tloušťky jednotlivých stromů k výši defoliace

Závislost výšky stromu a defoliace pro jednotlivé stromy a roky jsou uvedeny v příloze 2 (Obr. 17,18,19,20 a 21). Závislost zobrazená dle posloupné výšky jednotlivých stromů a defoliace (Obr. 22) ukazuje, že nejvíce postižené jsou stromy dosahující výšky do 7 m a naopak stromy s nejvyšší dosaženou výškou prokazují menší poškození. Průměrná tloušťka stromů v porostu (210 mm) byla pro tyto účely stanovena pomocí aritmetického průměru.

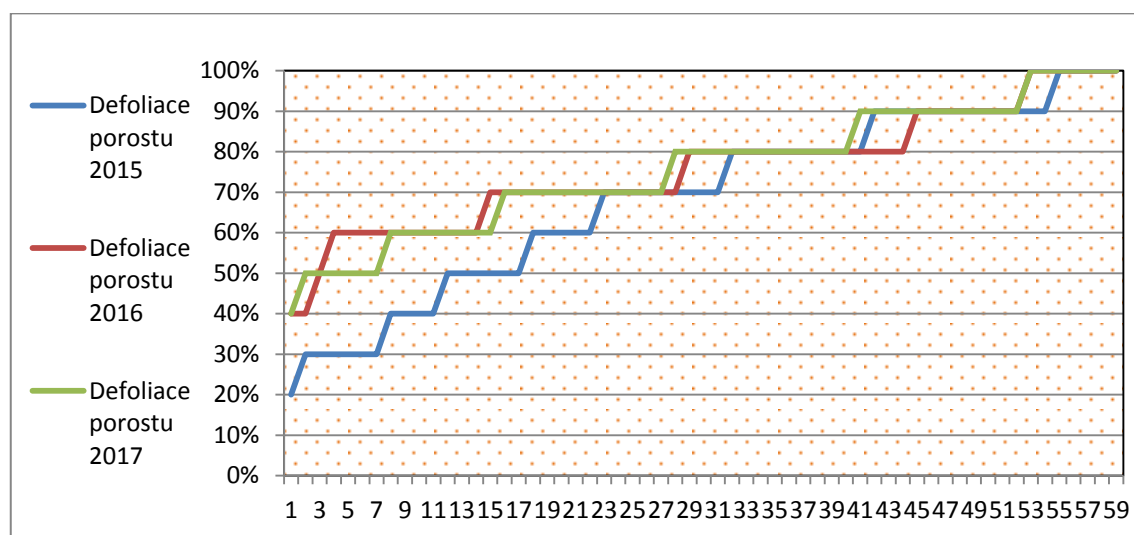


Obr. 22 Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace

Plodnice brvenky modřínové byly identifikovány u více jak 50 % monitorovaných stromů s různými hodnotami defoliace. *Syrrocium václavky* smrkové bylo zjištěno u 27 stromů. Výskyt plodnic václavky byl nulový. Vlastní výsledky zjištěných houbových patogenů v porovnání s výškou defoliace stromů uvádí příloha 2 (Obr. 23).

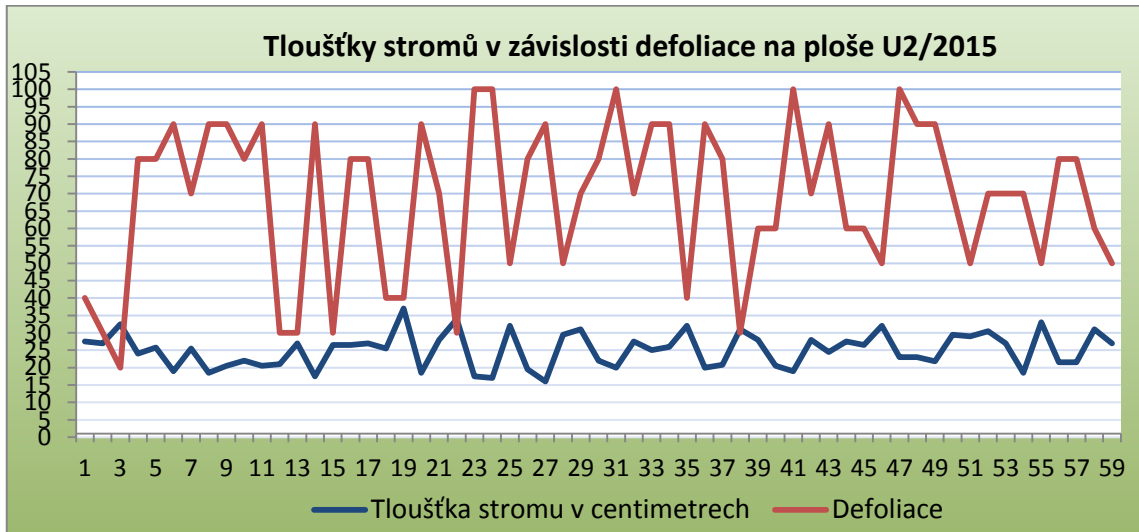
Ostatní biotičtí činitelé se vyskytovali pouze sporadicky, jednalo se především o hmyzího škůdce pouzdronníčka modřínového.

Plocha č. 2 (U2): Na ploše převažují opět silně poškozené stromy. V roce 2015 u pěti šestin sledovaných stromů defoliace koruny neklesla pod 40 % a u zbylé šestiny neklesla defoliace (až na jeden strom) pod 30 %. Ve většině případů v porovnání s předchozími roky 2016 a 2017 se výše defoliace postupně zhoršovala jak uvádí příloha 2 (Obr. 24). Deformace kmenů nebyly tak výrazné, ale stromy byly místy opět hustě porostlé lišejníky. V porostu byly zaznamenány 2 rozdvojené stromy a dva stromy se zlomenou vrchní částí koruny. Rakovinové nádory projevující se na kmenech modřínu nebyly na ploše zaznamenány. Ke konci sledovaného období roku 2017 bylo evidováno 7 stromů vykazující 100% defoliaci oproti původním 5 stromům v roce 2015. Stromy na ploše U2 (Obr. 25) vykazují v roce 2017 menší nárůst defoliace v porovnání s předchozími lety. V ojedinělých případech je patrné snížení defoliace do 10%.



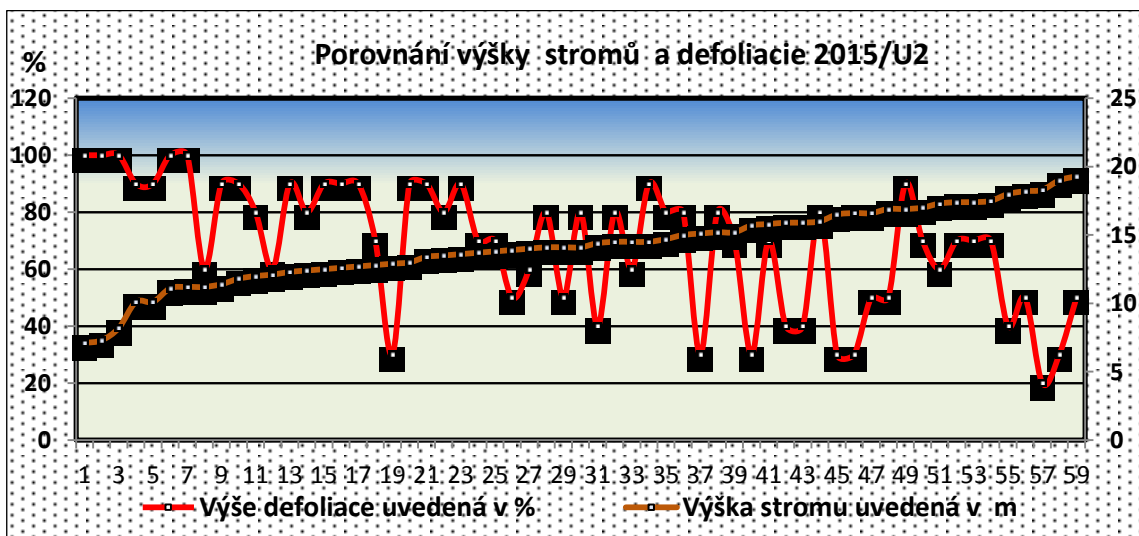
Obr. 25 Průběh defoliace

Tloušťková struktura jednotlivých stromů nebyla tak diferencovaná. Trend vyšší výčetní tloušťky a naproti tomu nižší procentuální hodnotu defoliace byl zachován. (Obr. 26). Hodnoty tlouštěk jednotlivých stromů se pohybovaly se v rozmezí 16 cm až 40 cm. Příloha 2 (Obr. 27). Průměrná výčetní tloušťka všech zaujatých stromů byla 250 mm.



Obr. 26 Závislost tloušťky stromů k výši defoliace

Závislost posloupné výšky jednotlivých stromů a defoliace (Obr. 28) ukazuje, že stromy dosahující 100% defoliaci patří mezi stromy s nejnižší dosaženou výškou na sledované ploše. Jedná se o stromy dosahující výšky do 11.2 m, stromy s nejvyšší dosaženou výškou vykazují nižší poškození. Závislost výšky stromu a defoliace stanovená pro jednotlivé stromy a roky je uvedena v příloze 2 (Obr. 29, 30, 31, 32 a 33).



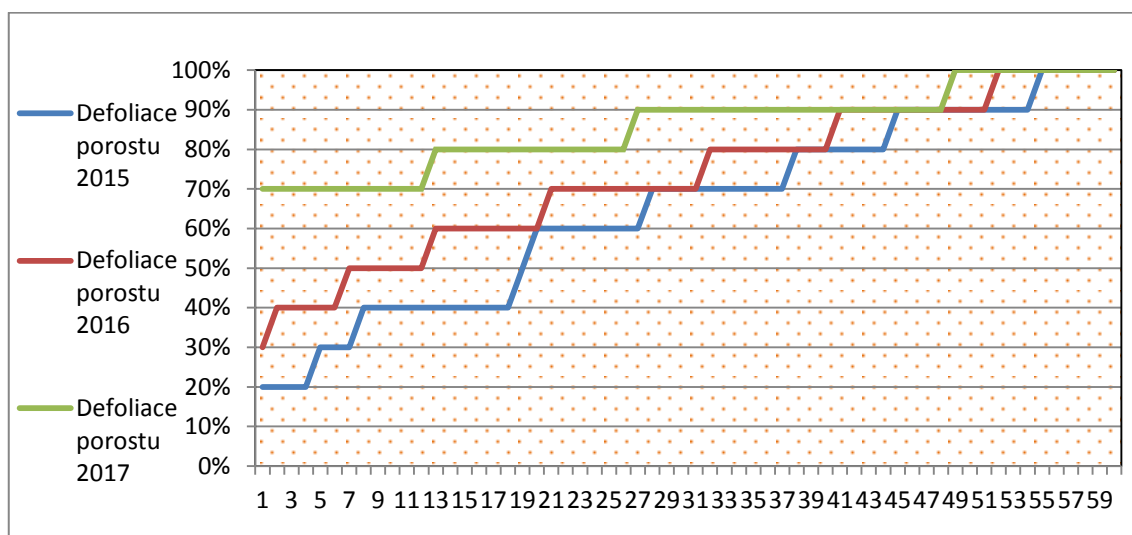
Obr. 28 Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace

Plodnice brvenky modřínové byly identifikovány u 25 z 59 monitorovaných stromů s různými hodnotami defoliace.

Značný výskyt syrocia václavky smrkové byl zjištěn celkem u 38 stromů, plodnice václavky zaznamenány nebyly. Výsledky zjištěných houbových patogenů v porovnání s výškou defoliace stromů jsou uvedeny v příloze 2 (Obr. 34).

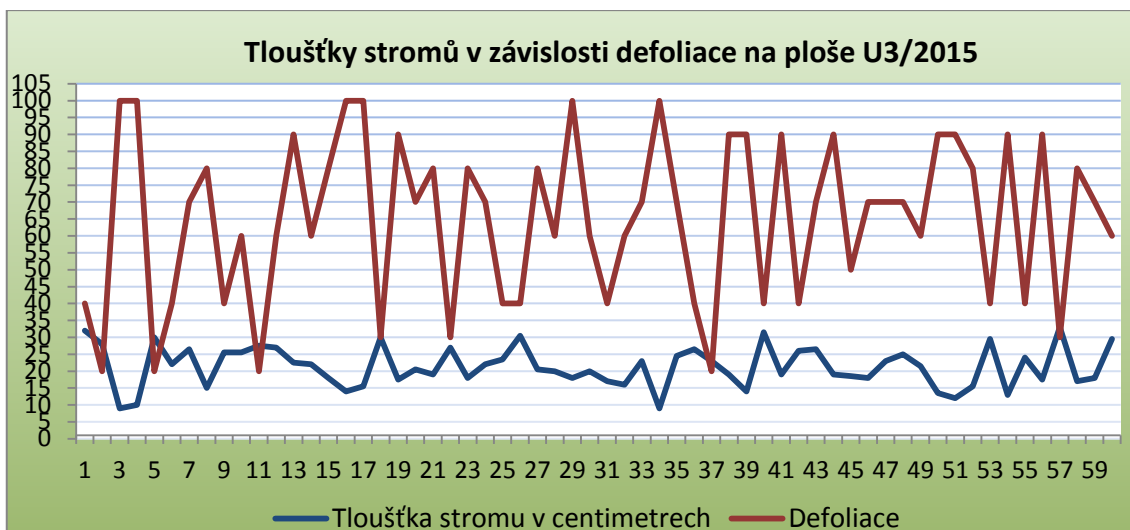
Plocha č. 3 (U3): V roce 2015 na sledované ploše převažovaly modřiny s defoliací vyšší jak 60 %. V následujícím období 2015 – 2017 byl registrován nárůst defoliace (Obr. 35) příloha 2, kdy hodnoty defoliace neklesají pod 70 %.

Ke konci sledovaného období roku 2017 bylo zjištěno 12 stromů vykazující 100% defoliaci proti původním 6 stromům v roce 2015. Rakovinové nádory na kmenech modřínu nebyly zaznamenány. Projevy poškození byly u převážné části stromů a na rozdíl od roku 2015 se do roku 2017 výše defoliace zvýšila u více jak 90% sledovaných stromů. (Obr. 36). V porostu byly zaznamenány 2 rozdvojené stromy (dvojáky) a 3 popadané souše, stromy byly opět silně porostlé lišejníky.



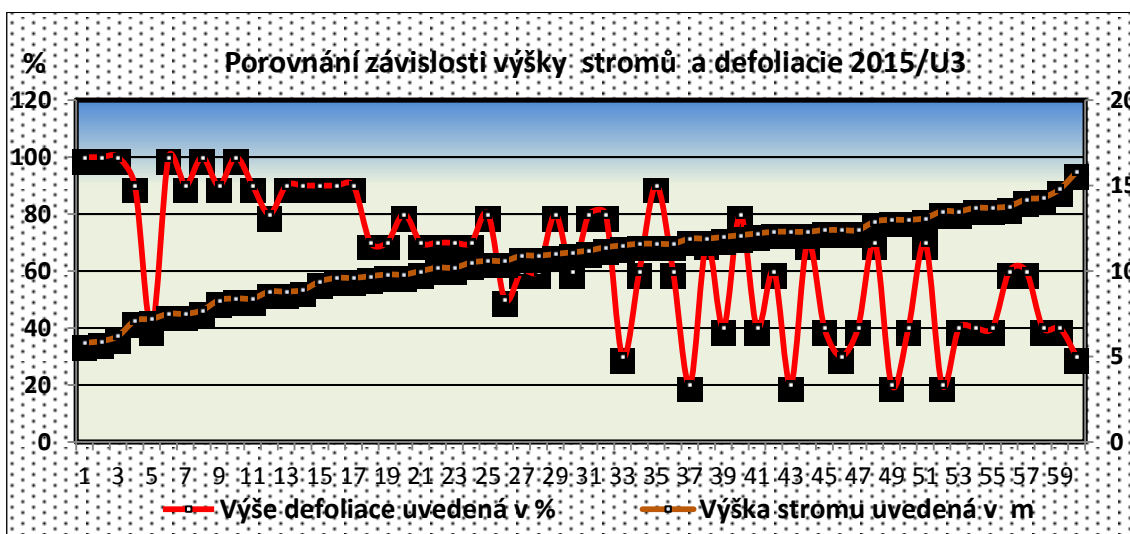
Obr. 36 Průběh defoliace

Tloušťky jednotlivých stromů byly rozdílné a pohybovaly se v rozmezí 9 cm až 33 cm. (Obr. 37) příloha 2. Průměrná tloušťka stromů stanovená z aritmetického průměru činila 210 mm. Dle obrázku (Obr. 38) je s vyšší výčetní tloušťkou spojena nižší procentuální hodnotou defoliace.



Obr. 38 Závislost tloušťky stromů k výši defoliace

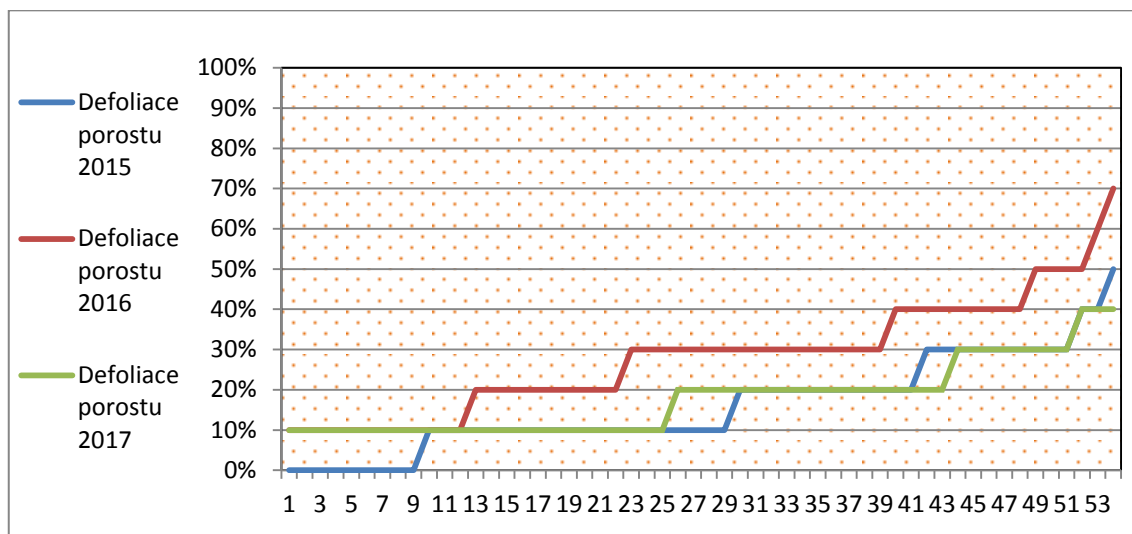
Hodnoty defoliace v závislosti s výškou stromu pro jednotlivé roky jsou uvedeny v příloze 2 (Obr. 39,40,41,42 a 43). Závislost zobrazená dle posoupné výšky jednotlivých stromů a defoliace (Obr. 44) ukazuje, že nejvíce postižené jsou stromy dosahující výšky do 8.4 m. U stromů dosahujících vyšších výšek, hodnota defoliace mírně klesá.



Obr. 44 Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace

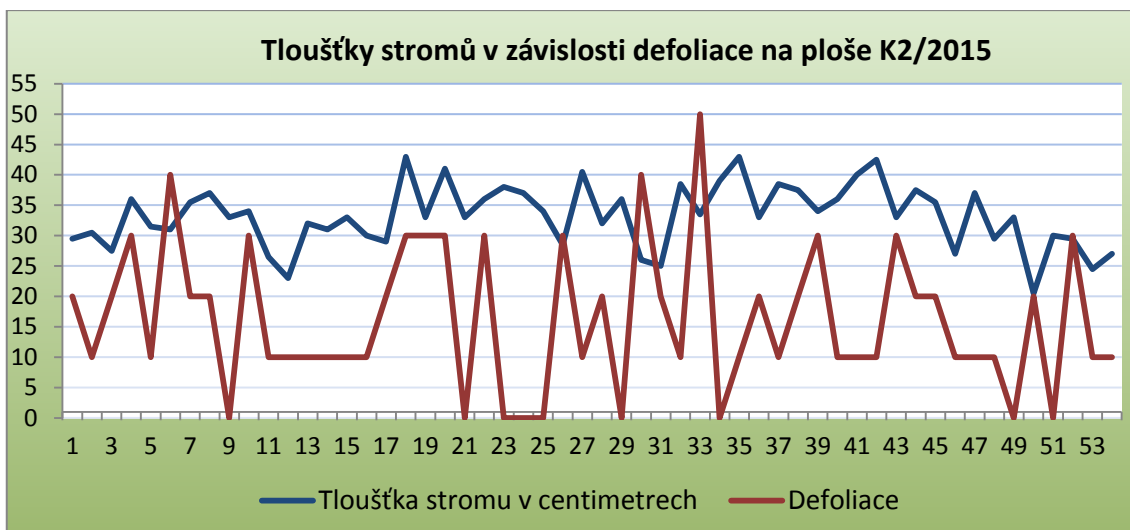
Plodnice brvenky modřínové byly identifikovány u 40 z 60 monitorovaných stromů, které vykazovaly různou hodnotu defoliace. Výskyt syrocia václavky smrkové byl u 28 stromů, plodnice václavky zaznamenány nebyly. Vlastní výsledky zjištěných houbových patogenů v porovnání s výškou defoliace stromů uvádí příloha 2 (Obr. 45).

Plocha č. 4 (K2): Plocha vykazovala nejnižší hodnoty defoliace. (Obr. č 46) příloha 2. Na ploše nebyl zaznamenán strom s dosahující 100 % defoliací. V roce 2015 byl stav defoliace u více jak 95 % stromů nižší než 40 % (Obr. č 47) V roce 2016 došlo k nárůstu defoliace u 80 % jedinců a naproti tomu v roce 2017 se hodnoty dostaly přibližně na úroveň roku 2015. Na ploše bylo zaznamenáno 10 rozdvojených stromů v různé výšce nad zemí, u 3 stromů byl značně deformován kmen. Rakovinové nádory projevující se na kmenech modřinu nebyly na ploše zaznamenány.



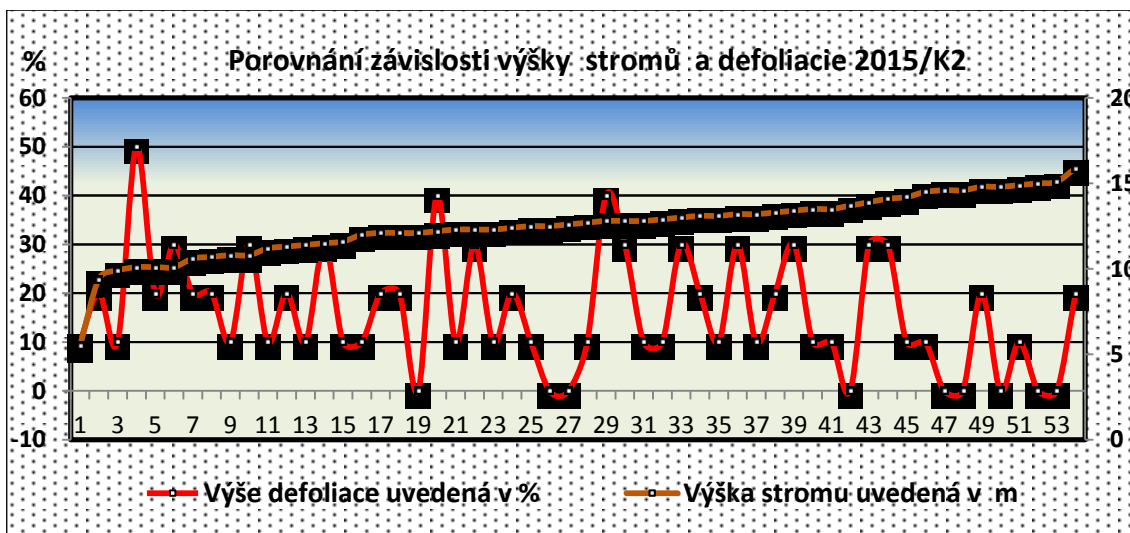
Obr. 47 Průběh defoliace

Tloušťková dimenze jednotlivých stromů na této ploše dosahovala nejvyšší hodnoty ze všech ploch a pohybovala se v rozmezí 20,5 cm až 43 cm. (Obr. č 48) příloha 2. Průměrná tloušťka stromů stanovená pomocí aritmetického průměru činila 33,1 mm. Dle obrázku (Obr. 49) je s vyšší výčetní tloušťkou spojena nižší procentuální hodnota defoliace.



Obr. 49 Závislost tloušťky stromů k výši defoliace

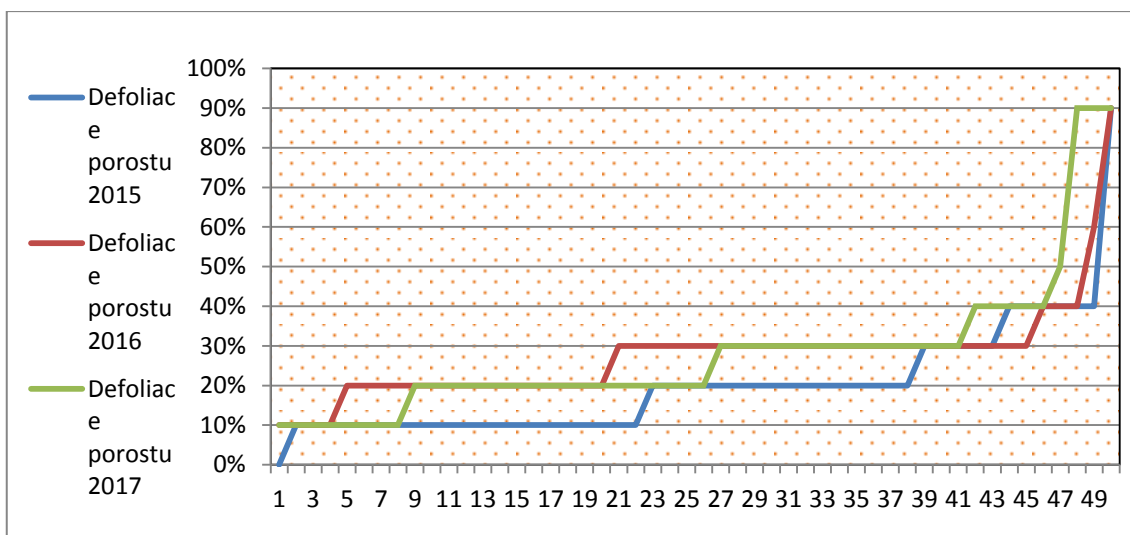
Závislost defoliace s výškou stromu pro jednotlivé roky je uvedena v příloze 2 (Obr. 50,51,52,53 a 54). Závislost zobrazená dle posloupné výšky jednotlivých stromů a defoliace (Obr. 55) ukazuje rozmezí defoliace převážně v intervalu 10 % až 30 %. U stromů s nejvyšší výškou hodnota defoliace nepřekročila 20 %.



Obr. 55 Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace

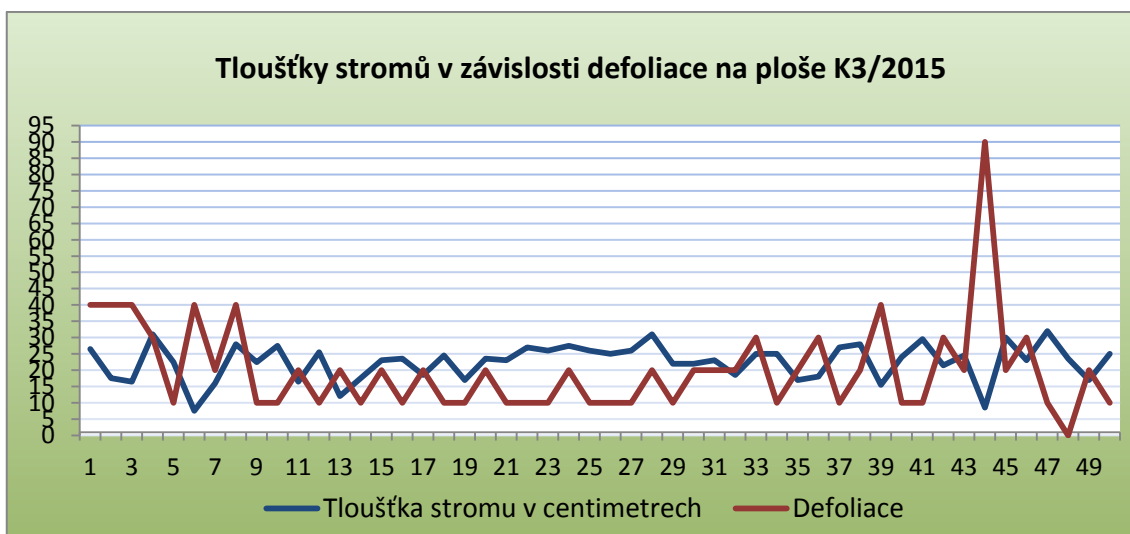
Plodnice brvenky modřínové byly identifikovány u 20 z 54 monitorovaných stromů. Silný nárůst syrocia václavky smrkové byl zjištěn u 39 stromů, plodnice václavky zaznamenány nebyly. Vlastní výsledky zjištěných houbových patogenů v porovnání s výškou defoliace uvádí příloha 2 (Obr. 56).

Plocha č. 5 (K3): Přibližně u 80 % sledovaných stromů na této ploše v roce 2015 hodnota defoliace nepřekročila 30 % příloha 2 (Obr. 57). V průběhu následujícího období se stav porostu výrazně nezhoršil (Obr. 58). Kmeny stromů byly poškozeny působením abiotických faktorů, zejména větrem. Rakovinové nádory projevující se na kmenech modřinu nebyly na ploše zaznamenány. Byl zaznamenán výskyt 4 dvojáků a 2 korunových zlomů.



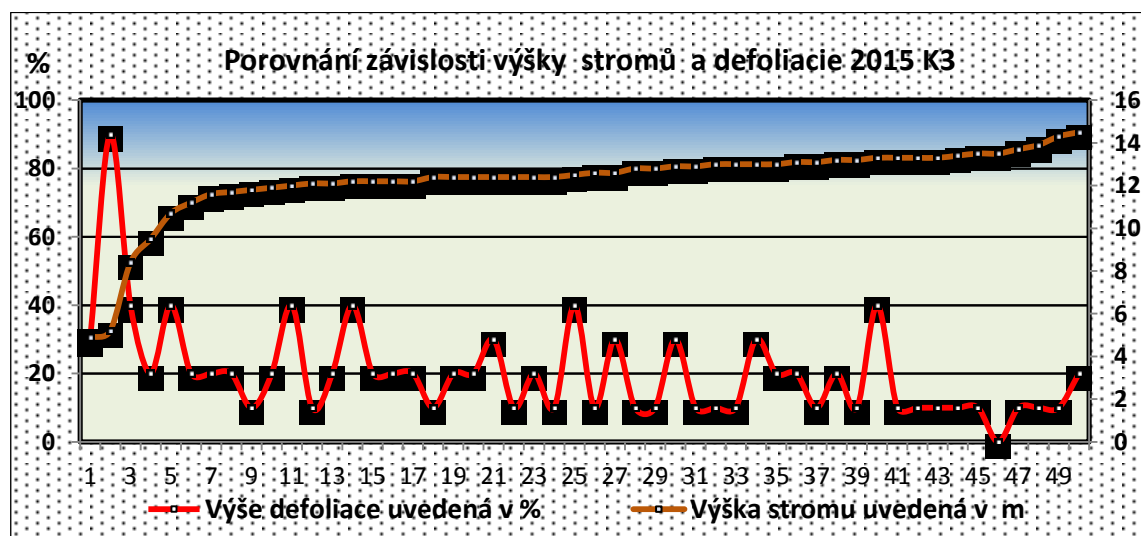
Obr. 58 Průběh defoliace

Tloušťková dimenze jednotlivých stromů na této ploše dosahovala průměrné hodnoty ze všech ploch. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 7,5 cm až 32 cm příloha 2 (Obr. 59). Průměrná tloušťka stromů stanovená pomocí aritmetického průměru činila 22,5 mm. Dále platí, že s vyšší výčetní tloušťkou je spojena nižší procentuální hodnotou defoliace. (Obr. 60)



Obr. 60 Závislost tloušťky stromů k výši defoliace

Defoliace v závislosti s výškou stromu pro jednotlivé roky je uvedeny v (Obr. 61,62,63,64 a 65 příloha 2). Závislost zobrazená dle posloupné výšky jednotlivých stromů a defoliace (Obr. 66) ukazuje rozmezí defoliace převážně v intervalu 10 % až 40 %. U stromů s naměřenou největší výškou se hodnota defoliace pohybovala okolo 10 %.



Obr. 66 Průběh závislosti výšky stromů k výši defoliace

Plodnice brvenky modřínové byly identifikovány u 28 z 50 monitorovaných stromů s různými hodnotami defoliace. Silný výskyt syrrocia václavky smrkové byl zaznamenán u 43 stromů, plodnice václavky zjištěny nebyly. Vlastní výsledky zjištěných houbových patogenů v porovnání s výškou defoliace stromů jsou uvedeny v příloze 2 (Obr. 67).

6 Diskuze

Symptomy chřadnutí porostů modřínu prokazují, že vybraní jedinci nebo skupiny porostů procházejí obdobím, které bylo poznamenáno opakující se stresovou zátěží. Tato stresová zátěž je v posledních letech s velkou pravděpodobností důsledkem klimatických změn umocněná založením nevhodných monokultur modřínových porostů v oblasti Krušných hor na stanovištích v minulosti silně imisně poškozených.

Pomineme-li vliv antropogenní činnosti na sledovanou oblast, lze usoudit, že hlavním původcem chřadnutí modřínů jsou různé kombinace vnitřních a vnějších stresorů. Vnitřní stresory jak uvádí ŠPINLEROVÁ (2014) rozhodují o odolnosti dřeviny vůči vnějším vlivům. Například druh taxonu ve vztahu k nárokům na sucho, světlo, teplo, množství živin, vegetační aktivitu atd. Vnější stresory mohou být abiotického anebo biotického původu. Pokud připustíme, že klimatické podmínky v zájmové oblasti neodpovídají nárokům modřínů na vodní režim, světlo, množství živin, délku vegetačního období, kombinují se nám výše uvedené stresory.

MRKVA (2000) uvádí, že nedostatek vody může být určující primární faktor chřadnutí dřevin. S tím nelze jinak, než souhlasit, ovšem jak sám autor uvádí, je potřeba stanovit jak velký musí být vodní deficit a po jaké časové období, abychom tento deficit mohli spojit s primárním chřadnutím dřevin.

Z uvedeného vyplývá, že dlouhodobě stresované dřeviny postupně ztrácejí vitalitu a přirozenou rezistenci, čímž přicházejí o schopnost odolávat působení různých stresorů.

Vzhledem ke stavu sledovaných porostů je zřejmé, že vyvolaný stresor překročil hodnoty, které jsou stromy schopny akceptovat. (MRKVA 2014)

Přestože modřín snáší nepříznivé klimatické podmínky poměrně dobře, opakující se negativní korelace mezi určitým druhem atmosférického jevu provázaného s teplotou a ročním obdobím, se stává tato spoluúčast hlavním stresorem. Průběh takového stresu lze demonstrovat na upravené Manionově spirále autory MRKVA a ČERMÁK (2004).

Jako jeden z dalších příkladů lze uvést pozdní mrazy v jarních měsících. Poškozují rašící pupeny a lze jen spekulovat, do jaké míry se mohou stát takto poraněné části dřevin hostitelským prostředím pro houbové patogeny.

Dalším aspektem poškození u sledovaných porostů modřínů je námraza a vítr. Kombinace těchto dvou abiotických činitelů způsobuje drobná narušení kůry větví

viditelnými až mikroskopickými trhlinami. Tato poranění se následně stávají vstupní branou houbových patogenů, v našem případě brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*). Tento saprofyt, původce rakoviny modřínu, napadá takto poraněné stromy a přechází v parazitismus (PEŠKOVÁ, ČÍŽKOVÁ 2015). Podle uvedeného výkladu lze spekulovat, že odolnost modřínu proti mrazu souvisí s výskytem brvenky modřínové (*Lachnellula willkommii*).

7 Závěr a doporučení

Během výzkumu v letech 2015 až 2017 byly na vybraných lokalitách východní části Krušných hor patrné projevy chřadnutí modřínových porostů. Tyto projevy chřadnutí s různou měrou defoliace byly zaznamenány u téměř všech stromů na založených výzkumných plochách. Do konce vegetačního období 2017 se symptomy chřadnutí projevíly s různou intenzitou u všech sledovaných stromů. Stromy na výzkumných plochách založené v roce 2015 v údolních lokalitách prokazovaly značně vyšší poškození než stromy založené na náhorních plošinách. Tento trend se projevoval i v následujících letech 2016 a 2017. Plochy v údolních lokalitách nevykazovali známky nedostatku vodního režimu, ale je nutné podotknout, že vlhkostní poměry nebyli součástí tohoto výzkumu. Na všech plochách bylo, u značné části stromů, zaznamenáno napadení brvenkou modřínovou (*Lachnellula willkommii*). Výskyt patogenu byl potvrzen jak u stojících souší, tak u živých nebo částečně odumřelých jedinců postižených různou výší defoliace. V rámci tohoto výzkumu bylo dále sledováno napadení jednotlivých stromů václavkou smrkovou (*Armillaria ostoyace*). I v tomto případě byl potvrzen výskyt houby u stromů s různou výší defoliace.

Z dosažených výsledků je patrné, že primární poškození modřínů nebylo způsobeno houbovými patogeny *Lachnellula willkommii* či *Armillaria* sp. Negativní vliv těchto patogenů na hostitelské dřeviny se nezpochybňuje, naopak toto sekundární poškození značnou měrou urychlí destrukci oslabené dřeviny. Na sledovaných plochách se nacházely stromy méně či více defoliované bez zjevného napadení uvedenými patogeny. Ani napadení hmyzími škůdci se nejevilo jako primární příčina odumírání stromů vzhledem k jejich minimálnímu výskytu na sledovaných porostech.

Hustota porostu se zdá být jako jeden z možných aspektů vlivu na zdravotní stav modřínů. Plochy s nižším zastoupením modřínu dosahovaly nižších hodnot defoliace proti plochám s vyšším zastoupením jedinců. V některých případech docházelo na těchto plochách i k snížení defoliace oproti předešlému roku. To by bylo možné vysvětlit tím, že v následujícím vegetačním období došlo k revitalizaci dřevin a zlepšení jejich zdravotního stavu. S tím souvisí další faktor ovlivňující zdravotní stav sledovaného porostu a tím je jeho jednodruhová skladba.

Dalším faktorem, který může mít vliv na odumírání modřínů je stanoviště. Porosty byly na těchto stanovištích založené za účelem zalesnění dřevinou s poměrně velkým

předpokladem k odolnosti. Z dosavadního zjištění vyplývá, že modřínové porosty, založené jako porosty monokulturní v imisní oblasti na nepůvodních stanovištích, nejsou schopné adaptace a nemají na těchto stanovištích do budoucna téměř žádný potenciál.

Doporučení: V poškozených porostech provést výchovné zásahy zaměřené na stojící souše a stromy výrazně postižené defoliací. V následujících letech pravidelně monitorovat zdravotní stav modřínů. Současně na jednotlivých plochách mechanickými postupy eliminovat rozvoj buřeně a plochy postupně zalesňovat jinými dřevinami. Při zakládání nových porostů lze brát do úvahy vysazování modřínů, ale pouze jako přimíšenou dřevinu ověřené provenience. Otázkou zůstává, jestli v minulosti odolná dřevina je schopna se adaptovat na těchto stanovištích ovlivněných nově se formujícím klimatickým podmínkám.

8 Seznam použité literatury

ASS, Gregor. Die Europäische Lärche – Taxonomie, Verbreitung, Morphologie. *Beiträge zur Europäischen Lärche* [online]. 2012 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/w69_laerche_web.pdf>

BALABÁN, Karel. *Lesnický významné lišejníky, mechorosty, kaprad'orosty*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1960. 230 s., 8 barev. obr. příl. Lesnická knihovna. Malé lesnické atlasy; sv. 2.

BALCAR, Zdeněk; HAJDUOVÁ, Darina. *Nauka o lese*. 1. vyd. Praha: SZN, 1979. 219 s. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.

KREHAN, Hannes; CECH, Thomas L. Lärchenschäden in der Obersteiermark- Ein Fallbeispiel für komplexe Einwirkungen von Schadursachen. *Forstschutz Aktuell*. [online] No. 32. s. 4-8. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: https://bfw.ac.at/400/pdf/fsaktuell_32_2.pdf

ČERMÁK, Petr a kol. *Ochrana dřevin: obecná ochrana, abiotické a antropogenní stresory*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 2014. 316 s.

ČERNÝ, Alois. *Lesnická fytopatologie*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1976. 347 s. Lesnická knihovna. Velká řada; Sv. 54. Lesnická knihovna. Lesnická věda a výzkum. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.

ENGESSER, Roland et al. Forstliche Schadorganismen im Zeichen des Klimawandels. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. October 2008, vol. 159, no. 10, 344-351. Dostupné z WWW (DOI): <<http://www.atypon-link.com/sfs/doi/pdf/10.3.188/szf.2008.0344?cookieSet=1>>

GREGOROVÁ, Božena. *Poškození dřevin a jeho příčiny*. Praha: [Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky : Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví], 2006. 361, [132] s. ISBN 80-86064-97-2.

HABĚTÍN, Vladimír; KOČÁREK, Eduard; TRDLIČKA, Zdeněk. *Geologické vědy: přehled mineralogie, petrografie a geologie*. Vyd. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1973. 397 s. Knižnice všeobecného vzdělání - KOSTKA.

HOLEC, Jan; BIELICH, Antonín; BERAN, Miroslav. *Přehled hub střední Evropy*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2012. 622 s. ISBN 978-80-200-2077-2.

KAPITOLA, Petr. Korovnice rodu *Adelges* a *Sacchiphantes* na modřínu. *Lesnická práce* [online]. 2006, vol. 85, no. 6 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: <http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2006/2006_korovnice.pdf>.

KNÍŽEK Miloš., LIŠKA Jan, MODLINGER, Roman (eds.). 2017: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2016 a jejich očekávaný stav v roce 2017. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2017, 68 s. *Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2017*. ISBN: 978-80-7417-142-0. Dostupné také z: <http://www.vulhm.cz/sites/File/vydavatelaska_cinnost/zpravodaj_ochrany_lesa_suppl/ZOL_suppl_2017.pdf>

KNÍŽEK, Miloš, ed. *Škodliví činitelé v lesích Česka 2010/2011: sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí, Průhonice, 12.4. 2011*. Jiloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2011. 78 s. ISBN 978-80-86461-12-0.

KUNCA, Andrej, ed. *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2015 zborník referátov z 24. ročníka medzinárodnej konferencie, ktorá sa konala 29. a 30. januára 2015 v Novom Smokovci*. Vyd. 1. Vo Zvolene: Národné lesnícke centrum, 2015. 142 s. ISBN 978-80-8093-198-8.

KUNCA, Andrej; DUBEC, Marcel; GALKO, Juraj; GUBKA, Andrej; KONÔPKA, Bohdan; LEONTOVYČ, Roman; LONGAUEROVÁ, Valéria; MALOVÁ, Miriam,; NIKOLOV, Christo; RELL, Slavomír; VAKULA, Jozef; ZÚBRIK, Milan. 2018: Problémy ochrany lesa v roku 2017 a prognóza na rok 2018. In: Kunca, A. (Ed.), *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2018. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie konanej 1.-2.2.2018 v Kongresovom centre Kúpeľov Nový Smokovec, a.s.*, Národné lesnícke centrum, Zvolen , s. 17-21.

LANDA, Arnošt; PROCHÁZKA, Stanislav. 1960: *Pěstování lesů*. 1. vyd. Praha: SZN. 406, [9] s. Lesnická knihovna. Velká řada; Sv. 32.

LESY ČESKÉ REPUBLIKY. LHC Litvínov : Revír Klíny. Mapa hospodářských opatření 1/1 1:10 000. EKOLES-PROJEKT. 1 mapa.

LESY ČESKÉ REPUBLIKY. LHC Litvínov : Revír Český Jiřetín. Porostní mapa 1/1 1:10 000. EKOLES-PROJEKT. 1 mapa.

LIŠKA, Jan. 2003: Pouzdroníček modřínový *Coleophora laricella*. *Lesnická práce* [online]. Vol. 82, no. 11 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: < http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2003/2003_pouzdrovniccek.pdf>.

LUBOJACKÝ, Jan; LIŠKA, Jan; KNÍŽEK, Miloš; MODLINGER, Roman. 2017: *Živočišní škůdci v lesích Česka v roce 2016*. In KNÍŽEK Miloš (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2016/2017 – Praktická ochrana lesa v současných podmínkách*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2017. Zpravodaj ochrany lesa. Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, p. 16-21. ISBN 978-80-7417-136-9. [cit. 2018-04-05] Dostupné také z: http://www.vulhm.cz/sites/File/vydavatelska_cinnost/zpravodaj_ochrany_lesa/ZOL_20-2017.pdf.pdf

LUBOJACKÝ, Jan; LIŠKA, Jan; KNÍŽEK, Miloš. In KNÍŽEK Miloš (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2015/2016 – Vliv sucha na stav lesních porostů*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 14. 4. 2016. Zpravodaj ochrany lesa. Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2016, p. 60-62. ISBN 978-80-7417-107-9.

LUBOJACKÝ, Jan. 2011: Tesařici rodu *Thetropium* na smrku. *Lesnická práce* [online]. Vol. 90, no. 8 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: < http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2011/2011_tesarici.pdf>.

MRKVA, Radomír. Chřadnutí dřevin jako významný a očekávaný problém ochrany lesa. *Lesnická práce* [online]. 2000, vol. 79, no. 6 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-79-2000/lesnicka-prace-c-6-00/chradnuti-drevin-jako-vyznamny-a-ocekavany-problem-ochrany-lesa>>

NĚMEČEK, Jan a kol. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. 79 s. ISBN 80-238-8061-6.

ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ. *Oblastní plán rozvoje lesů : Přírodní lesní oblast 01 Krušné hory*. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Plzeň. [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW:

http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO01-Krusne_hory.pdf

PEŠKOVÁ, Vítězslava; ČÍŽKOVÁ, Dana. *Lesnická fytopatologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015. 109 stran. ISBN 978-80-213-2603-3.

PEŠKOVÁ, Vítězslava; LUBOJACKÝ, Jan. Houbové patogeny jsou pro stromy stejně nebezpečné jako ostatní škůdci. *Les aktuálně* [online]. 2015. 2015-10-23 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: < <http://www.lesaktualne.cz/vyzkum/houbove-patogeny-jsou-pro-stromy-stejne-nebezpecne-jako-ostatni-skudci> >

PEŠKOVÁ, Vítězslava; SOUKUP, František; LUBOJACKÝ, Jan. Největší fytopatologické problémy posledních 20 let. In KNÍŽEK Miloš (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2014/2015. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 23. 4. 2015. Zpravodaj ochrany lesa. Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2015, p. 59-65. ISBN 978-80-7417-091-1.*

PEŠKOVÁ, Vítězslava; MODLINGER, Roman. K poškození modřinů v Krušných horách v roce 2014. *Lesnická práce* [online]. 2014, vol. 93, no. 12 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: < http://www.silvarium.cz/sklad/lp_1412.pdf >.

PETERCORD, Ralf; STRAßER, Ludwig. Der Lärchenkrebs – die schwerwiegendste Erkrankung der Lärche. *LWF Wissen – Beiträge zur Europäischen Lärche* [online]. No. 69. 56-59 [cit. 2018-04-05]. ISSN 0943-8191. Dostupné z:

< https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/lwf_wissen/017005/index.php >

SCHRÖDER, Thomas; SCHUMACHER, Jörg; BRÄSICKE, Nadine. 2012: Schadorganismen an Europäischer Lärche. *AFZ-DerWald*, 10/2012, S. 22-26.

SLODIČÁK, Marian a kol. *Lesnické hospodaření v Krušných horách = Forestry management in the Krušné hory Mts*. Hradec Králové: Lesy České republiky, 2008. 480 s. Edice Grantové služby LČR; č. 3. ISBN 978-80-86945-04-0.

SOUKUP, František; PEŠKOVÁ, Vítězslava; LIŠKA, Jan; KAPITOLA, Petr. K odumírání mladých modřínů v roce 2001. *Lesnická práce* [online]. 2002, vol. 81, no. 4 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z WWW: < <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-81-2002/lesnicka-prace-c-4-02/k-odumirani-mladych-modrinu-v-roce-2001>>

STEJSKAL, Jan et al. *Lesnická geologie*. Praha: SZN, 1968. 370 s.

ŠPINLEROVÁ, Zuzana. *Ekofyziologie dřevin*. Brno, 2014. Dostupné z WWW: <https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Ekofyziologie_drevin.pdf>

ŠRÁMEK, Vít; NOVOTNÝ, Radek. 2017: *Povětrnostní podmínky, nahodilé těžby a abiotická poškození v roce 2016*. In KNÍŽEK Miloš (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2016/2017 – Praktická ochrana lesa v současných podmínkách*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2017. Zpravodaj ochrany lesa. Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, p. 11-15. ISBN 978-80-7417-136-9. [cit. 2018-04-05] Dostupné také z: http://www.vulhm.cz/sites/File/vydavatelska_cinnost/zpravodaj_ochrany_lesa/ZOL_20-2017.pdf.pdf

TOMICZEK, Christian, STEYRER, Gottfried. 2011: Aktuelle Forstschutzprobleme bei Lärche. *BFW – Praxisinformation* [online]. No. 25. 20-22 [cit. 2018-04-05]. ISSN 1815-3895. Dostupné z: http://www.bfw.ac.at/webshop/index.php?id_product=154&controller=product

VAKULA, Jozef; KUNCA, Andrej; GUBKA, Andrej; GALKO, Juraj; ZÚBRIK, Milan; RELL, Slavomír; LONGAUER, R. 2015: Hynutie smrekovcov na Slovensku v roku 2014. In: Kunca, A. (Ed.), *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2015*, Zborník referátov z 24. medzinárodnej konferencie konanej 29.-30.1.2015 v Kongresovom centre Kúpeľov Nový Smokovec, a.s., Národné lesnícke centrum, Zvolen, s. 56-59.

WAIŠOVÁ, Jaroslava, 2012. *Analýza škodlivých biotických a abiotických činitelů na jehličnaté a listnaté porosty LHC Škola Žlutice: = Analysis of injourius biotic and abiotic factors to coniferous and broadleaved stands at forest management unit of forestry Technical School Žlutice*. Praha, 2012. Vedoucí práce Marek Turčáni.

ZÚBRIK, Milan; KUNCA, Andrej; LEONTOVYČ, Roman; VARÍNSKY, Juraj. 2001: Kalamitné poškodenie smrekovca opadavého (*Larix decidua* Mill) na území Slovenska v roku 2001. Les. Vol. 57, no. 7-8, s. 31-34. Dostupné z [www: http://www.los.sk/data/DownloadHandler.ashx?id=566&filename=2001%20Z%C3%BAbrik%20a%20kol.,%20Hynutie%20smrekovcov.pdf](http://www.los.sk/data/DownloadHandler.ashx?id=566&filename=2001%20Z%C3%BAbrik%20a%20kol.,%20Hynutie%20smrekovcov.pdf)

ZÚBRIK, Milan; KUNCA, Andrej. 2011: Hmyz a huby našich lesov : Atlas škôd na drevinách spôsobených hmyzmi a hubovými škodlivými činiteľmi. Zvolen, Národné lesnícke centrum. 200 s. ISBN 978-80-8093-143-8. Dostupné také z: <http://www.nlcsk.sk/files/2340.pdf>

ZÚBRIK, Milan; KUNCA, Andrej. 2015: Atlas škodcov : Stromy a kry. Zvolen, Národné lesnícke centrum. [online] <http://www.skodcoviadrevin.sk/atlas>

PŘÍLOHA

Příloha 1

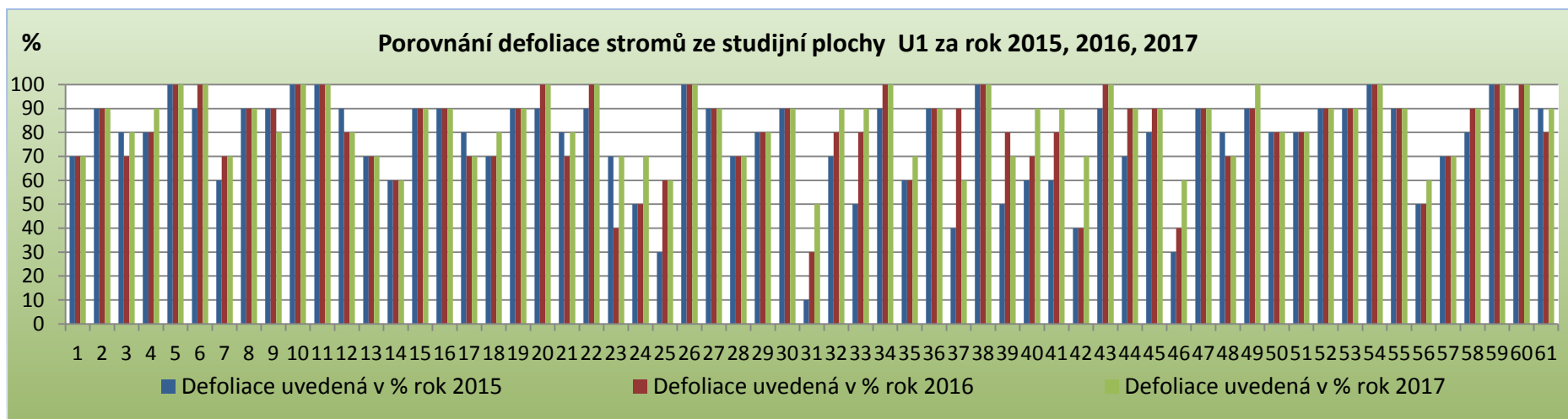


Obr. 12 Větve hustě porostlé lišejníky

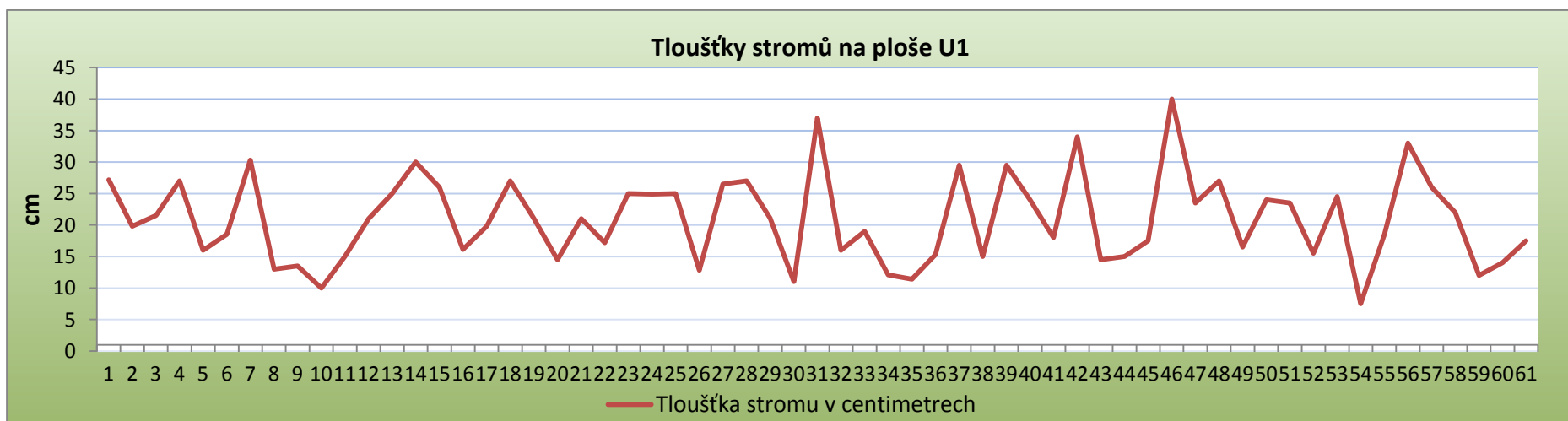


Obr. 13 Stromy hustě porostlé lišejníky

Příloha 2



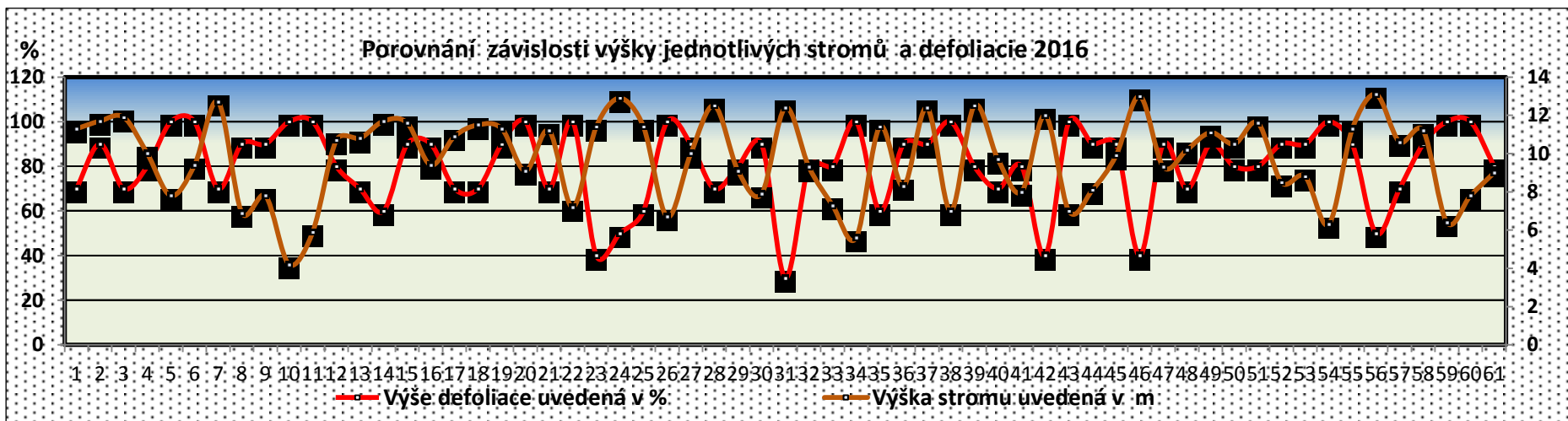
Obr. 11 Defoliace



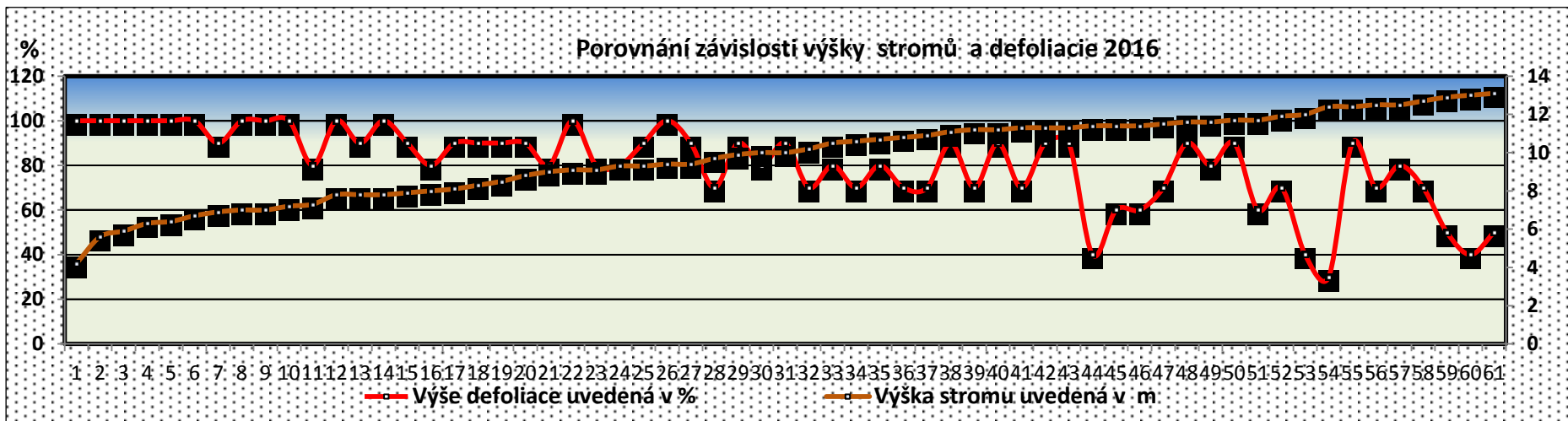
Obr. 15 Tloušťka



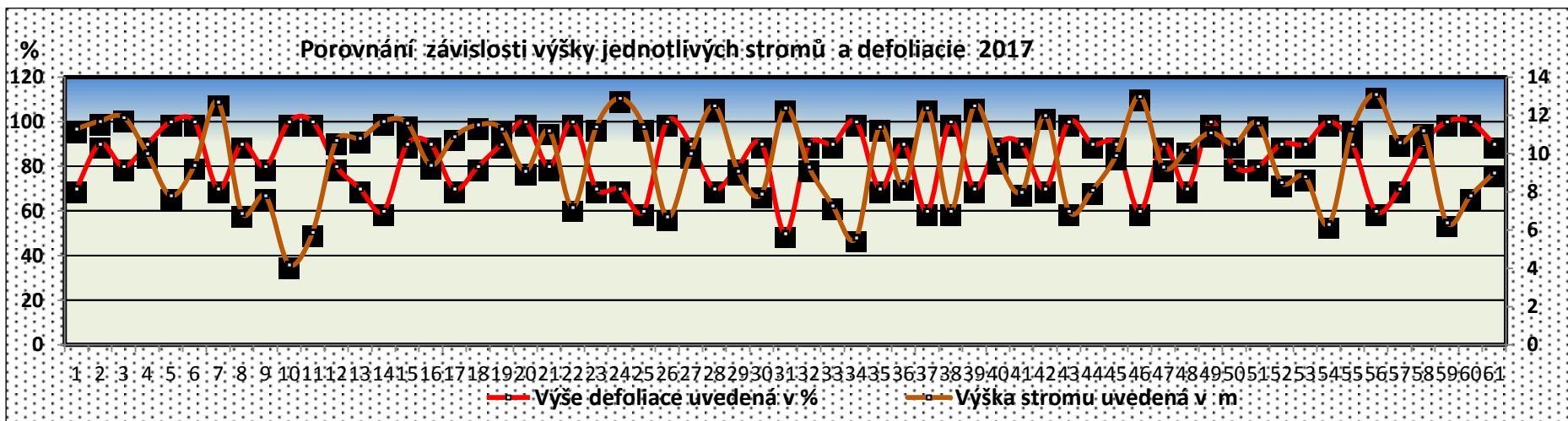
Obr. 17 Výšky



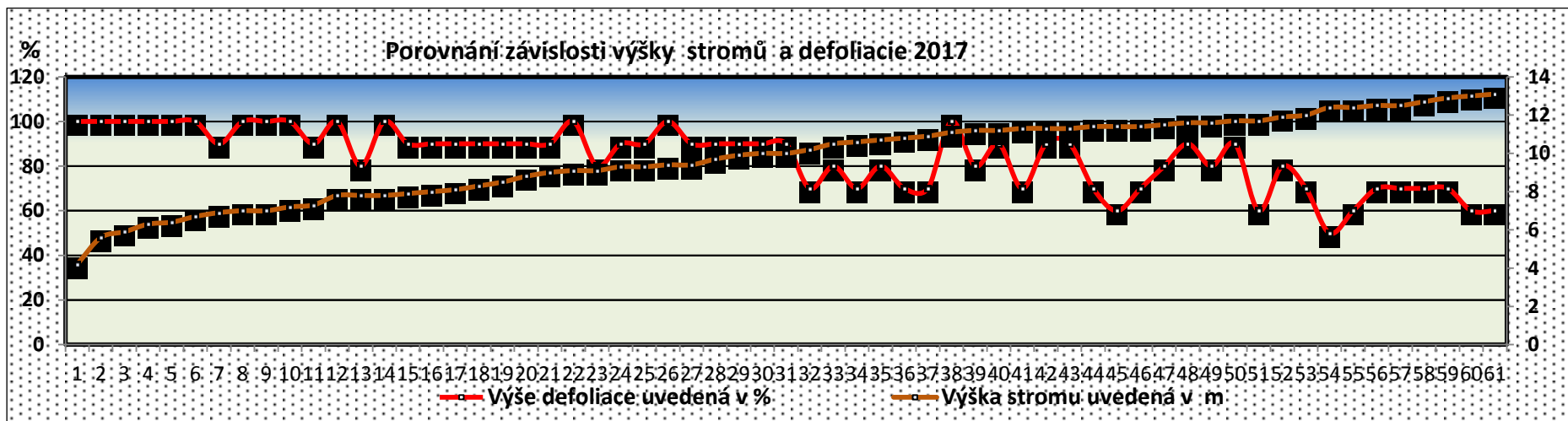
Obr. 18 Výšky



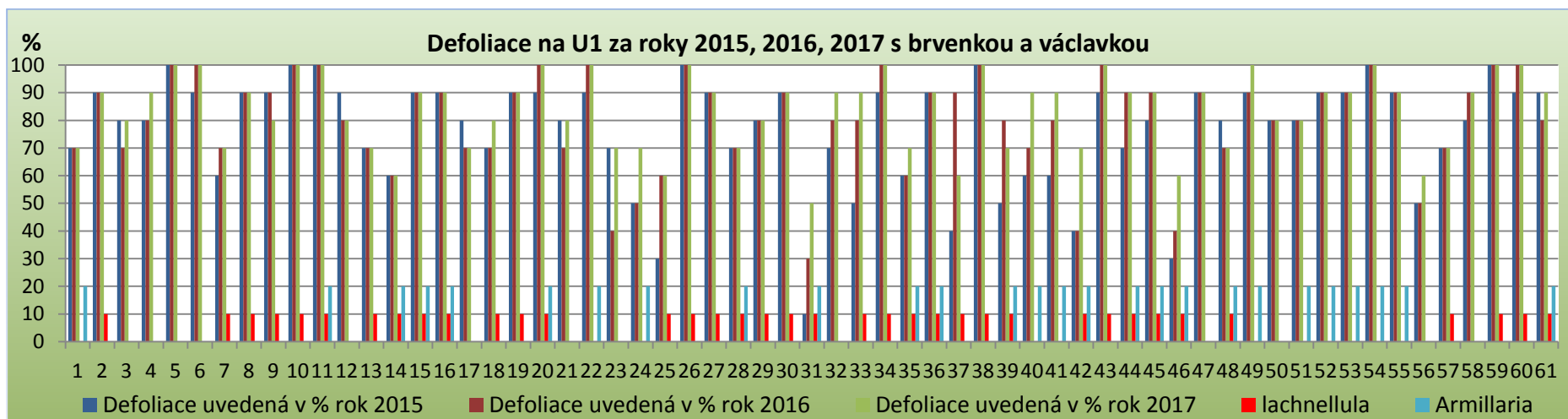
Obr. 19 Výšky



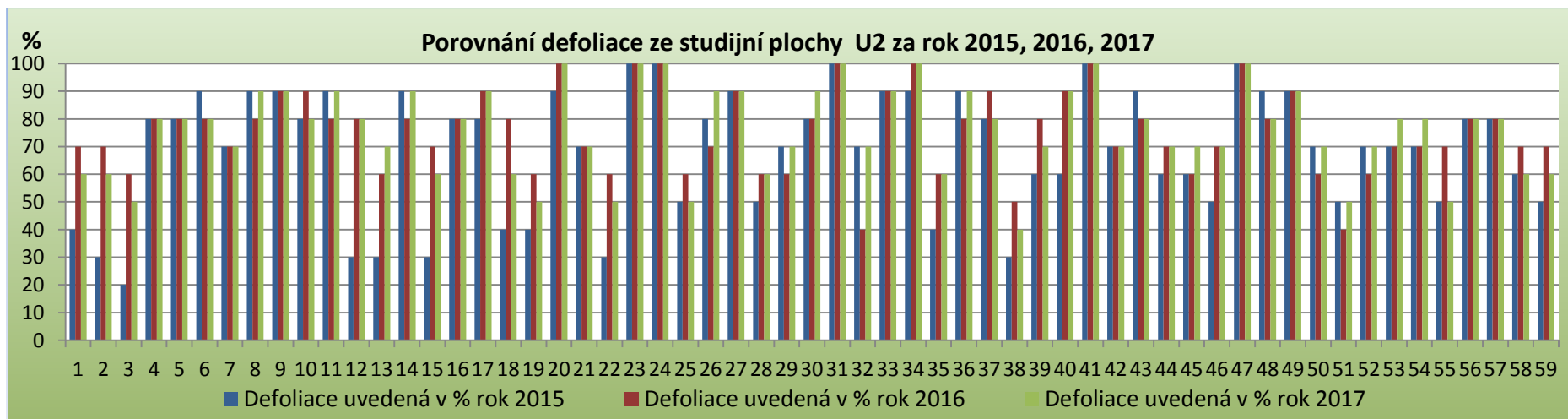
Obr. 20 Výšky



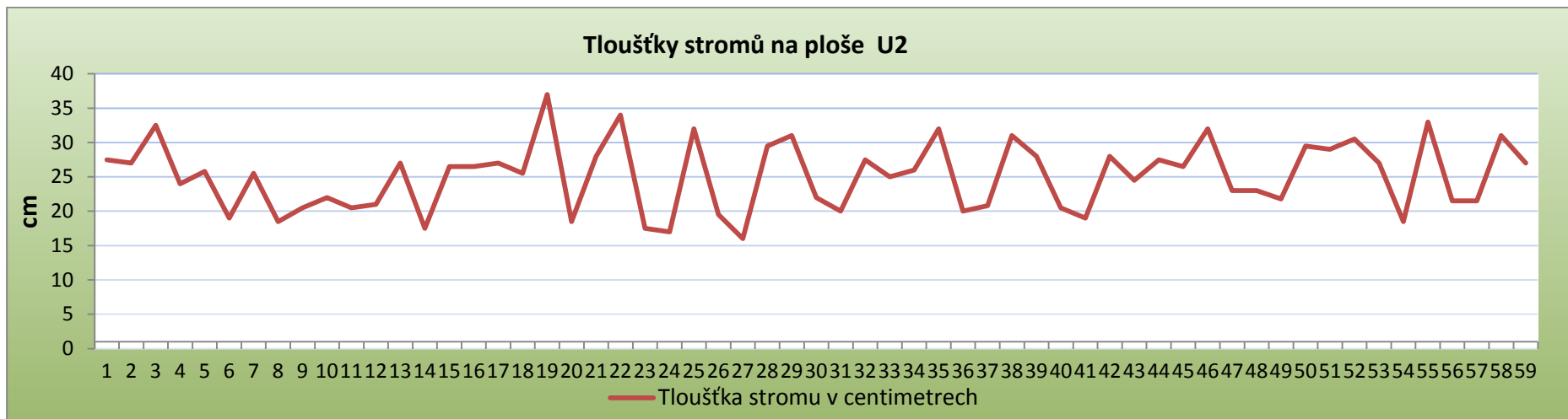
Obr. 21 Výšky



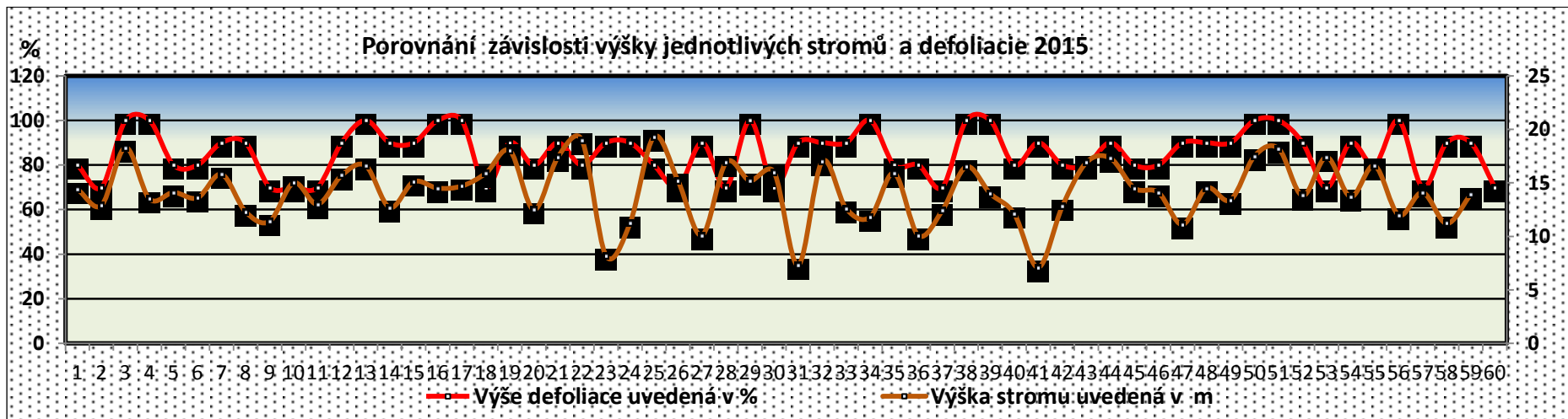
Obr. 23 Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria



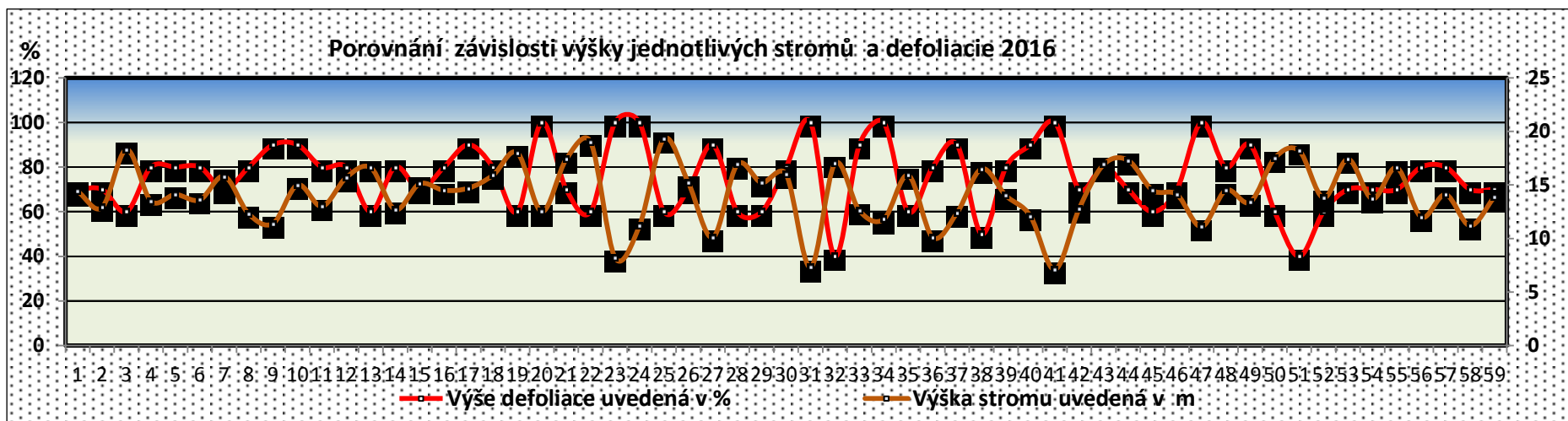
Obr. 24 Defoliace



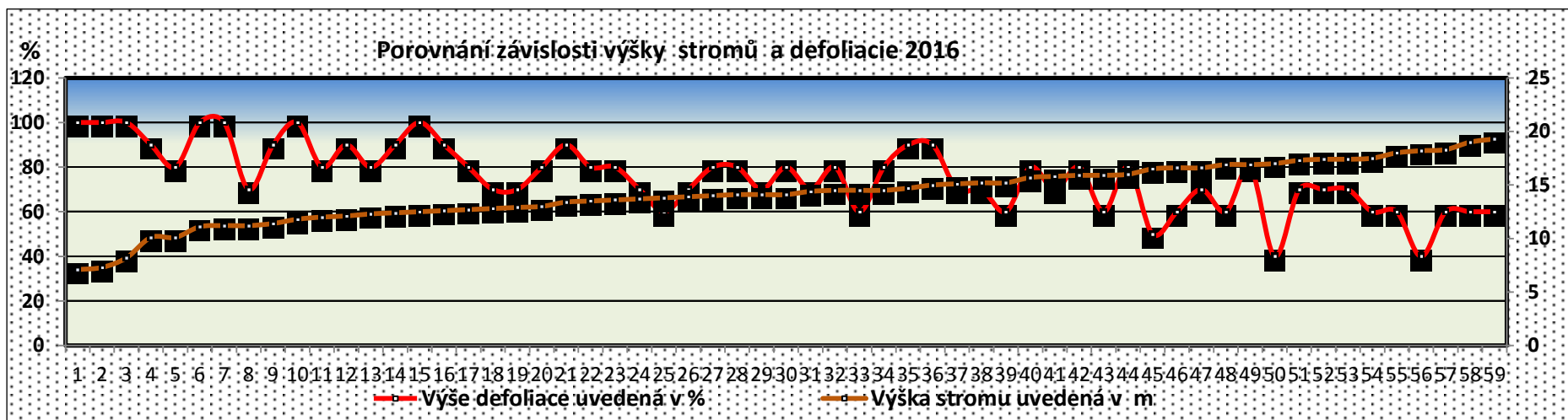
Obr. 27 Defoliace



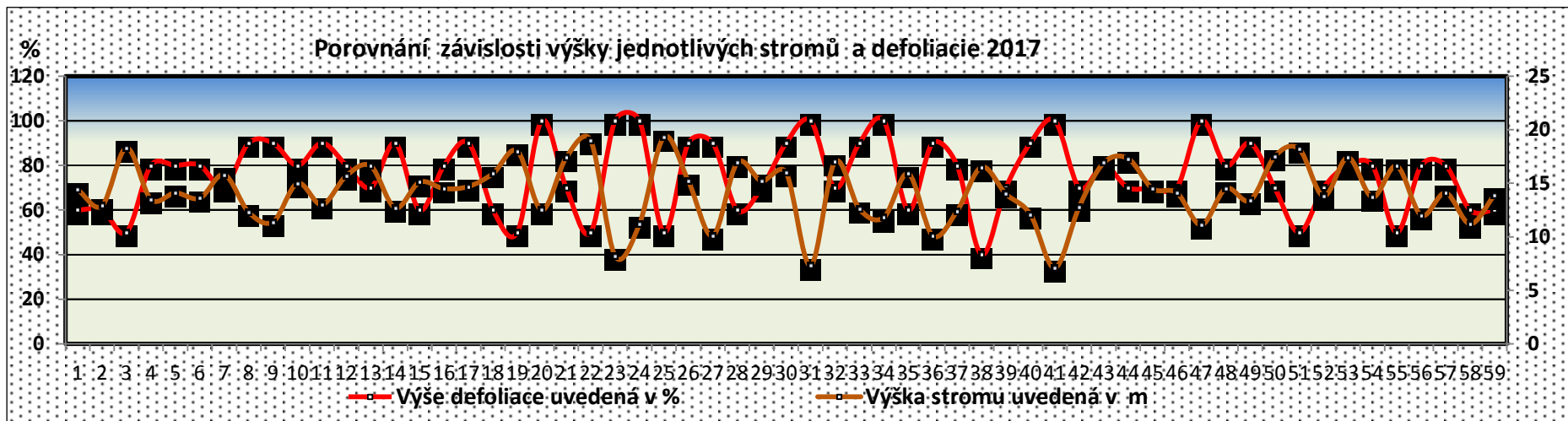
Obr. 29 Výšky



Obr. 30 Výšky



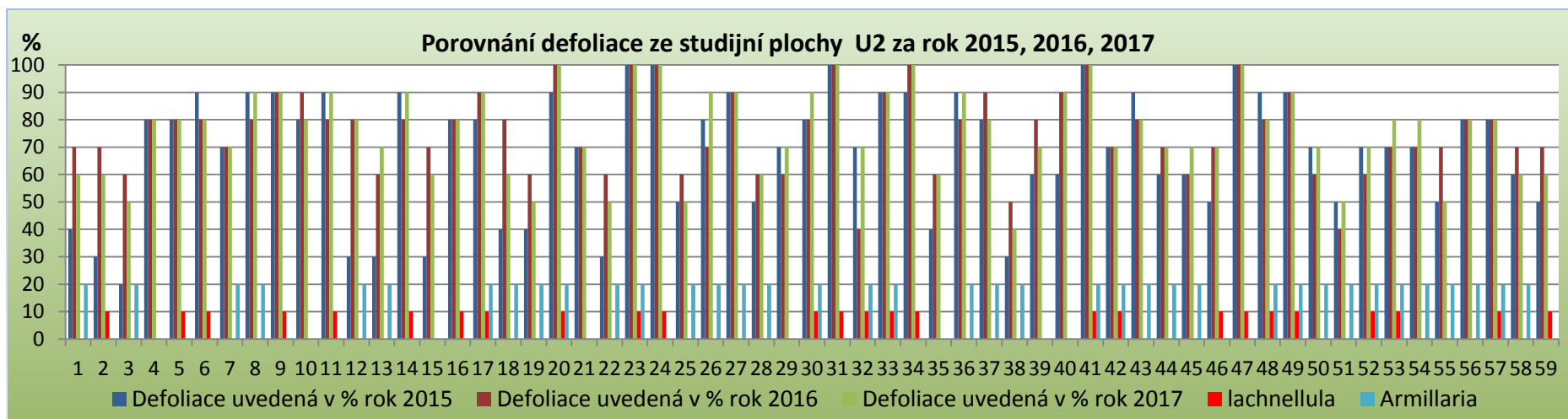
Obr. 31 Výšky



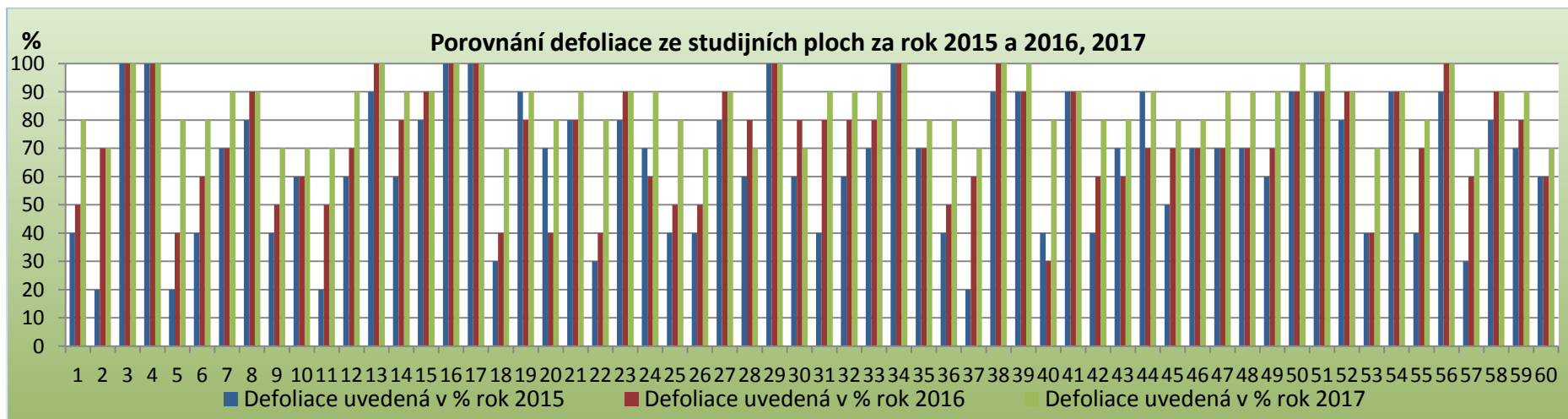
Obr. 32 Výšky



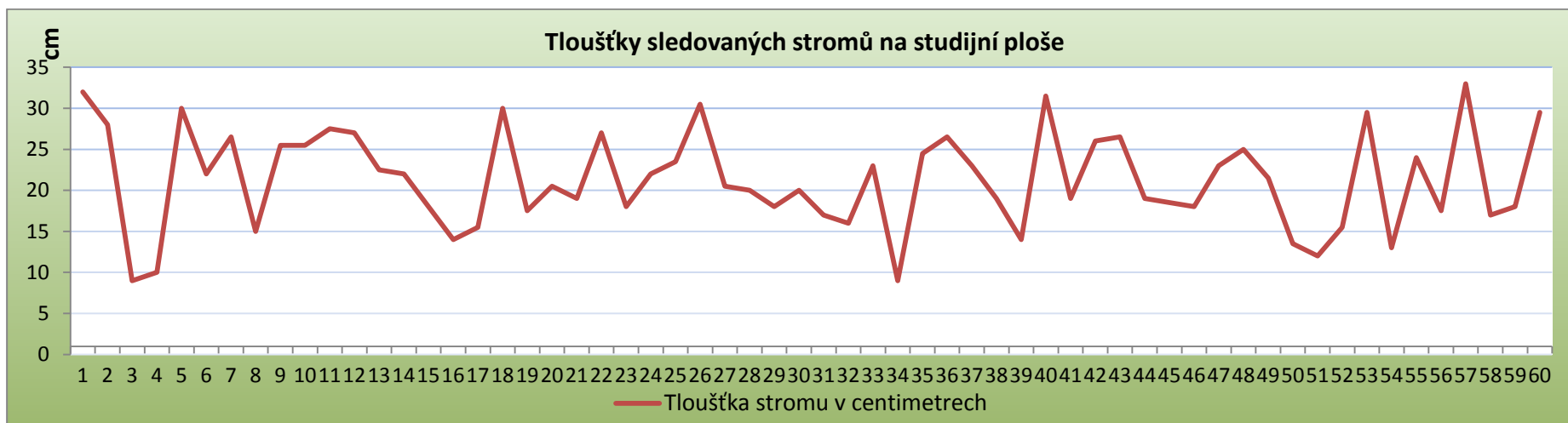
Obr. 33 Výšky



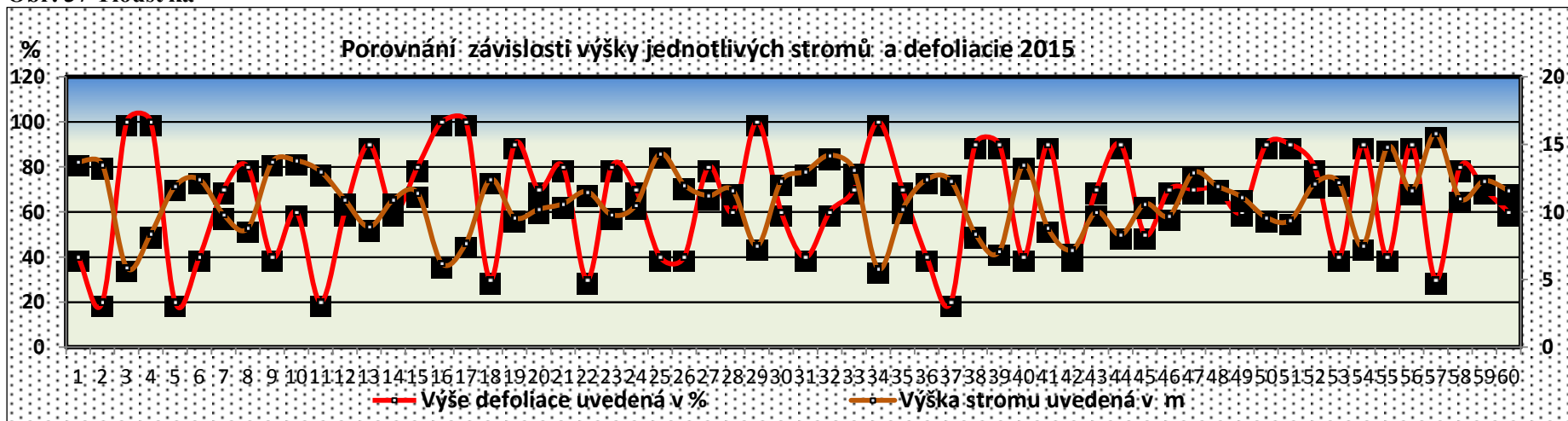
Obr. 34 Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria



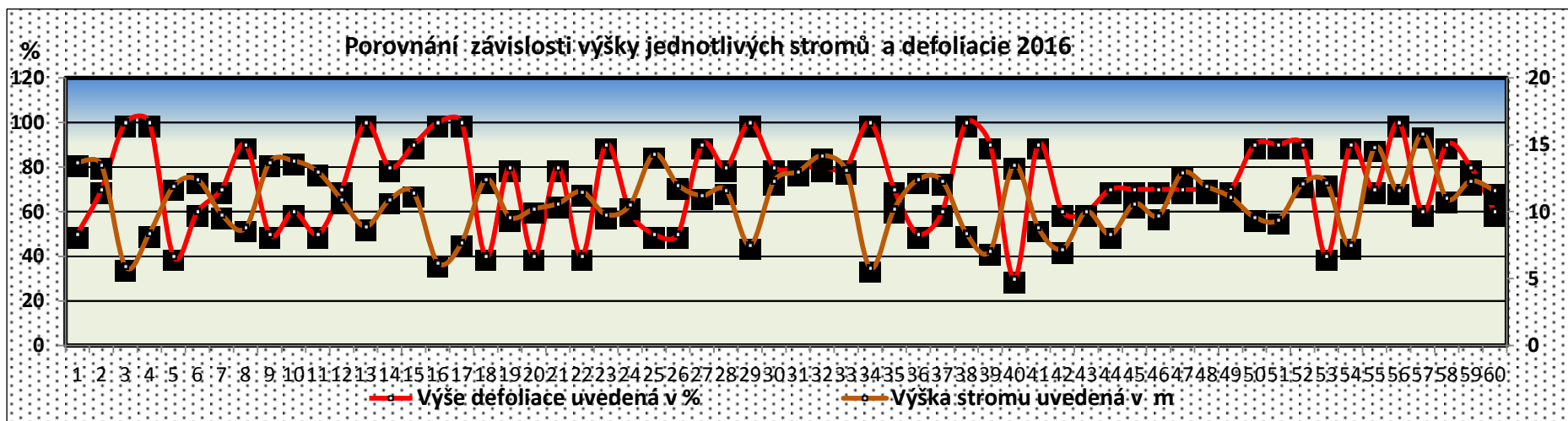
Obr. 35 Defoliace



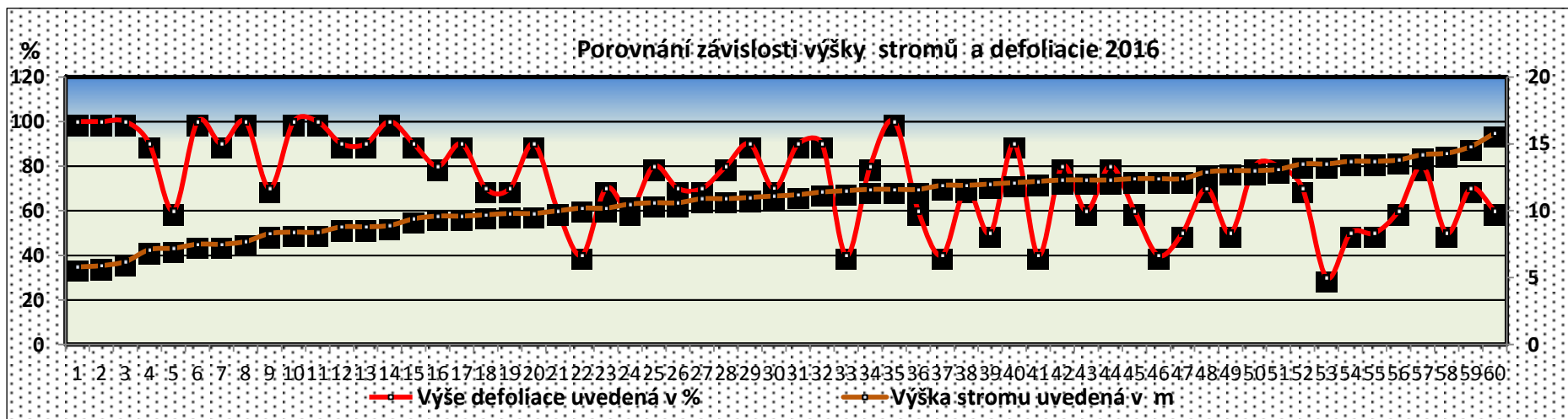
Obr. 37 Tloušťka



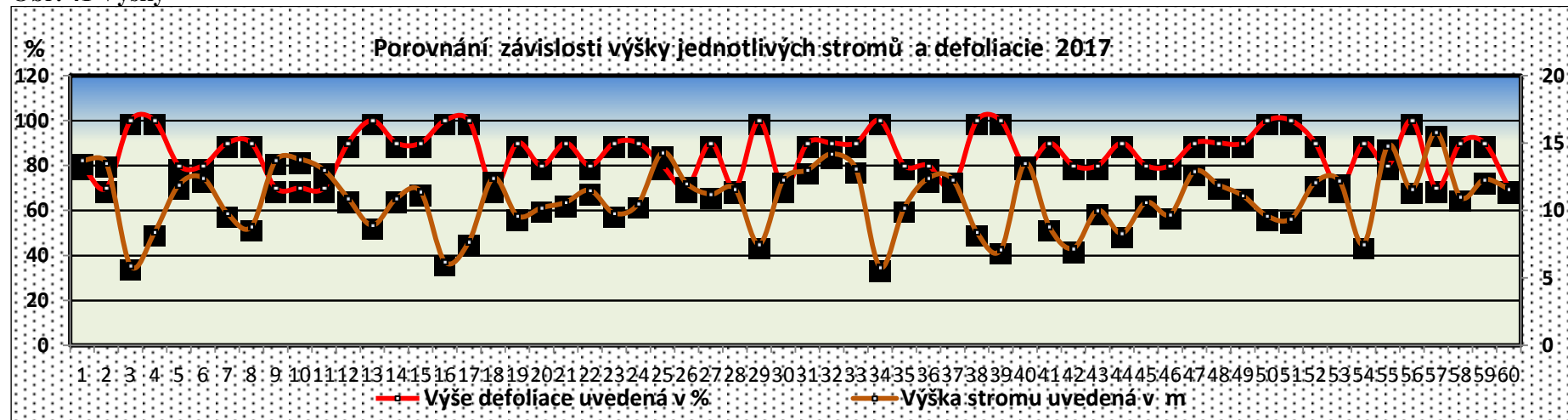
Obr. 39 Výšky



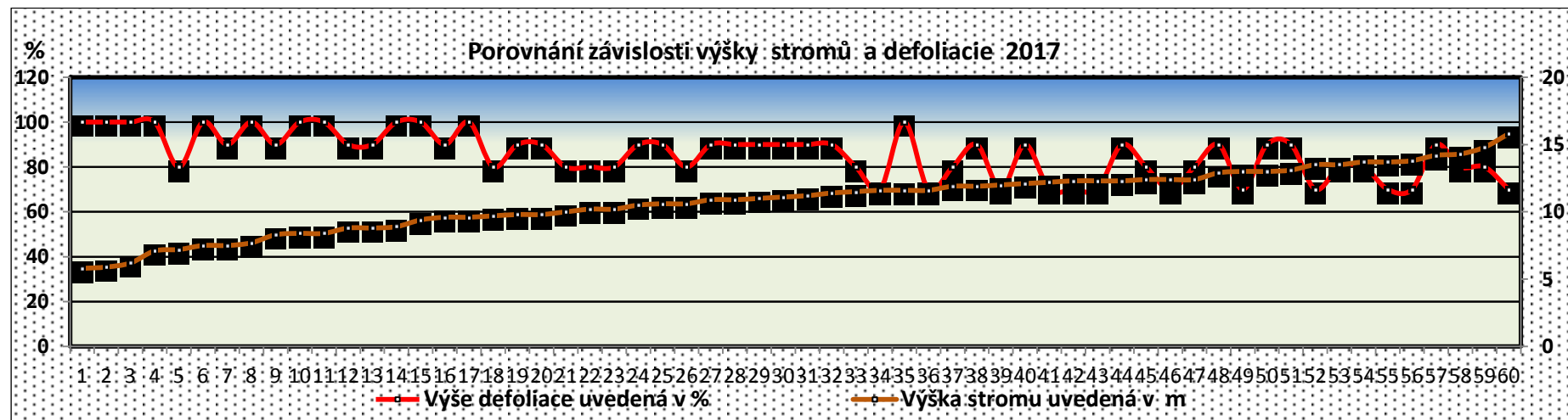
Obr. 40 Výšky



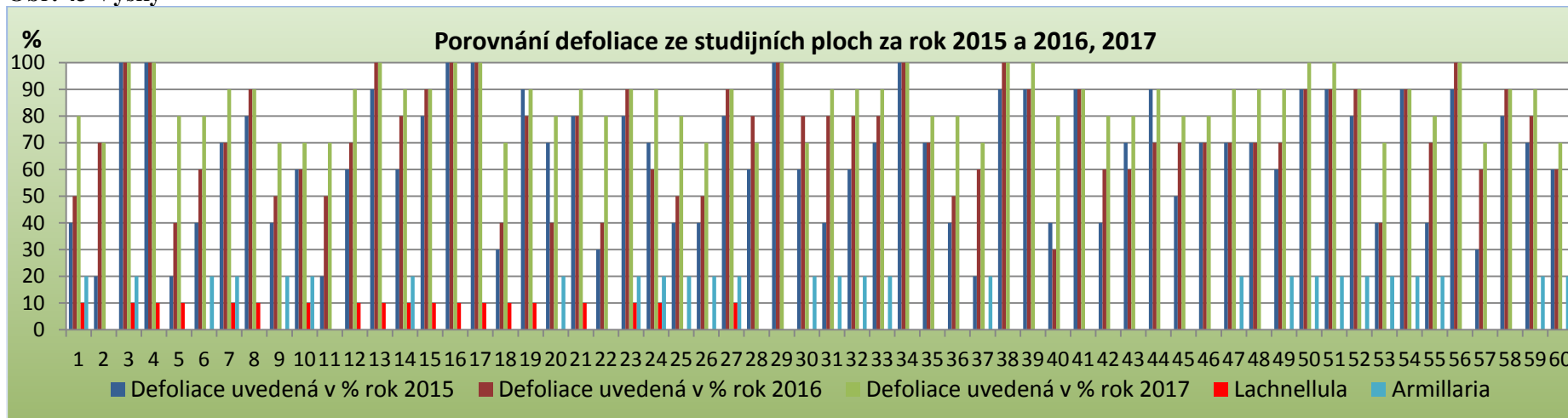
Obr. 41 Výšky



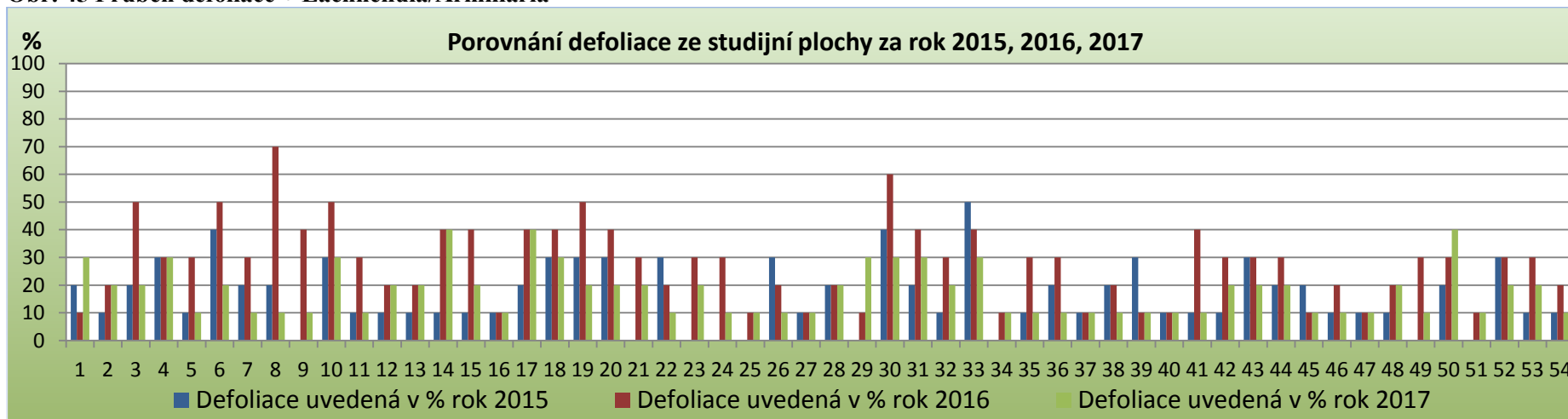
Obr. 42 Výšky



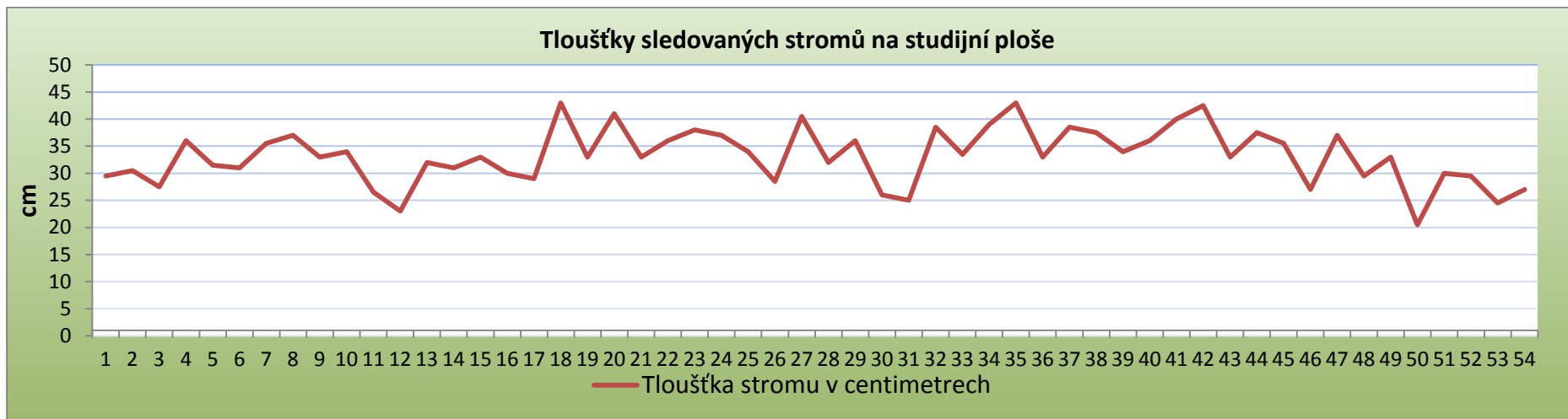
Obr. 43 Výšky



Obr. 45 Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria

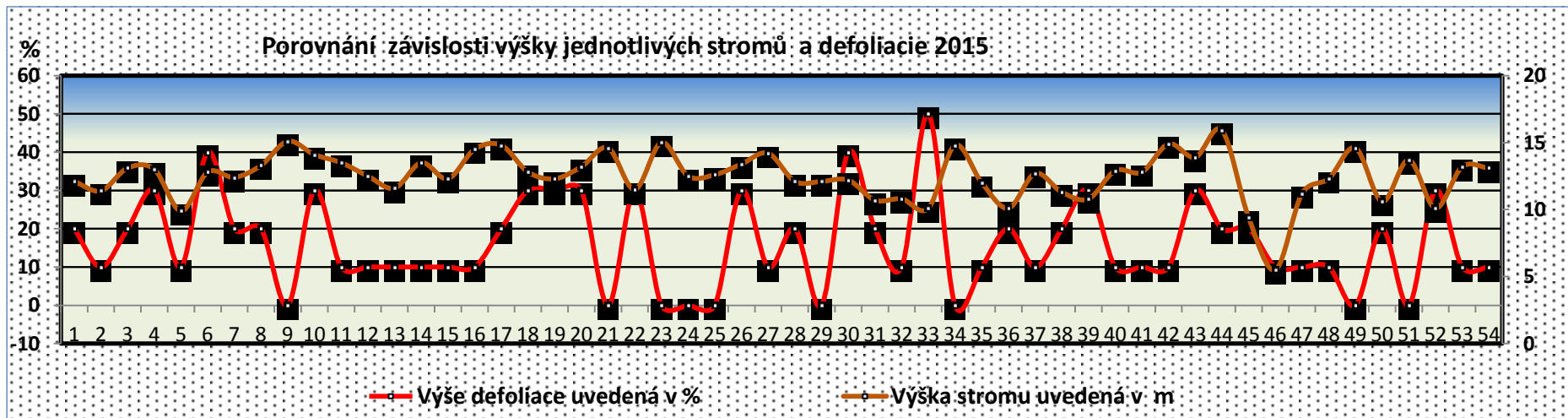


Obr. 46 Defoliace

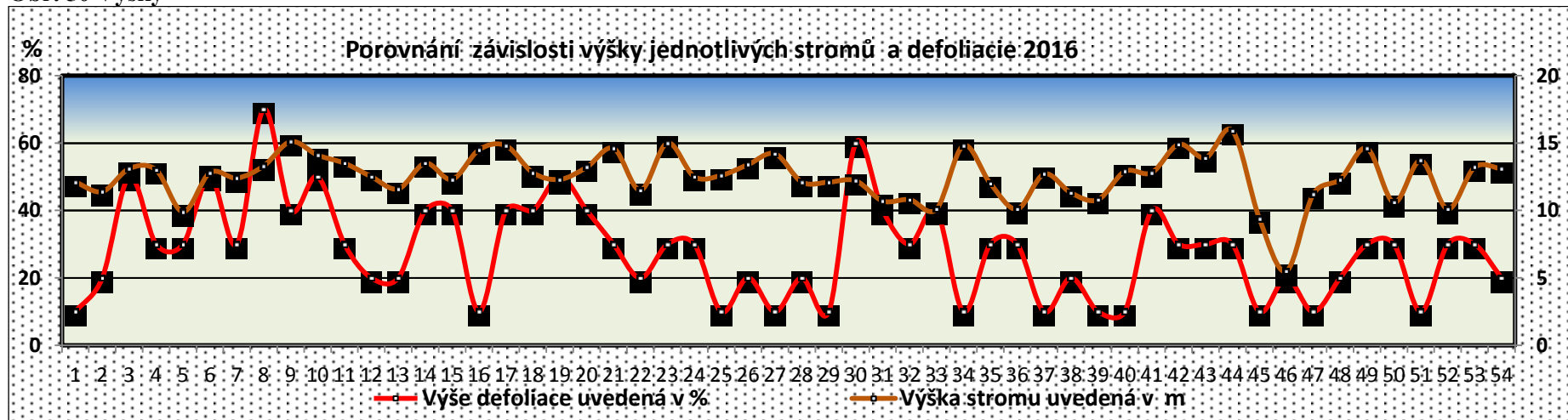


Obr.

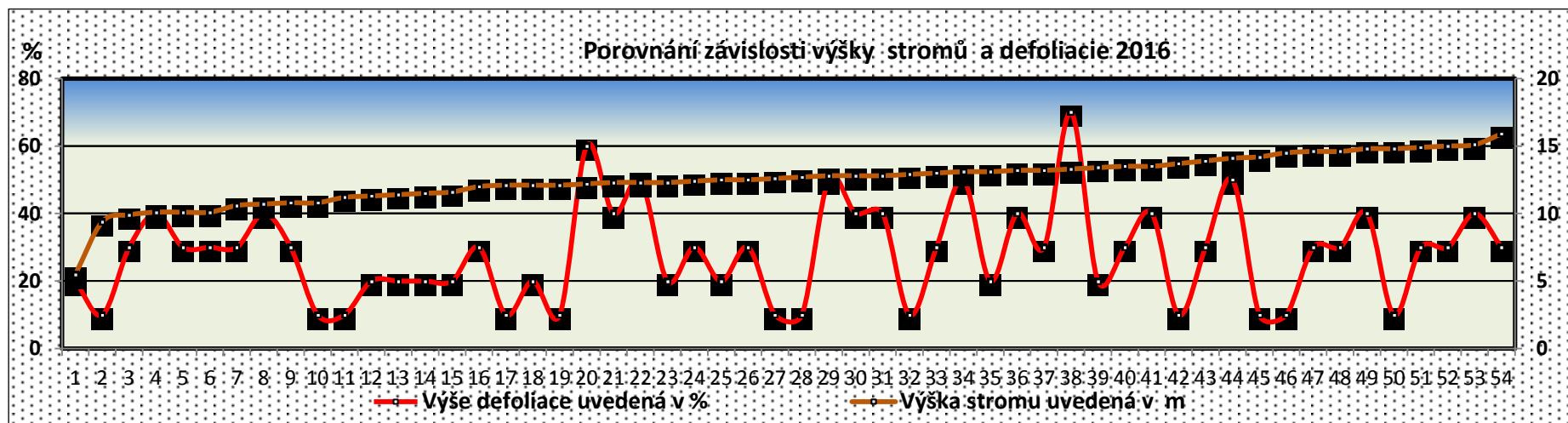
48 Tloušťka



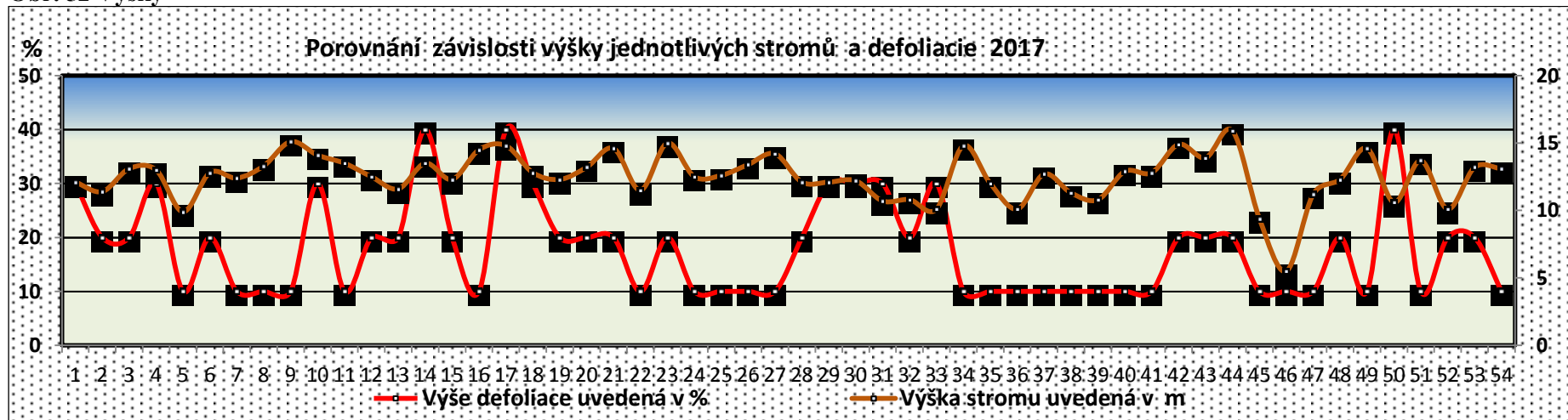
Obr. 50 Výšky



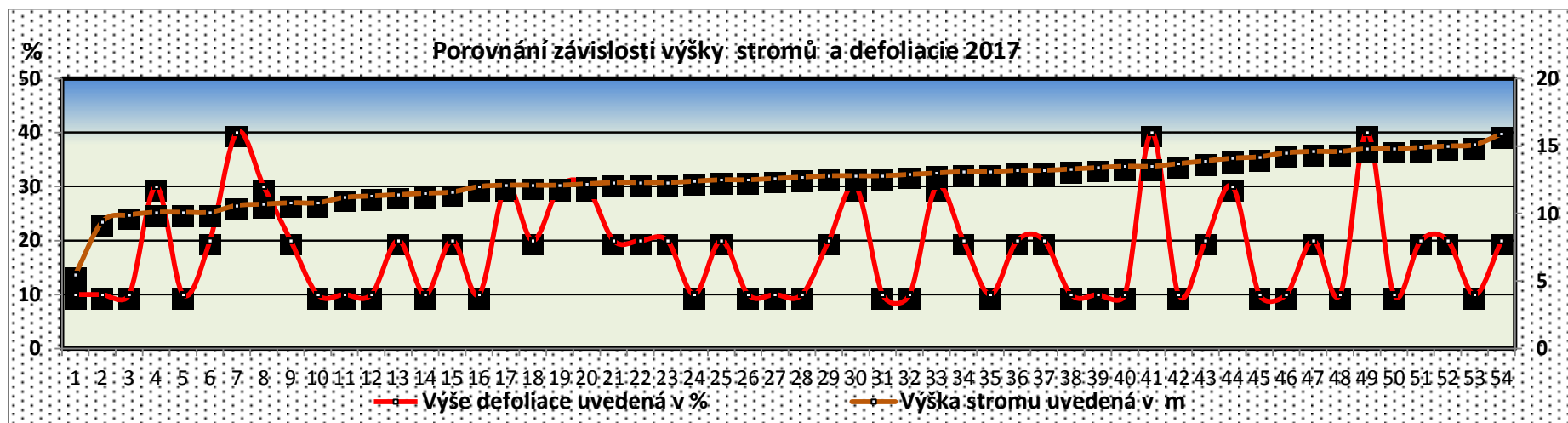
Obr. 51 Výšky



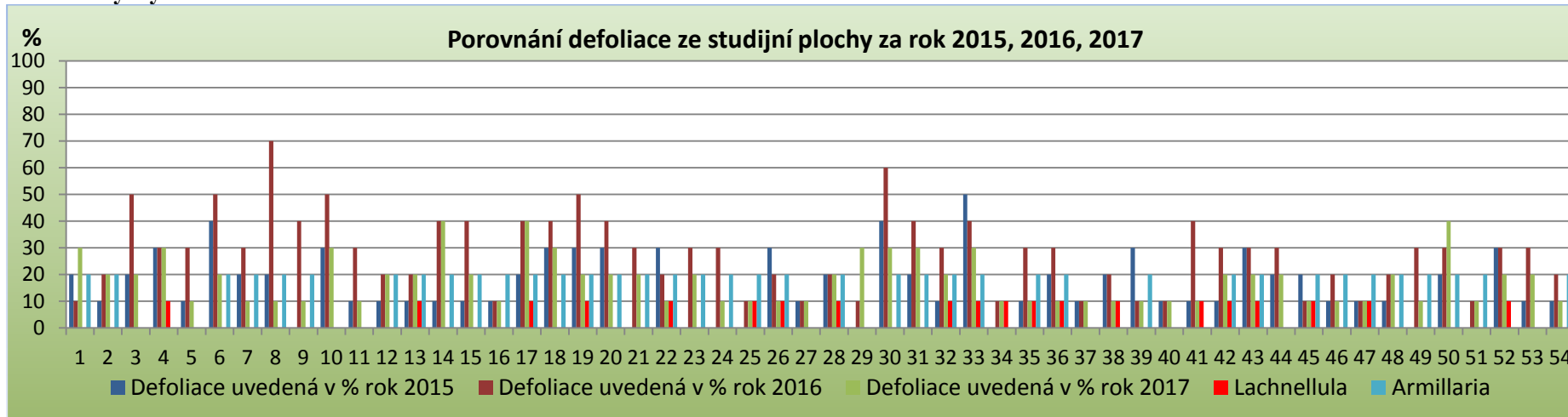
Obr. 52 Výšky



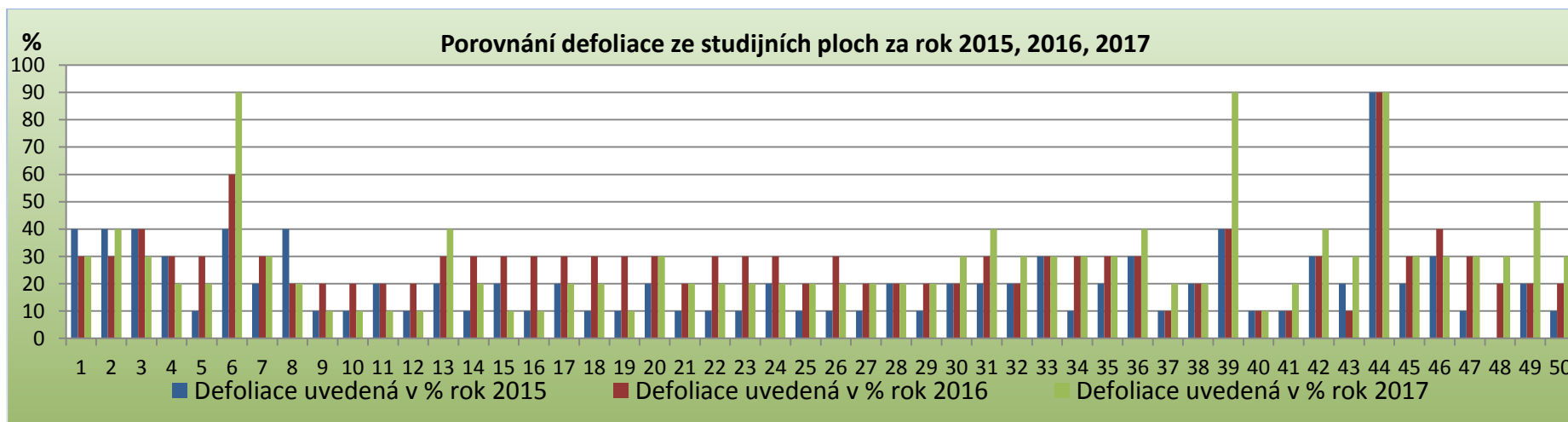
Obr. 53 Výšky



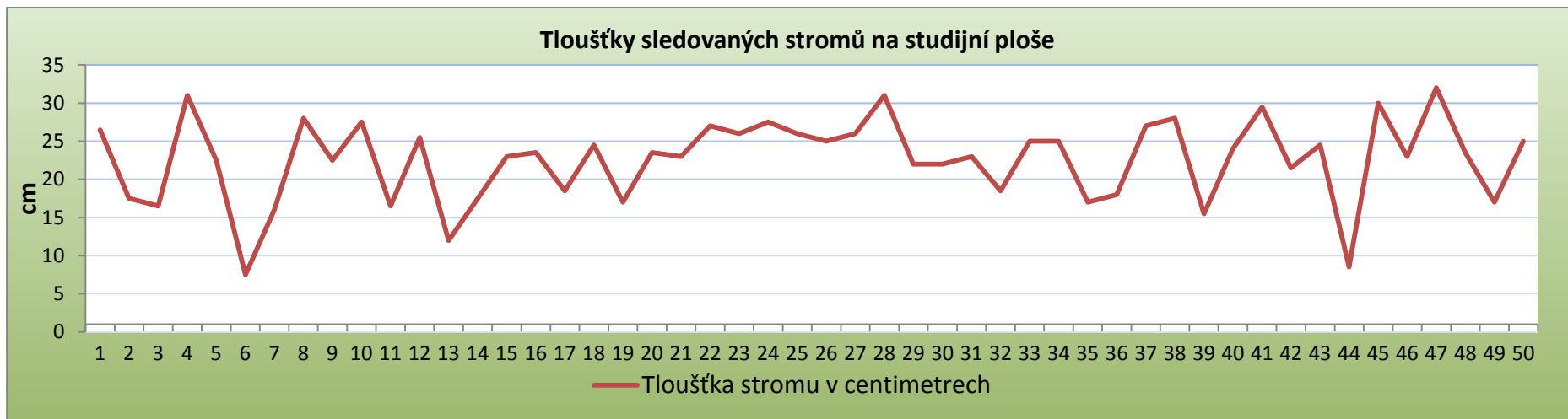
Obr. 54 Výšky



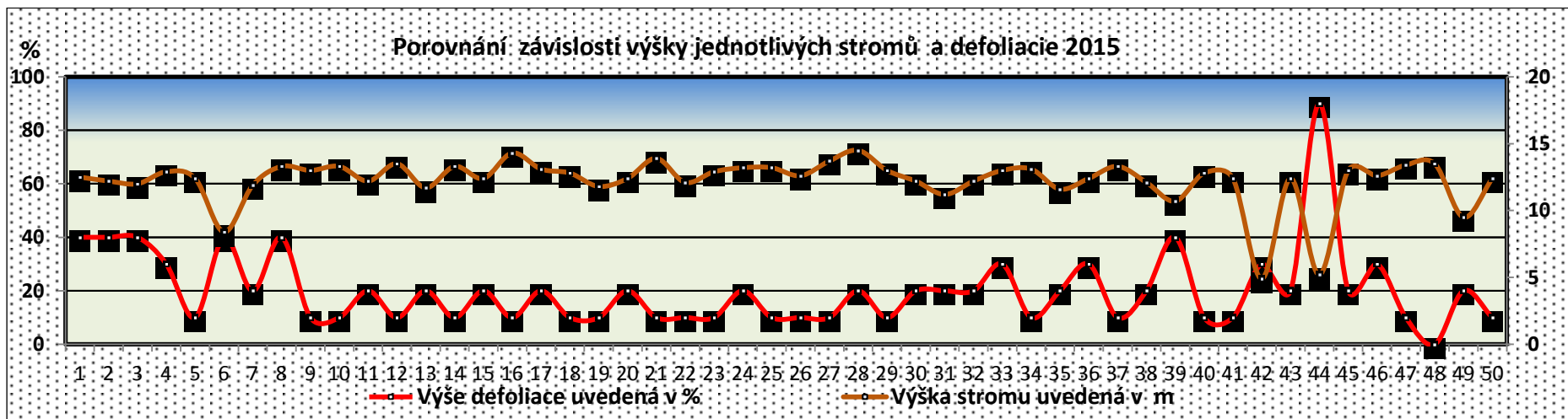
Obr. 56 Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria



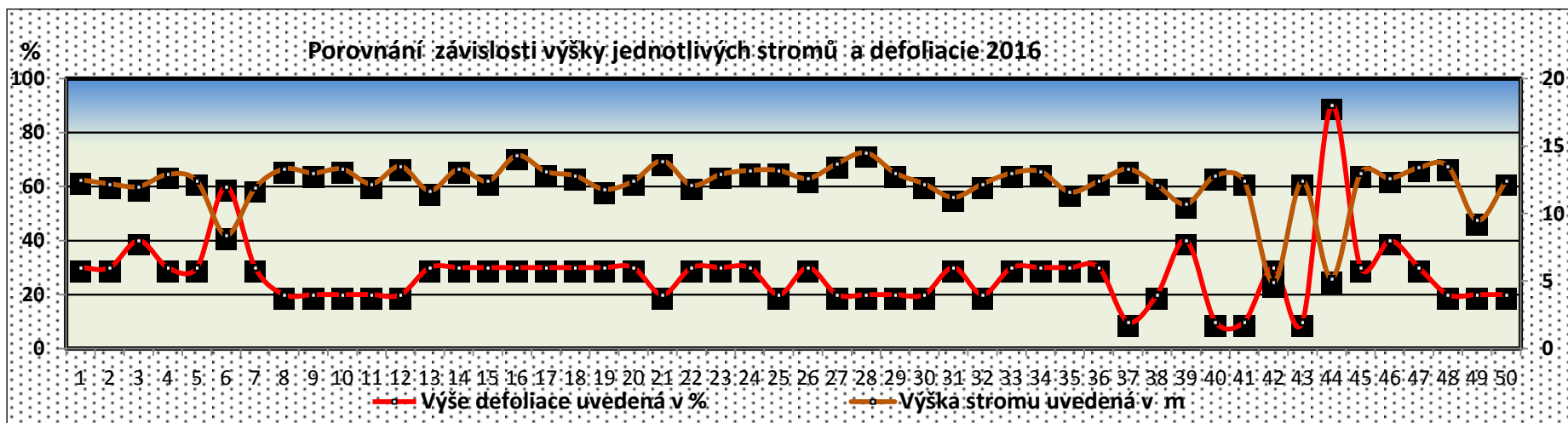
Obr. 57 Defoliace



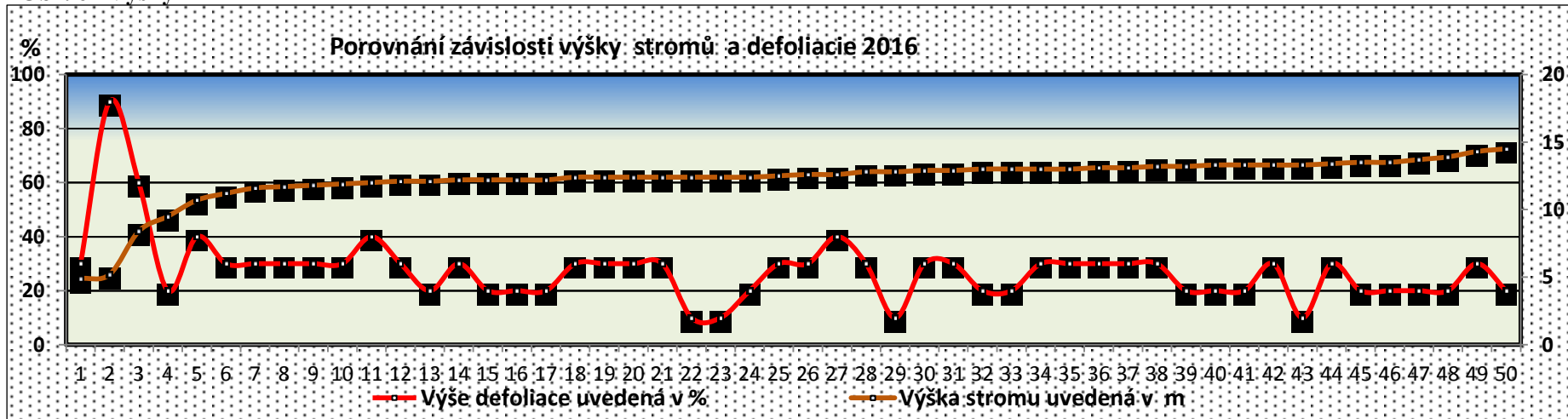
Obr. 59 Tloušťka



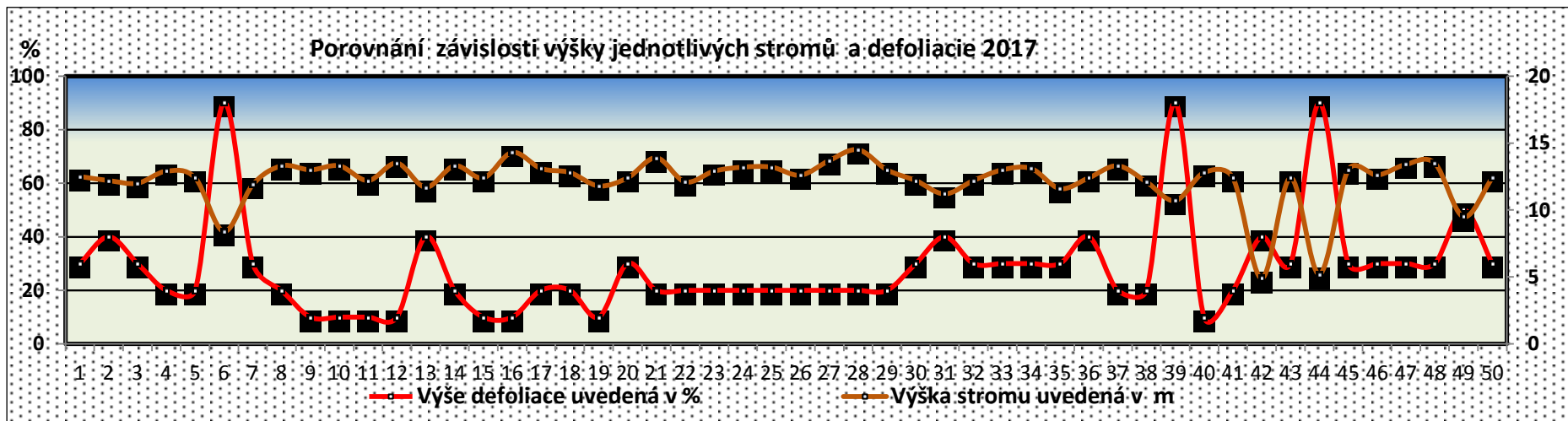
Obr. 61 Výšky



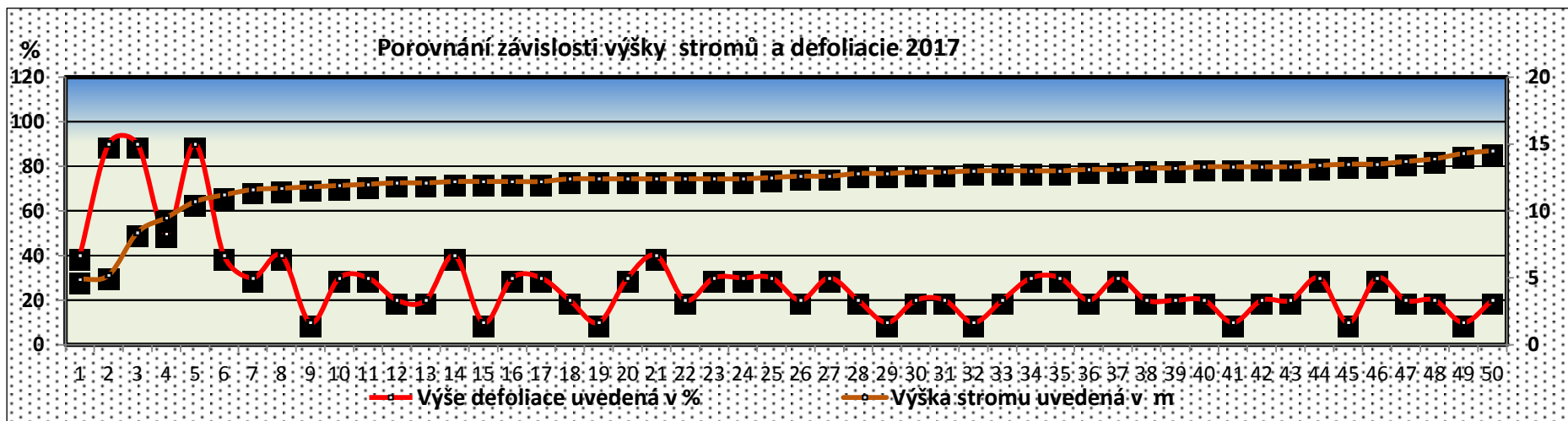
Obr. 62 Výšky



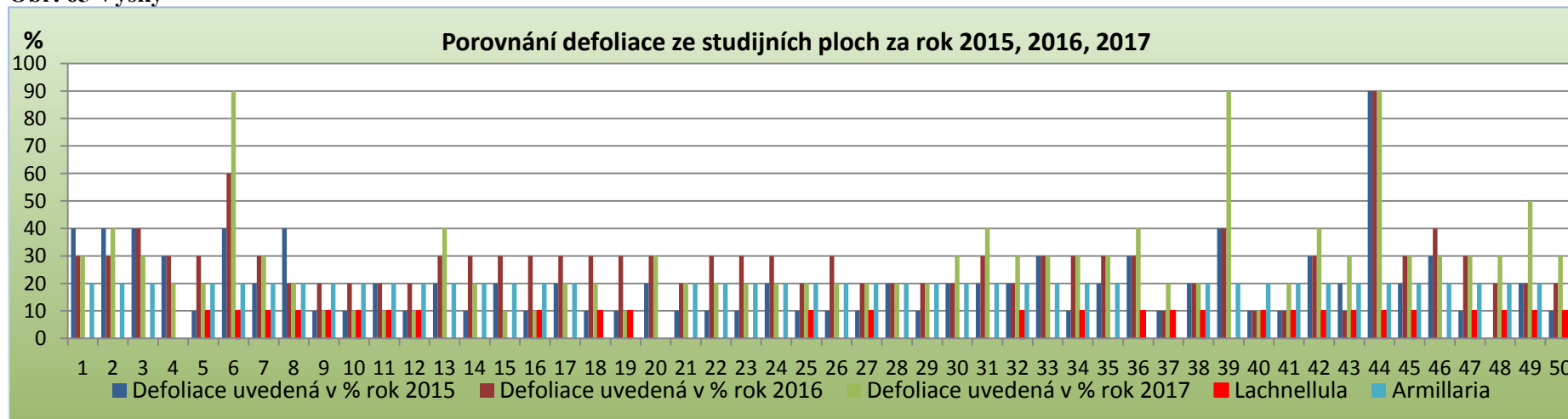
Obr. 63 Výšky



Obr. 64 Výšky



Obr. 65 Výšky



Obr. 67 Průběh defoliace + Lachnellula/Armillaria