

## ANALÝZA ZMĚN V PRODUKCI A ZDRAVOTNÍM STAVU SMRKOVÉ TYČOVINY V PLO 29, NÍZKÝ JESENÍK

### ANALYSIS OF CHANGES IN PRODUCTION AND HEALTH STATUS OF POLE-STAGE SPRUCE STAND IN THE NATURAL FOREST AREA OF THE NÍZKÝ JESENÍK MTS.

TOMÁŠ ČIHÁK ✉ - MONIKA VEJPUŠTKOVÁ - JAN LUBOJACKÝ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

✉ e-mail: [cihak@vulhm.cz](mailto:cihak@vulhm.cz)

#### ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the development of production characteristics and health status of young spruce stand in the area of the Nízký Jeseník Mts. (Czech Republic). Research was conducted in the period 2016–2018 on 12 sub-plots established in the spruce stand at the age of 19 years. Diameter and height increments and derived production characteristics were monitored along with defoliation, biotic damage and mortality rates. In addition, a prediction of stand development was carried out using a linear regression model. Between 2016 and 2018, the decrease of the stand basal area was recorded from 24.7 to 24.1 m<sup>2</sup>/ha. Annual diameter increments slowed down from 0.5 cm to 0.4 cm and height increments from 0.59 to 0.24 m. Volume increments decreased from 6.86 to 3.12 m<sup>3</sup>/ha. Cumulative mortality reached 24.1% in 2018, which means an increase of 13.9% compared to 2015. Defoliation increased from 25.8% in 2016 to 30.5% in 2018. The terminal mortality factor causing the current dieback of mature spruce stands in the Northern Moravia is bark beetle (*Ips sp.*). In the case of younger stands, decline can occur as a result of the effect of phytopathogens, especially *Armillaria sp.* that fundamentally affects the functionality of the root system and disturbs an uptake of water and nutrients. This effect is currently intensified by drought episodes. Changes in the tree species composition aimed at increase of the proportion of improving and stabilizing tree species in combination with chemical amelioration are a way to preserve the production function of the forest on sites currently severely damaged.

For more information see Summary at the end of the article.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý; produkce; chřadnutí lesů; zranitelnost; mortalita

**Key words:** Norway spruce; production; forest decline; vulnerability; mortality

#### ÚVOD

Produkce a zdravotní stav lesních porostů ve střední Evropě vykazují v posledních letech výrazné změny (SPIECKER et al. 1996; PRETZSCH et al. 2014). Příčinou těchto změn mohou být zvýšené depozice dusíku (JANDL et al. 2012; VRIES et al. 2014), deficiencie živin (ŠRÁMEK et al. 2013) nebo změny klimatu (WALTHER et al. 2002; NEMANI et al. 2003). Změny v růstu a produkci je nutné posuzovat také v kontextu disturbancí (REYER et al. 2017). Významný vliv na produkci má rovněž management lesních porostů (LINDNER et al. 2010). V oblastech dlouhodobě vystavených imisní zátěži mohou růstové změny způsobovat vlivy reziduí znečištění z minulosti (RYDVAL, WILSON 2012). Růstová odezva je často specifická a závisí na konkrétním druhu dřeviny a na druhu stresujících faktorů, resp. na jejich kombinacích (BRÉDA et al. 2006; VEJPUŠTKOVÁ et al. 2017).

Pro studium a popis vlivu faktorů na produkci a zdravotní stav porostů je nezbytné opakovaně a dlouhodobě zjišťování těchto veličin v lesních porostech. V České republice probíhá v současnosti několik

monitorovacích aktivit. K nejvýznamnějším patří dlouhodobý monitoring zdravotního stavu lesa ICP Forests (FABIÁNEK et al. 2012) a Národní inventarizace lesů (ÚHÚL 2007). Potřeba monitoringu je implementována i v Národním lesnickém programu (ÚHÚL 2013), který řeší zejména problematiku monitorovacích aktivit zaměřených na větší geografické celky. Významné jsou nicméně i aktivity zaměřené na konkrétní lokality, případně činnosti probíhající v kratším časovém období, např. v rámci řešení konkrétního projektu.

Chřadnutí, resp. odumírání smrkových porostů ve Slezsku a na Severní Moravě v posledních letech zrychluje (CIENCIALA et al. 2017). Porosty jsou vystaveny silnému tlaku jak biotických, tak abiotických škodlivých činitelů. První hypotézu chřadnutí a odumírání smrkových porostů v oblasti formulovali HOLUŠA, LIŠKA (2002). Na nedostatečné zásobení porostů živinami, a to zejména vápníkem, hořčíkem a draslíkem, upozorňuje ŠRÁMEK et al. (2015). DUŠEK et al. (2014, 2017) provedli vyhodnocení vlivu výchovných zásahů na zdravotní stav porostů v poškozené oblasti. Míru poškození houbovými patogeny v oblasti severní Moravy a Slezska kvantifikovali např. PEŠKOVÁ, SOUKUP

(2013). Z dalších prací, které byly věnovány problematice chřadnutí a odumírání smrku na severní Moravě a ve Slezsku, lze uvést např. STANOVSKÝ (2002), HOLUŠA, LIŠKA (2002), HOLUŠA (2004), SAMEC et al. (2011), JENIŠ (2013), LABAJ (2013), MAUER (2013), ČERMÁK (2014), JANKOVSKÝ (2014), TUREK et al. (2016), HOLUŠA et al. (2018).

Chřadnutí smrkových porostů se neomezuje pouze na porosty mýtního věku, poškození se projevuje ve všech věkových třídách a zranitelnost porostů se dále zvyšuje. Přestože konečným mortalitním faktorem je nejčastěji napadení kůrovci (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) (LUBOJACKÝ 2018), predispozičních faktorů je více. Patří sem také výskyt houbových patogenů (ČERMÁK et al. 2004; DESPREZ – LOUSTAU et al. 2006), ale i nepříznivý vliv klimatu (ZANG et al. 2014). Důležitým predispozičním faktorem ovlivňujícím zranitelnost, resp. citlivost smrkových porostů na různé druhy stresu může být i nedostatek živin (ŠRÁMEK et al. 2013).

Předkládaná studie shrnuje poznatky shromážděné v průběhu tříletého sledování smrkových pokusných ploch založených jako meliorační experiment ve smrkové tyčovině v přírodní lesní oblasti Nížky Jeseník (PLO 29). Hlavním cílem práce bylo vyhodnotit změny produkčních charakteristik a zdravotního stavu smrkové tyčoviny rostoucí v oblasti silně postižené plošným chřadnutím a odumíráním smrkových porostů. Na základě zjištěných skutečností pak provést predikci vývoje porostu a navrhnout managementově pěstební opatření k zachování produkční funkce lesa. Vzhledem ke krátkému časovému období sledování porostu zde není řešen vliv melioračních zásahů na produkci a zdravotní stav. Detailní vyhodnocení této problematiky bude předmětem samostatného sdělení, které bude vycházet z dokončených chemických analýz a vyhodnocení stavu výživy na pokusných plochách.

## MATERIÁL A METODIKA

V dubnu 2016 byly v rámci projektu „Diferencované pěstební postupy pro chřadnoucí smrkové porosty 4. a 5. lesního vegetačního stupně“ založeny pokusné plochy ve smrkové tyčovině na majetku Městských lesů Olomouc, revír Huzová (N 17.35218°; E 49.81742°) v PLO 29 – Nížky Jeseník. Geologické podloží tvoří jílovité břidlice, prachovce a droby. Půdní typ je kambizem districká. Pro plánované tři varianty pokusu s přihnojením lesních porostů a nepřihnojenou kontrolu ve třech opakováních byly v porostu 79A2 (lesní typ 5S5, 700 m n. m., abs. bonita 32, věk 19 let) vytyčeny tři (ozn. I – III.) čtveřice (ozn. A – D) čtvercových ploch (obr. 1). Velikost 15 m × 15 m (0,0225 ha) byla

zvolena tak, aby se na každé ploše vyskytovalo minimálně 25 živých smrků. Za použití technologie FieldMap byly na plochách zaměřeny pozice všech stromů (živých i souší).

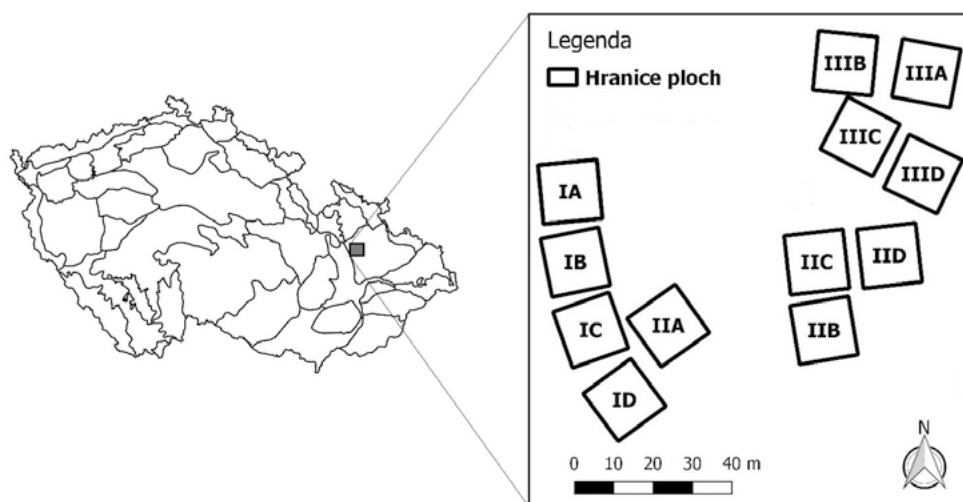
Současně se založením ploch bylo provedeno první dendrometrické šetření, které mělo podchytit výchozí stav porostu na jednotlivých plochách. U všech živých stromů byla změřena výčetní tloušťka (cm), výška (m) a délka terminálu, tj. výškový přírůst za rok 2015 (m). Měření výšek bylo provedeno výškoměrem Vertex III. Při měření bylo evidováno prosychání koruny (zaznamenána délka uschlé koruny od vrcholu stromu v m) a přítomnost souší v porostu. Výšky u souší nebyly měřeny. Při zjišťování výšky stromu byla měřena poslední „zelená větev“. To může v případě odumírání koruny znamenat, že se výška stromu meziročně sníží i o několik metrů. V případě takového snížení jsou pak v analýzách použity hodnoty nulového, nikoliv záporného výškového přírůstu. Hodnoty středních tlouštěk a středních výšek byly vypočítány metodou kvadratického průměru. V grafech obr. 2 a 3 jsou jako střední hodnoty prezentovány mediány z kvadratických průměrů.

Zásoba porostu, vyjádřená jako hroubí s kůrou v m<sup>3</sup>, byla vypočítána pomocí modelů PETRÁŠE, PAJTRÍKA (1991). Biomasa v kg sušiny pak podle jednoparametrického modelu (nezávisle proměnná výčetní tloušťka  $d$ ) pro výpočet celkové nadzemní biomasy podle ČIHÁKA, VEJPUŠTKOVÉ (2018). Plochy korunových projekcí byly domodelovány dle metodiky ČIHÁK et al. (2017) a přepočteny na plochu kruhu. Výsledky prvního měření v roce 2015 uvádí tab. 1.

Společně s dendrometrickým šetřením bylo na plochách provedeno hodnocení defoliace. V dubnu roku 2016 bylo na každé pokusné ploše posuzováno poškození stromů č. 1–10 biotickými škodlivými činiteli.

Dendrometrická měření a hodnocení defoliace byla prováděna v ročních intervalech až do roku 2018. Celkem jsou k dispozici 4 (pro statické dendrometrické veličiny), resp. 3 (pro dynamické veličiny) cykly měření. Jako měření z roku 2015 je v práci použito iniciální dendrometrické šetření z jara 2016.

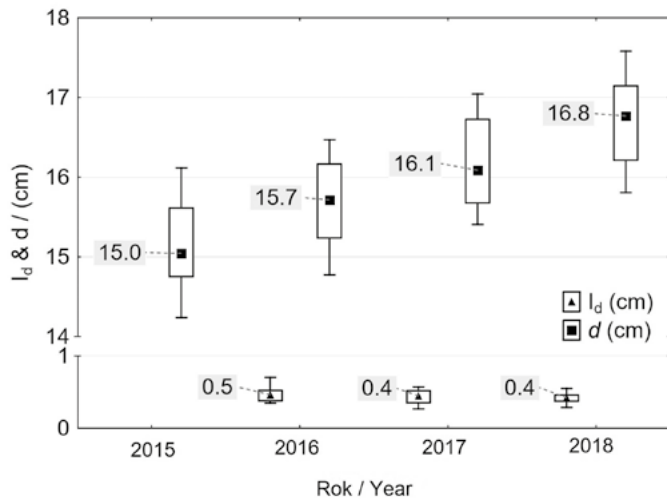
Na úrovni plochy byly vypočítány hodnoty střední tloušťky ( $d_s$ ) a střední výšky ( $h_s$ ), kruhové výčetní základny ( $G$ ), zásoby hroubí s. k. ( $V$ ) a hmotnosti nadzemní biomasy v sušině ( $B$ ), dále průměrný tloušťkový ( $I_d$ ) a výškový ( $I_h$ ) roční přírůst, roční přírůst na kruhové výčetní základně ( $I_G$ ), objemu hroubí s. k. ( $I_V$ ) a hmotnosti nadzemní biomasy ( $I_B$ ). Na základě informací o mortalitě a defoliaci byly vyhodnoceny změny ve zdravotním stavu na plochách.



**Obr. 1.**  
Lokalizace zájmového území na mapě České republiky a plán pokusných ploch  
**Fig. 1.**  
Localisation of interest area in the Czech Republic and the plan of study design

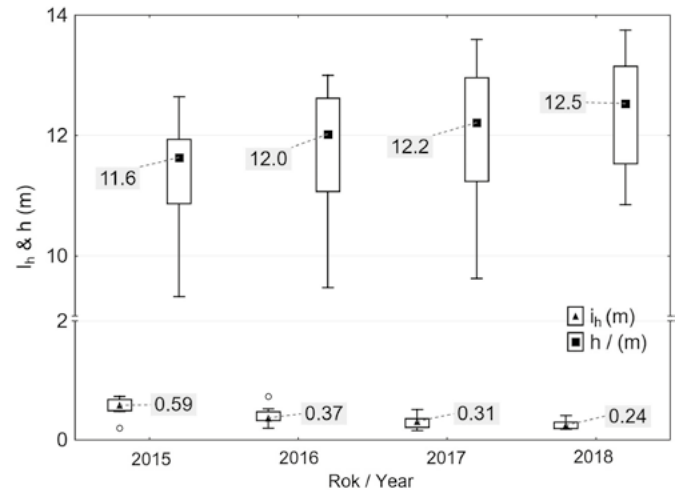
Predikce vývoje porostu byla provedena na základě informací o vývoji kumulativní mortality (vyjádřené jako počet odumřelých jedinců) v čase. Modelování vývoje bylo provedeno pomocí lineárního modelu, kde jako nezávisle proměnná byl použit věk porostu.

Statistické výpočty byly provedeny v softwaru Statistica v. 12 a mapové výstupy byly zpracovány pomocí programu QGIS v. 2.18.



**Obr. 2.** Vývoj změn středních tloušťek (nahore) a tloušťkového přírůstu (dole) na pokusných plochách

**Fig. 2.** Trends of changes in diameter growth (upper part) and diameter increment (lower part)



**Obr. 3.** Vývoj změn středních výšek (nahore) a výškového přírůstu (dole) na pokusných plochách

**Fig. 3.** Trends of changes in height (upper part) and height annual increment (lower part)

**Tab. 1.** Výchozí taxační charakteristiky ploch (stav v roce 2015)  
Initial measurement of the plots (situation in 2015)

Plocha (plot) = 225 m <sup>2</sup>	IA	IB	IC	ID	IIA	IIB	IIC	IID	IIIA	IIIB	IIIC	IIID
Počet stromů na ploše/ number of trees per plot	28	32	35	34	41	31	32	32	31	30	42	36
- živé bez poškození koruny/ alive without crown damage	12	19	18	26	20	23	12	25	27	24	31	29
- živé s poškozením koruny/ alive with crown damage	16	9	11	7	15	7	17	4	2	2	6	3
- souše/dead trees	0	4	6	1	6	1	3	3	2	4	5	4
Střední tloušťka/ mean diameter at breast height (cm)	14,9	16,1	15,7	14,6	15,2	15,7	14,9	14,4	14,2	15,1	15,0	15,5
Střední výška/mean height (m)	10,6	11,6	12,0	11,9	11,1	11,1	9,3	10,7	11,9	11,7	11,9	12,6
Počet živých stromů na ha/ number of living trees per ha	1244	1422	1556	1511	1822	1378	1422	1422	1378	1333	1867	1600
Výčetní základna SM/ basal area of spruce (m <sup>2</sup> /ha)	21,7	25,3	24,9	24,5	28,2	25,7	22,5	21,0	20,5	20,6	29,0	26,9
Zásoba hroubí s.k. SM/ merchantable volume of spruce (m <sup>3</sup> /ha)	110,3	138,9	140,0	142,2	151,2	132,9	98,1	108,1	122,3	107,5	166,2	163,0
Zásoba hroubí s.k. ostatní dřeviny/ merchantable volume of other species (m <sup>3</sup> /ha)					12,3					8,0		
Zásoba hroubí s.k. celkem/ merchantable volume of stand (m <sup>3</sup> /ha)	110,3	138,9	140,0	142,2	163,5	132,9	98,1	108,1	122,3	115,5	166,2	163,0
Nadzemní biomasa/ aboveground biomass (t sušiny/ha)	104,1	124,6	120,8	116,7	143,0	126,5	107,4	101,0	97,8	99,2	138,4	130,4

## VÝSLEDKY

### Růst a přírůst

Hodnoty  $d_{100}$  se na plochách v prvním roce měření (2015) pohybovaly v rozmezí 14,2–16,1 cm se střední hodnotou 15,1 cm,  $h_{100}$  pak v rozmezí 9,3–12,6 m se střední hodnotou 11,6 m. Do roku 2018 se hodnota  $d_{100}$  zvýšila na 16,8 cm a  $h_{100}$  na 12,5 m. V roce 2015 činil  $\varnothing I_{10}$  0,59 m. V průběhu tříletého sledování vykazovaly jeho hodnoty klesající trend a za rok 2018 činily 0,24 m (obr. 2). Podobná situace byla zaznamenána i v případě  $\varnothing I_{10}$ , kdy přírůst zpomalil z hodnoty 0,5 cm v roce 2016 na 0,4 cm v posledním roce šetření (obr. 3).

$\varnothing G$  dosahovala v roce 2015 hodnoty 24,7 m<sup>2</sup>/ha (20,5–29 m<sup>2</sup>/ha). V posledním roce šetření došlo k poklesu na hodnotu 24,1 m<sup>2</sup>/ha (17,2–31,6 m<sup>2</sup>/ha).  $\varnothing I_G$  činil v roce 2016 0,3 m<sup>2</sup>/ha (-1,8–1,9 m<sup>2</sup>/ha). V roce 2017 došlo k mírnému zrychlení na hodnotu 0,9 m<sup>2</sup>/ha (-1,4–1,9 m<sup>2</sup>/ha), ale již v následujícím roce byl zaznamenán pokles na hodnotu -0,1 m<sup>2</sup>/ha (-2,9–1,6 m<sup>2</sup>/ha). V roce 2018 se snížila velikost  $G$  na šesti plochách, což je nejvíce za sledované období (obr. 4).

Podobný trend jako u  $I_G$  vykazují i hodnoty objemového přírůstu. V případě  $\varnothing I_V$  došlo ke zrychlení z hodnoty 6,86 m<sup>3</sup>/ha v roce 2016 na hodnotu 7,31 m<sup>3</sup>/ha v roce 2017. V roce 2018 poklesl průměrný  $I_V$  na hodnotu 3,12 m<sup>3</sup>/ha. Průměrná hektarová zásoba činila v roce 2015 135,9 m<sup>3</sup>/ha a v roce 2018 dosáhla hodnoty 144,9 m<sup>3</sup>/ha (obr. 5).

Průměrná hmotnost nadzemní biomasy na plochách v roce 2015 činila 117,5 t/ha (97,8–143,0 t/ha) a v roce 2018 narostla na hodnotu 123,7 t/ha (85,8–158,3 t/ha). Trend změn v množství biomasy je stejný jako v případě  $G$  a  $V$ .

### Zdravotní stav a mortalita

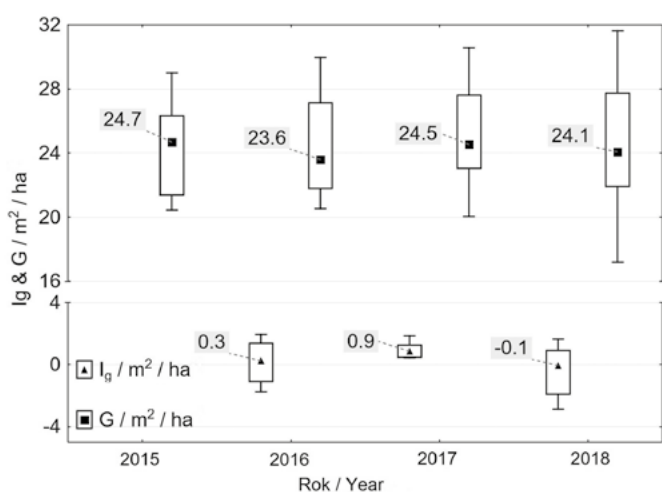
Často pozorovaná defoliace vrcholů nebyla způsobena listožravými škůdci ani podkorním hmyzem. U 20–50 % stromů na jednotlivých plochách bylo zjištěno napadení nebo přítomnost václavky (*Armi-*

*llaria* sp.) chronického charakteru. Symptomy napadení podkorním hmyzem ze skupiny kůrovců (v podobě požerků) byly pozorovány převážně na již sterilních souších, které už nepředstavovaly ohrožení pro okolní stromy. Nalezeny byly požerky zejména lýkožrouta lesklého (*Pityogenes chalcographus* L.), lýkohuba matného (*Polygraphus poligraphus* L.) a v jednom případě také lýkožrouta severského (*Ips duplicatus* Sahlb.). Aktivní kůrovcové stromy se v době úvodních šetření na pokusných plochách nevyskytovaly. Do konce roku 2018 však byly okolní starší smrkové porosty zdecimovány katastrofálním přemnožením lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.), jehož tlak se promítnul do napadení stromů i v takto mladém porostu a přispěl k nárůstu mortality. Přibližně 5–10 % stromů bylo poškozeno ohryzem a loupáním jelení zvěří.

Defoliace na plochách po celou dobu sledování stoupala. Z průměrné hodnoty 25,8 % v roce 2015 vzrostla až na hodnotu 30,5 % v roce 2018 (obr. 6). Nejvyšších hodnot dosahovala na ploše IIC v letech 2016 a 2017 (37 %, resp. 40 %). Symptomy prosychání koruny byly v roce 2015 zaznamenány na všech plochách dohromady u 89 jedinců. V dalších letech se jejich počty pohybovaly v rozmezí 73–75. Meziroční pokles mezi lety 2016 a 2017 je způsoben mortalitou. Nejvyšší počty byly zaznamenány v roce 2015 na plochách IA, IIA a IIC (16, 15 a 17 jedinců). K projevům regenerace koruny docházelo výjimečně. V letech 2016–2018 byla zaznamenána v rozsahu 10–15 jedinců za všechny sledované plochy. Mortalita vyjádřená jako poměr počtu odumřelých jedinců za celou dobu sledování v procentech z celkového počtu jedinců na ploše dosáhla v roce 2018 průměrné hodnoty 24,1 % a od prvního roku sledování se zvýšila o 13,9 % (obr. 6).

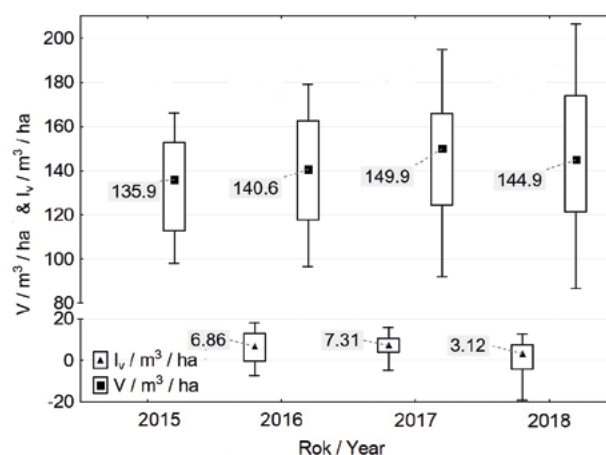
Mortalita v daném roce vyjádřená jako  $G$  odumřelých jedinců v m<sup>2</sup>/ha je na obr. 7. V letech 2016–2018 se průměrná mortalita pohybovala mezi 1,7–4,4 m<sup>2</sup>/ha, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla v roce 2018 (obr. 7).

Celkový trend změn zdravotního stavu mezi roky 2016–2018 na hodnocených plochách je na obr. 8. Z obrázku je patrná vysoká mortalita na většině ploch stejně jako nárůst defoliace.



**Obr. 4.** Vývoj změn velikosti kruhové výčetní (nahore) základny a jejího přírůstu (dole) na pokusných plochách

**Fig. 4.** Trends of changes in basal area (upper part) and basal area increment (lower part)



**Obr. 5.** Vývoj změn zásoby hroubí (nahore) a jejího přírůstu (dole) na pokusných plochách

**Fig. 5.** Trends of changes in stand merchantable volume (upper part) and volume increment (lower part)

### Mortalitní model

Pro odhad vývoje porostu byl parametrizován lineární regresní model, který predikuje vývoj mortality porostu v čase. Jako nezávislá proměnná byl v modelu použit věk porostu. Závislou proměnnou definující mortalitu je kumulativní počet odumřelých jedinců na plochách. Takto parametrizovaný model dosahuje hodnoty koeficientu determinace ( $R^2$ ) 0,36. Oba parametry jsou statisticky významné (tab. 2) a rezidua vykazují znaky normálního rozdělení. Model vývoje mortality je prezentován na obr. 9. Za předpokladu současného trendu vývoje defoliace lze podle výsledků modelu očekávat rozpad porostu (kumulativní mortalita 100,1%) nejpozději ve věku 38 let.

### DISKUSE

Jednu z prvních hypotéz chřadnutí smrku ve Slezsku formulovali HOLUŠA, LIŠKA (2002). Autoři předpokládají, že k predispozičním faktorům způsobujícím chřadnutí patří nepůvodnost porostů, vysoká acidita půd, nízký obsah živin, vodní deficit, mechanické poškození a chronické napadení hmyzem a fytopatogeny. Obdobné příčiny chřadnutí uvádí také další autoři, jako např. STANOVSKÝ (2002), SAMEC et al. (2011), JENIŠ (2013), LABAJ (2013), MAUER (2013), ČERMÁK (2014), JANKOVSKÝ (2014), TUREK et al. (2016). Vzhledem k množství spolupůsobících faktorů (příčin) má chřadnutí smrku v oblasti severní Moravy a Slezska komplexní charakter. Za hlavní predispoziční

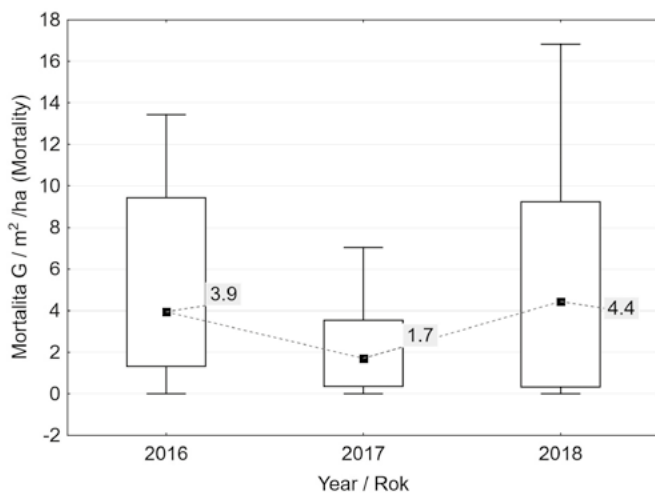
faktor pokládají HOLUŠA, LIŠKA (2002) působení václavky a za hlavní spouštěcí a mortalitní faktor pak vodní deficit, který v konečném důsledku snižuje schopnost stromů přijímat živiny. Souhrn negativních faktorů a rizik pro lesní porosty v souvislosti se změnami klimatu uvádějí rovněž např. SPITTLEHOUSE, STEWART (2003) nebo BOLTE et al. (2009).

V případě zkoumané lokality se jako klíčové rizikové faktory jeví dlouhodobý deficit vody v půdě, chronický nedostatek živin, poškození fytopatogeny a v posledních letech také rozvoj kůrovců (VŮLHM 2016). HOLUŠA, LIŠKA (2002) upozorňují na nebezpečí vlivu václavky v kombinaci se suchem a doporučují jako jedno z ochranných opatření v porostech napadených václavkou minimalizovat výchovné zásahy. Práce HOLUŠA et al. (2018) nepotvrdila vliv výchovných zásahů na rozvoj václavky a zvýšení mortality smrku v mladých porostech, avšak vzhledem k rychlému odumírání smrku v předmětné oblasti z dalších příčin považují tyto autoři provádění výchovných zásahů za zbytečné. Rovněž DUŠEK et al. (2017) katastrofický rozpad mlazin po výchovných zásazích nepotvrzuje. V porostu 79A2, popisovaném v předkládané studii, byla podle údajů lesní hospodářské evidence provedena prořezávka ve věku 15 let. Efekt výchovného zásahu není možné, vzhledem ke krátké době sledování a progradujícímu poškození, objektivně vyhodnotit, nicméně vzhledem k aktuálnímu stavu porostu lze označit vliv výchovy na zdravotní stav jako zanedbatelný. Jako významnější faktor, ovlivňující zdravotní stav porostu, se jeví aktuální klimatické podmínky, zejména dlouhodobé sucho, které má za následek oslabení porostů a následně vyšší citlivost vůči vzniku kořenových hnilob působených fytopatogeny, zejména václavkou, a napadení lýkožrouty rodu *Ips* a *Pityogenes*.

Fyziologickou reakci vybraných lesních dřevin na stres suchem popisuje BRÉDA et al. (2006). Vliv sucha se nemusí projevit jako akutní poškození, ale může působit se zpožděním a projevovat se poruchami v asimilaci živin a redukcí karbohydrátů (zásobních látek). Porosty jsou díky tomu zranitelnější k působení houbových patogenů (DESPREZ – LOUSTAU et al. 2006). Obranná schopnost lesního ekosystému může být rovněž oslabena akutním nedostatkem dostupných živin. Úvodní hodnocení úrovně výživy na zkusných plochách ukazuje na dobrou výživu draslíkem a dusíkem, hraniční výživu fosforem a nízkou výživu hořčíkem, vápníkem a zinkem (VŮLHM 2016).

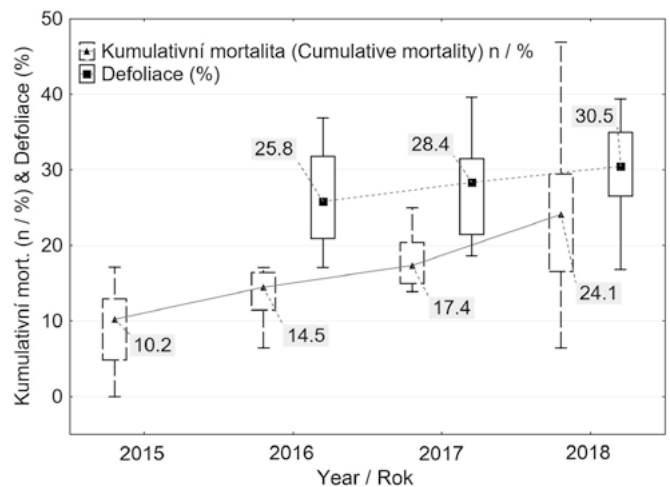
**Tab. 2.**  
Parametry a statistické charakteristiky mortalitního modelu  
Parameters and statistical characteristics of mortality model

	koeficient	Sm.chyba/ Standard error	p hodnota/p value
Abs. člen/Intercept	-81,467	18,732	0,000
Věk/Age	4,779	0,912	0,000



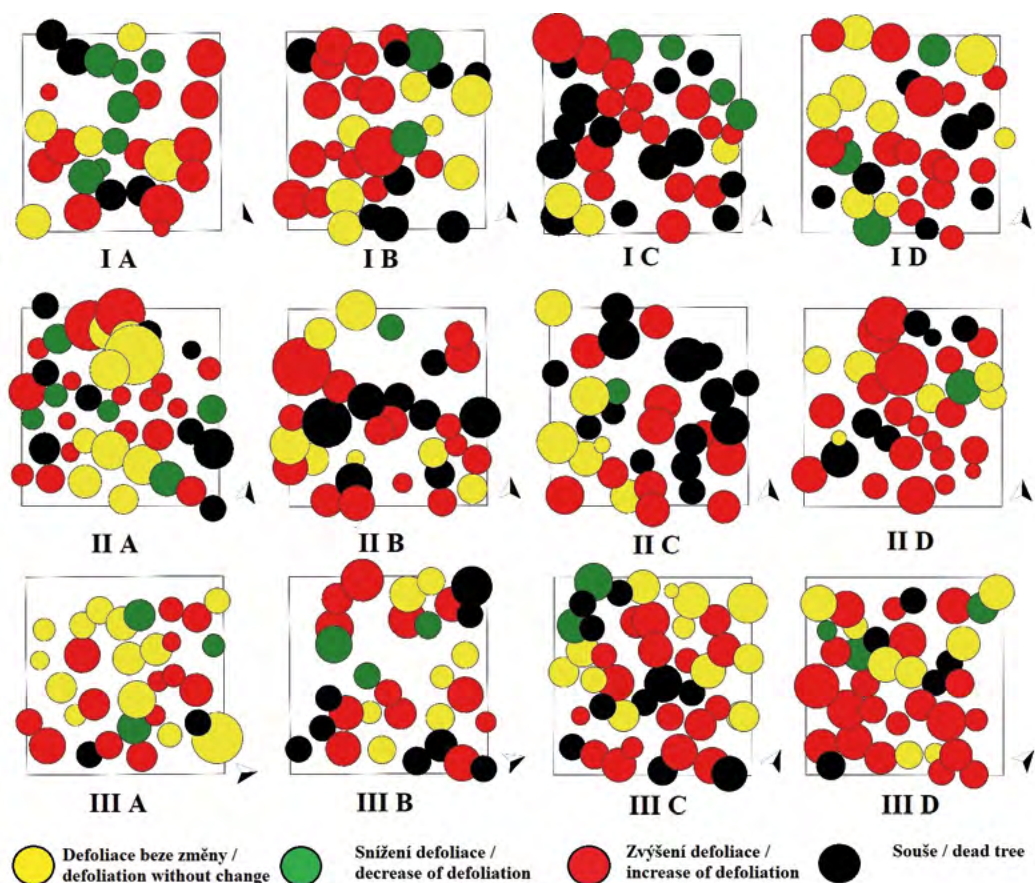
**Obr. 6.**  
Defoliace a kumulativní mortalita na pokusných plochách ve sledovaném období

**Fig. 6.**  
Defoliation and cumulative mortality on the plots



**Obr. 7.**  
Roční mortalita na plochách vyjádřená v hodnotách výčetní základny odumřelých stromů v daném roce

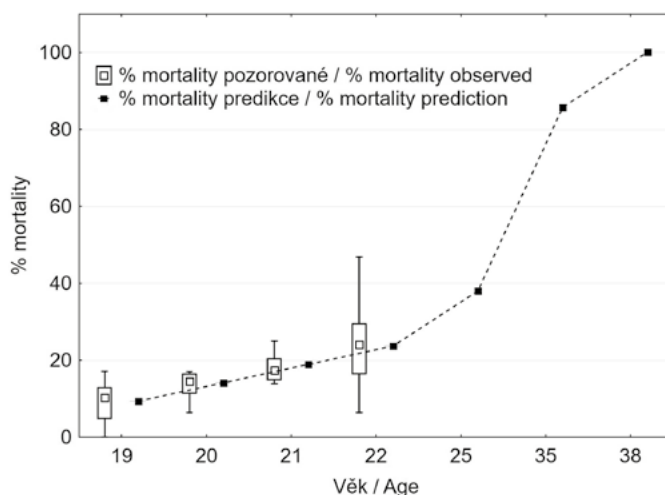
**Fig. 7.**  
Annual mortality expressed in values of basal area of dead trees



**Obr. 8.** Změna zdravotního stavu jednotlivých stromů na hodnocených plochách mezi roky 2016–2018  
**Fig. 8.** Changes in health status of individual trees between 2016–2018 on the research plots

Střední tloušťce kmene a střední výšce v roce 2018 odpovídá zařazení porostu podle růstových tabulek ČERNÝ et al. (1996) do bonity 1+. Porost by měl mít v tomto věku zásobu 180 m<sup>3</sup>/ha a výčetní základnu 32 m<sup>2</sup>/ha. Reálná zásoba je však pouze 144,9 m<sup>3</sup>/ha a výčetní základna 24,1 m<sup>2</sup>/ha. Těmto údajům odpovídá zakmenění 0,8. Pro věk 19 let nejsou v růstových tabulkách k dispozici údaje o přírůstu. Pro věk 25 let nicméně tabulkový běžný přírůst činí 27 m<sup>3</sup>/ha.rok. Reálný průměrný přírůst na sledovaných plochách byl ve věku 22 let 3,12 m<sup>3</sup>/ha.

Dynamika změn produkčních charakteristik a zdravotního stavu na pokusných plochách nedává předpoklady pro úspěšné dopěstování porostu do mýtního věku. Predikovanou dobu do celkového odumření porostu odvozenou pomocí jednoduchého mortalitního modelu je nutné chápat jako maximální. Z hlediska managementových adaptačních opatření se jeví jako nejvhodnější využití principu tzv. pasivní adaptace (BOLTE et al. 2009), tedy minimalizace zásahů do vývoje porostu. Následná obnova by měla být zaměřena na návrat k přirozené dřevinné skladbě, která pro lesní typ 5S5 znamená zvýšení podílu BK a JD. Se smrkem je v těchto stanovištních podmínkách nutné počítat jen jako s vtroušenou dřevinou. Zejména s ohledem na zachování produkce se v dané lokalitě jako perspektivní jeví vyšší využití douglasky tisolisté, která je pro daný lesní typ nově zařazena také mezi meliorační a zpevňující dřeviny (MZE ČR 2018). PODRÁZSKÝ et al. (2014) doporučují pro soubor lesních typů 5S až 5% zastoupení této dřeviny.



**Obr. 9.** Předpokládaný vývoj mortality na plochách. Měřítko na ose x má rozdílné intervaly pro pozorované hodnoty a pro predikce modelu  
**Fig. 9.** Predicted development of mortality on the plots. The x-axis scale has different intervals for observed values and for prediction of the model

## ZÁVĚR

V oblasti severní Moravy a Slezska jsme v současnosti na mnoha lokalitách svědky plošného rozpadu smrkových porostů. Hlavními predispozičními faktory tohoto stavu jsou chronická poškození fytopatogeny, zejména v podobě kořenových hnilob působených václavkami (*Armillaria* sp.), v kombinaci s extrémními epizodami sucha a přísušků. U starších porostů představuje hlavní mortalitní faktor napadení kůrovci, obzvláště lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*). Šetření ve smrkové tyčovíně prezentované v této studii naznačuje, že v případě mladších porostů nemusí být mortalitním faktorem napadení kůrovci rodu *Ips*, neboť hlavně pro lýkožrouta smrkového nejsou tyto tenkokořé smrky dostatečně atraktivní. K odumírání těchto porostů může docházet pouze v důsledku působení václavky, která zásadně ovlivňuje funkčnost kořenového systému, tedy příjem vody a živin. Tento efekt je v současnosti ještě zesílen vlivem epizod sucha. Vzhledem k deficitním obsahům vápníku a hořčíku v půdě nelze v současné situaci očekávat zlepšení zdravotního stavu v mladších smrkových porostech ani v případě příznivější vodní bilance. Jako vhodné adaptační opatření se jeví využití některé z forem chemické meliorace, ideálně již od stadia kultur. Uplatnění změn v dřevinné skladbě směrem ke zvýšení podílu melioračních a vhodných introdukovaných dřevin v kombinaci s chemickou meliorací je cestou k zachování produkční funkce lesa i na lokalitách v současnosti silně poškozených.

### Poděkování:

Príspevek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu QJ1620415 „Diferencované pěstební postupy pro chřadnoucí smrkové porosty 4. a 5. lesního vegetačního stupně“ a byl též podpořen Ministerstvem zemědělství v rámci institucionální podpory MZE – RO0118. Autoři rovněž děkují za spolupráci zaměstnancům Městských lesů Olomouc.

## LITERATURA

- BOLTE A., AMMER C., LÖF M., MADSEN P., NABUURS G. J., SCHALL P., SPATHELF P., ROCK J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24 (6): 473–482.
- BRÉDA N., HUC R., GRANIER A., DREYER E. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63 (6): 625–644. DOI: 10.1051/forest:2006042
- CIENCIALA E., TUMA J., ZATLOUKAL V., BERANOVÁ J., HOLÁ Š., HŮNOVÁ L., RUSS R. 2017. Recent spruce decline with biotic pathogen infestation as a result of interacting climate, deposition and soil variables. *European Journal of Forest Research*, 136 (2): 307–317. DOI: 10.1007/s10342-017-1032-9
- ČERMÁK P., JANKOVSKÝ L., CUDLÍN P. 2004. Risk evaluation of the climatic change impact on secondary Norway spruce stands as exemplified by the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 50 (6): 256–262.
- ČERMÁK P. 2014. Jak reaguje smrk na klimatické změny. In: NOVÁK J., DUŠEK D. (eds.): Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. Sborník přednášek odborného semináře, 14. 10. 2014, Budišov nad Budišovkou. Opočno, VÚLHM – VS: 9–15.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. Smrk, borovice, buk, dub. Jílové u Prahy, IFER: 245 s.
- ČIHÁK T., VEJPUŠTKOVÁ M., ŠRÁMEK V. 2017. Kvantifikace nadzemní biomasy lesních porostů s pomocí vstupních veličin zjišťovaných pomocí bezpilotními letadly. In: Sitková, Z., Pavlenda, P. (ed.): Dlhodobý ekologický výskum a monitoring lesov: súčasné poznatky a výzvy do budúcnosti. Zborník recenzovaných príspevkov z konferencie. 7.–8. November 2017. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav: 37–41.
- ČIHÁK T., VEJPUŠTKOVÁ M. 2018. Parameterisation of allometric equations for quantifying aboveground biomass of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 64 (3): 108–117.
- DESPREZ-LOUSTAU M.L., MARÇAIS B., NAGELEISEN L.M., PLOU D., VANNINI A. 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of Forest Science*, 63 (6): 597–612. DOI: 10.1051/forest:2006040
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2014. Reakce mladých smrkových porostů na výchovné zásahy v oblastech chronického chřadnutí smrku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (2): 104–108.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. 2017. Zdravotní stav smrkových mlazin v oblasti chřadnutí smrku po prvních výchovných zásazích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62 (1): 16–22.
- FABIÁNEK P., HELLEBRANDOVÁ K., ČAPEK M. 2012. Monitoring of defoliation in forest stands of the Czech Republic and its comparison with results of defoliation monitoring in other European countries. *Journal of Forest Science*, 58 (5): 193–202.
- HOLUŠA J., LIŠKA J. 2002. Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47: 9–15.
- HOLUŠA J. 2004. Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, 51: 11–15.
- HOLUŠA J., LUBOJACKÝ J., ČURN V., TONKA T., LUKÁŠOVÁ K., HORÁK J. 2018. Combined effects of drought stress and *Armillaria* infection on tree mortality in Norway spruce plantations. *Forest Ecology and Management*, 427: 434–445. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.01.031
- JANDL R., SMIDT S., MUTSCH E., FÜRST A., ZECHMEISTER H., BAUER H., DIRNBÖCK T. 2012. Acidification and nitrogen eutrophication of Austrian forest soils. *Applied and Environmental Soil Science: Art. ID 632602: 1–9.*
- JANKOVSKÝ L. 2014. Role houbových patogenů v chřadnutí smrku. In: NOVÁK J., DUŠEK D. (ed.): Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. Sborník přednášek odborného semináře, 14. 10. 2014, Budišov nad Budišovkou. Opočno, VÚLHM – VS: 20–30.
- JENIŠ J. 2013. Chřadnutí smrkových porostů v Oderských vrších. In: VLS ČR, s. p., ČLS, o. s. (ed.): Lýkožrout severský (*Ips duplicatus* Sahl.) – jeho vliv na chřadnutí smrkových porostů. Sborník referátů, 25. – 26. 4. 2013, Libavá. Kostelec n. Č. l., Lesnická práce: 11–13.
- LABAJ L. 2013. Chřadnutí smrkových porostů – současnost a vývoj, účinnost obranných opatření na KŘ Frýdek-Místek. In: VLS ČR, s. p., ČLS, o. s. (ed.): Lýkožrout severský (*Ips duplicatus* Sahl.) – jeho vliv na chřadnutí smrkových porostů. Sborník referátů, 25. – 26. 4. 2013, Libavá. [Praha], Česká lesnická společnost: 14–17.
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATI A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTRÖM M., LEXER M.J., MARCHETTI M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259 (4): 698–709. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.09.023
- LUBOJACKÝ J. 2018. Kůrovcová kalamita na severovýchodě Česka. In: Knížek M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2017/2018 – Kůrovcová kalamita a možnosti řešení. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2018. Lesní ochranná služba, VÚLHM. Zpravodaj ochrany lesa, 21: 51–55.

- MAUER O. 2013. Václavka (*Armillaria* sp.) – další aspekt chřadnutí smrkových porostů. In: VLS ČR, s. p., ČLS, o. s. (ed.): *Lýkožrout severský (*Ips duplicatus* Sahl.) – jeho vliv na chřadnutí smrkových porostů*. Sborník referátů, 25. – 26. 4. 2013, Libavá. [Praha], Česká lesnická společnost: 25–32.
- MZE ČR. 2018. Vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In: *Sbírka zákonů ČR*. 11. prosince 2018.
- NEMANI R.R., KEELING C. D., HASHIMOTO H., JOLLY W.M., PIPER S.C., TUCKER C.J., MYNENI R.B., RUNNING S.W. 2003. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science* (Washington), 300 (5625): 1560–1563. DOI: 10.1126/science.1082750
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2013. Škody působené václavkou v smrkových porostech severní Moravy a Slezska. *Lesnická práce*, 92 (6): 368–369.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. *Lesnícky časopis*, 37 (1): 49–56.
- PODRÁZSKÝ V., PULKRAB K., SLOUP R., PRKNOVÁ H., PADUCHOVÁ M. 2014. Zhodnocení produkčního potenciálu douglasky tisolisté v České republice. In: Slodičák M. et al.: *Pěstební postupy pro zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 234–261.
- PRETZSCH H., BIBER P., SCHÜTZE G., UHL E., RÖTZER T. 2014. Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nature Communications*, 5: 4967: 1–10.
- REYER C., BATHGATE S., BLENNOW K., BORGES J.G., BUGMANN H., DELZON S., FAIAS S.P., GARCIA-GONZALO J., GARDINER B., GONZALEZ-OLABARRIA J.B., GRACIA C., HERNÁNDEZ, J.G., KELLOMÄKI S., KRAMER K., LEXER M.J., LINDNER M., MAATEN E. VAN DER, MAROSCHEK M., MUYS B., NICOLL B., PALAHI M., PALMA L.H.N., PAULO J.A., PELTOLA H., PUKKALA T., RAMMER W., RAY D., SABATÉ S., SCHELHAAS M.J., SEIDL R., TEMPERLI C., TOMÉ M., YOUSEFPOUR R., ZIMMERMANN N.E., HANEWINKEL M. 2017. Are forest disturbances amplifying or canceling out climate change – induced productivity changes in European forests? *Environmental Research Letters*, 12 (3): 034027: 1–12. DOI: 10.1088/1748-9326/aa5ef1
- RYDVAL M., WILSON R. 2012. The impact of industrial SO<sub>2</sub> pollution on North Bohemia conifers. *Water, Air, and Soil Pollution*, 223 (9): 5727–5744. DOI: 10.1007/s11270-012-1310-6
- SAMEC P., TUREK K., RYCHTECKÁ P., VAVŘÍČEK D., MIFKOVIČOVÁ M., VICHER M., KYNICKÝ J. 2011. The prospects for forests in the western Carpathians. *Forest ecology in global perspective*. Olomouc, Palacký University Olomouc: 124 s.
- SPIECKER H., MIELIKÄINEN K., KÖHL M., SKOVSGAARD J.P. (ed.) 1996. Growth trends in European forests: studies from 12 countries with 127 figures. Berlin, Springer: 372 s. European Forest Institute Research Report: No 5.
- SPITTLEHOUSE D.L., STEWART R.B. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 4 (1): 7–17.
- STANOVSKÝ J. 2002. The influence of climatic factors on the health condition of forests in the Silesian Lowland. *Journal of Forest Science*, 48 (10): 451–458.
- ŠRÁMEK V., JURKOVSKÁ L., FADRHOŇSOVÁ V., HELLEBRANDOVÁ-NEUDERTOVÁ K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektu EU „BioSoil“. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (4): 314–323.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., FADRHOŇSOVÁ V. 2015. Chřadnutí smrkových porostů v oblasti severní Moravy a Slezska. [Decay of Norway spruce stands and quality of forest soils in the region of northern Moravia and Silesia]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): 147–153.
- STATSOFT, Inc. (2013). STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- TUREK K., SAMEC P., VICHER M., ŽÁRNÍK M., KRÍSTEK Š. 2016. Chřadnutí smrku ztepilého (*Picea abies*/L./ Karst.) v Těšínských Beskydech. Wasting of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) in Těšínské Beskydy mountains. In: Holušová K. (ed.): *Karpatské lesy*. Sborník příspěvků. Konference věnovaná Karpatské úmluvě a Protokolu o trvalé udržitelném obhospodařování lesů k Rámcové úmluvě o ochraně a udržitelném rozvoji Karpat. Bunč, Chřiby, 4. – 5. 5. 2016. Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 68–77.
- ÚHÚL. 2007. Národní inventarizace lesů v České republice, Úvod, metody, výsledky I. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 224 s.
- VEJPUŠTKOVÁ M., ČIHÁK T., SAMUSEVICH A., ZEIDLER A., NOVOTNÝ R., ŠRÁMEK V. 2017. Interactive effect of extreme climatic event and pollution load on growth and wood anatomy of spruce. *Trees*, 31 (2): 575–586. DOI: 10.1007/s00468-016-1491-5
- VRIES W. DE, DOBBERTIN M.H., SOLBERG S., DOBBEN H.F. VAN, SCHAUB M. 2014. Impacts of acid deposition, ozone exposure and weather conditions on forest ecosystems in Europe: an overview. *Plant and Soil*, 380 (1–2): 1–45. DOI: 10.1007/s11104-014-2056-2
- VÚLHM. 2016. Diferencované pěstební postupy pro chřadnoucí smrkové porosty 4. a 5. lesního vegetačního stupně. Výroční zpráva za rok 2016. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti.
- WALTHER G.R., POST E., CONVEY P., MENZEL A., PARMESAN C., BEEBEE T.J.C., FROMENTIN J.M., HOEGH-GULDBERG O., BAIRLEIN F. 2002. Ecological responses to recent climate change, *Nature*, 416 (6879): 389–395. DOI: 10.1038/416389a
- ZANG C., HARTL-MEIER C., DITTMAR C., ROTHE A., MENZEL A. 2014. Patterns of drought tolerance in major European temperate forest trees: Climatic drivers and levels of variability. *Global Change Biology*, 20 (12): 3767–3779. DOI: 10.1111/gcb.12637

**Online zdroj:**

ÚHÚL. 2013. <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/narodni-lesnicky-program/> [cit. 2018-03-03].



## ANALYSIS OF CHANGES IN PRODUCTION AND HEALTH STATUS OF POLE-STAGE SPRUCE STAND IN THE NATURAL FOREST AREA OF THE NÍZKÝ JESEŇÍK MTS.

### SUMMARY

In recent years, there have been significant changes in the production and health status of forest stands (SPECKER et al. 1996; PRETZSCH et al. 2014). This can be due to increased nitrogen deposition (JANDL et al. 2012), climate change (NEMANI et al. 2003), or the alteration in forest management (LINDNER et al. 2010). These changes should be considered in the context of disturbances (REYER et al. 2017). In many cases, there are several factors involved, and their quantification may not be unambiguous.

One of the areas is heavily affected by intensive dieback of spruce stands is Northern Moravia and Silesia (Czech Republic) (HOLUŠA, LIŠKA 2002). Here, the damage to forests has accelerated in recent years. (CIENCIALA et al. 2017).

The aim of this work was to evaluate the changes in the production characteristics and health status of young spruce stand in the natural forest area of the Nížký Jeseník Mts. (Czech Republic). The partial aim was to predict the future development of the stand and propose management measures in order to preserve the production function of the forest.

In autumn 2015, 12 plots were established in young spruce stand as a part of ameliorative experiment (Fig.1). The plots (225 m<sup>2</sup> each) were selected to have at least 25 alive spruce trees. During the years 2016–2018, repeated dendrometric measurements and defoliation assessments were performed on the plots. The data from the initial dendrometric investigation are presented in Table 1. The assessment of the extent of biotic damages was carried out in 2016.

Between 2016 and 2018, the annual diameter increments slowed down from 0.5 cm to 0.4 cm (Fig. 2) and height increments from 0.59 to 0.24 m (Fig. 3). The stand basal area decreased from 24.7 to 24.1 m<sup>2</sup>/ha (Fig. 4). Stand basal area increment and volume increment show similar trend. Volume increments decreased from 6.86 m<sup>3</sup>/ha to 3.12 m<sup>3</sup>/ha. The mean standing volume was 135.9 m<sup>3</sup>/ha in 2015 and it rose to 144.9 m<sup>3</sup>/ha in 2018 (Fig. 5). Cumulative mortality reached 24.1% in 2018, which means an increase of 13.9% compared to 2015. Defoliation increased from 25.8% to 30.5% (Fig. 6). Mean annual mortality rate, expressed as basal area of dead trees (m<sup>2</sup>/ha), ranges from 1.7 to 4.4 m<sup>2</sup>/ha with the highest value reaching in 2018 (Fig. 7). The trend in health status of individual trees on the research plots between years 2016–2018 is presented in Fig. 8. The figure shows high mortality on most plots as well as the increase in defoliation. Frequently observed defoliation of tree tops was not caused by leaf-eating pests or bark beetles. In 20–50% of trees, chronic infestation by *Armillaria sp.* was found. Trees attacked by bark beetles did not occur on experimental plots at the time of initial assessment. By the end of 2018, however, the surrounding mature spruce stands were decimated by the disastrous outbreak of *Ips typographus*, whose pressure was reflected in the attack of trees in this young plantation and contributed to the increased mortality. Approximately 5–10% of trees were damaged by deer browsing and barking.

The linear regression model was parameterized to estimate the development of the stand. The model predicts the changes in mortality rates over time. The age of the stand was used as an independent variable. The dependent variable was the cumulative number of dead trees on the plots. The model achieves a value of the coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.36. Both parameters are statistically significant (Tab. 2) and residuals have normal distribution (Fig. 9). Assuming the current trend in mortality, the stand disintegration (cumulative mortality 100.1%) is expected at the age of 38 years.

The dynamics of changes in production characteristics and health status of trees on experimental plots does not provide prerequisites for their successful cultivation to the maturity age.

Considering the management adaptive measures, it is the most appropriate to use the principle of so-called passive adaptation, i.e. minimal interventions in the development of the stand (BOLTE et al. 2009). Subsequent forest restoration should be focused on the return to the natural tree species composition, which for forest type nutrient-medium Fir-Beech means an increase in the share of fir and beech. In these site conditions, spruce should be considered only as an interspersed species. With regard to the preservation of the forest production, there is a promising higher utilization of Douglas-fir, which for given forest type has been newly included in the improving and stabilizing tree species (MZE ČR 2018). PODRÁZSKÝ et al. (2014) recommend up to 5% share of this tree species for nutrient-medium Fir-Beech forest type.

Zasláno/Received: 25. 01. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 04. 03. 2019