

# ŠTRUKTÚRA PORASTOV, SVETELNÁ MIKROKLÍMA A DISTRIBÚCIA JEDINCOV DOLNEJ VRSTVY VO VÝBERKOVÝCH LESOCH V DVOCH LOKALITÁCH SLOVENSKA

## STAND STRUCTURE, LIGHT MICROCLIMATE AND DISTRIBUTION OF LOWER LAYER INDIVIDUALS IN SELECTION FORESTS IN TWO LOCALITIES OF SLOVAKIA

JAROSLAV VENCURIK ✉ - STANISLAV KUCBEL - MILAN SANIGA - PETER JALOVIAR - ZUZANA PAROBEKOVÁ - DENISA SEDMÁKOVÁ - JÁN PITTNER

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, SK - 960 53 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: [vencurik@tuzvo.sk](mailto:vencurik@tuzvo.sk)

### ABSTRACT

The goal of the study was the analysis of structure and distribution of lower tree layer individuals according to the microsite conditions in mixed spruce-fir (beech) selection forests of Slovakia. The collection of data for the analysis of structure and lower tree layer of selected forest stands was carried out in 2013 on a series of 138 sample plots. For the lower tree layer individuals (dbh  $\leq$  8 cm) we registered tree species and height, and in the case of seedlings with height  $\leq$  20 cm also the seedbed type (moss, moss with *Vaccinium myrtillus*, litter, litter with *V. myrtillus*, deadwood and others). We assessed the percentage of ground vegetation coverage. In the centre of each research plot, hemispherical photographs were taken in the heights of 1.3 m and 3.5 m above the ground. The results showed that diffuse radiation was not correlated with any basic dendrometric traits of studied stands. In general, increased amount of diffuse light had a positive impact on the representation of Norway spruce in lower tree layer, however, there was a rather negative influence on the silver fir. Litter as a seedbed formed suitable conditions for germination and establishment of fir seedlings. Emergence of spruce seedlings on litter was limited mainly by the share of spruce needles. In the stands with high spruce proportion, the dominant seedbed for its natural regeneration were therefore the mosses, also in combination with *Vaccinium myrtillus*.

**Kľúčové slová:** výberkový les, dolná vrstva, nepriame žiarenie, kľúčne lôžko

**Key words:** selection forest, lower tree layer, diffuse light, seedbed

### ÚVOD

Základným predpokladom plnenia všetkých požadovaných funkcií výberkových lesov je udržiavanie diferencovanej štruktúry porastov (TREPP 1974), ktorá sa bežne vyskytuje aj v pralesovitých spoločenstvách s podobným drevinovým zložením (SANIGA et al. 2008; PAROBEKOVÁ et al. 2016). Trvalá existencia takejto štruktúry umožňuje plynulé dorastanie stromov do vyšších hrúbkových tried a je závislá od neustálej, spontánnej prirodzenej obnovy k zatienu tolerantných druhov drevín, predovšetkým smreka, jedle a buka (SCHÜTZ 2001a; NYLAND 2002; MATTHEWS 2006).

Výberkové lesy poskytujú v prízemnom horizonte a na pôde priaznivé ekofyziologické podmienky pre vznik a následný rast jedincov prirodzenej obnovy (SPIECKER 1986; REININGER 2000). Jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich regeneračné procesy vo výberkových lesoch sú svetelno-ekologické podmienky, ktoré sú tu reprezentované predovšetkým nepriamym žiarením (SCHÜTZ 2001b). Intenzitu a kvalitu žiarenia v porastovom vnútri významne ovplyvňuje dospelý porast, čo potvrdzujú viaceré štúdie (EMBOG 1998; CHRIMES, NILSON 2005; BARBIER et al. 2008). Štruktúrna fragmentácia hornej vrstvy výberkových porastov preto podmieňuje heterogenitu svetelných pomerov v dolnej vrstve, ktoré veľkou mierou limitujú predovšetkým

rast jedincov prirodzenej obnovy a stromov dolnej vrstvy (REININGER 2000; DUCHESNEAU et al. 2001; GRASSI et al. 2004).

Pre vznik prirodzenej obnovy pod clonou porastu sú okrem svetla dôležité aj iné faktory, ako druhové zloženie a konkurencia stromovej vegetácie (ČAVLOVIČ et al. 2006; PALUCH, JASTRZĘBSKI 2013), rozptyl semena (HILLE et al. 2003; SZYMURA et al. 2007), topografia mikoreliéfu (HÖRNBERG et al. 1997; COLLINS, BATTAGLIA 2002; DIACI et al. 2005) atď. Mimoriadny vplyv na priebeh iníciačných fáz prirodzenej obnovy drevín má charakter kľúčneho lôžka, a tiež pokrývnosť a druhové zloženie prízemnej vegetácie (BRANG 1996; CACCIA, BALLARÉ 1998; SIMARD et al. 1998; PALUCH 2005). Tieto premenné sú často priestorovo nekorelované, alebo negatívne korelované so svetelnými podmienkami. V dôsledku toho výskyt priaznivých podmienok pre prirodzenú obnovu nemusí úzko súvisieť len s umiestnením medzier v poraste, a to aj v prípade, že jedince prirodzenej obnovy sú tu kompetične zvýhodnené v porovnaní s uzavretými časťami porastu (WARD, PARKER 1989; SZWAGRZYK et al. 1996; GRASSI et al. 2004). Prehĺbenie uvedených poznatkov v špecifických podmienkach výberkových lesov môže prispieť k lepšiemu pochopeniu ich regeneračných procesov.

Cieľom príspevku bola analýza štruktúry a distribúcie jedincov dolnej vrstvy vo vzťahu k podmienkam mikrostanovišta vo vybraných

výberkových lesoch Slovenska. Predovšetkým sme sa zamerali na: (1) zhodnotenie stavu štruktúry skúmaných porastov a ich regeneračných procesov, (2) kvantifikáciu svetelných pomerov v dolnej vrstve porastov, (3) odvodenie vzťahov medzi základnými dendrometrickými charakteristikami porastov a dolnou vrstvou a (4) stanovenie vplyvu nepriameho žiarenia a typu kľúčneho lôžka na distribúciu jedincov smreka a jedle v dolnej vrstve.

## MATERIÁL A METODIKA

Objektmi výskumu v tejto štúdii boli smrekovo-jedľové (bukové) výberkové lesy (Volovské vrchy, dielce 144 a 149), resp. lesy v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les (Starohorské vrchy, dielce 1631 a 1632c) v Slovenskej republike (tab. 1). Zber údajov pre analýzu štruktúry týchto porastov a jedincov dolnej vrstvy sa uskutočnil v roku 2013 na sérii 138 výskumných plôch. Tieto boli rozmiestnené pravidelne po celej ploche skúmaných porastov v sieti 58 m × 58 m (dielce 144 a 149), resp. 35 m × 35 m (dielce 1631 a 1632c). Každá výskumná plocha sa skladala zo štvorcovej subplochy (25 m<sup>2</sup>) a troch koncentrických kruhov s polomeri 5,64 m, 8,92 m, 12,62 m a s plochou 100 m<sup>2</sup>, 250 m<sup>2</sup> a 500 m<sup>2</sup> (modifikácia metódy inventarizácie podľa práce VANDEKERKHOVE et al. 2005).

Na štvorcovej subploche sa evidoval na všetkých jedincoch prirodzenej obnovy s výškou ≤ 130 cm (s výnimkou jednoročných semenáčikov) druh dreveniny a merala sa ich výška. Následne boli tieto jedince rozdelené do dvoch kategórií: semenáčky (výška ≤ 20 cm) a nárast (20 cm < výška ≤ 130 cm). Na každej štvorcovej subploche sa určoval odhadom v rastru 1 × 1 m aj plošný podiel jednotlivých druhov kľúčneho lôžka (mach, mach s porastom *Vaccinium myrtillus*, opadanka, opadanka s porastom *Vaccinium myrtillus*, mŕtve drevo, ostatné) a evidovala sa príslušnosť semenáčikov k nim. Zisťovalo sa tu tiež percento pokrytia plochy prízemnou vegetáciou (okrem prirodzenej obnovy drevín), s presnosťou na 10 %.

Údaje o mladine (stromy s výškou > 130 cm a s hrúbkou  $d_{1,3} \leq 4$  cm) a o žrdkvine (stromy s hrúbkou  $d_{1,3}$  4–8 cm) boli získané na kruhových subplochách s polomerom 5,64 m (100 m<sup>2</sup>), resp. 8,92 m (250 m<sup>2</sup>). Evidoval sa druh dreveniny, merala sa hrúbka  $d_{1,3}$  a výška jedincov.

Pre vybrané kategórie (semenáčky, nárast a mladina) bola následne vypočítaná podľa jednotlivých druhov drevín ich sumárna výška (DOBROWOLSKA 1998).

Informácie o štruktúre porastu (stromy s hrúbkou  $d_{1,3} > 8$  cm) podľa jednotlivých druhov drevín boli získané na subplochách s polomerom 12,62 m (500 m<sup>2</sup>). Merala sa tu hrúbka a výška stromov.

V strede každej výskumnej plochy boli vyhotovené vo výške 1,3 m (maximálna výška nárastu) a 3,5 m (maximálna výška mladiny) nad povrchom terénu hemisférické snímky. Na snímkovanie bol použitý systém Mid-OMount 10MP firmy Régent Instruments Inc. (digitálny fotoaparát s rozlíšením 10 MP, nástavec na objektiv s ohniskovou vzdialenosťou 8 mm) a teleskopický statív Manfrotto Junior 269HDBU High Super AluStand s maximálnym dosahom 7,3 m. V práci sú uvedené hodnoty nepriameho žiarenia (indirect site factor – ISF), vypočítané ako relatívne veličiny v pomere k osvetleniu voľnej plochy, resp. osvetleniu nad korunami stromov.

Všetky štatistické analýzy boli vykonané pomocou programu Statistica 6.0. Pre vyrovnanie empirických hrúbkových početností stromov v skúmaných porastoch bola použitá nelineárna regresia (negatívna exponenciálna funkcia). Na vyhodnotenie skúmaných vzťahov (porastové charakteristiky, nepriame žiarenie, sumárna výška jedincov, % sumárnej výšky jedincov, % vegetačného krytu) bola použitá lineárna regresná a korelačná analýza (ZAR 1999). Korelácie boli označené ako významné na hladine  $p < 0,05$ . Pre posúdenie významnosti rozdielov nepriameho žiarenia medzi dielcami navzájom bol použitý Studentov t-test ( $p < 0,05$ ). Pri podielových veličinách bola pred samotným testom vykonaná arkus-sínusová transformácia dát.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Štruktúra porastov a svetelné pomery v dolnej vrstve

V skúmaných výberkových lesoch kolísala početnosť stromov s hrúbkou  $d_{1,3} > 8$  cm od 505 ks.ha<sup>-1</sup> (dielec 144) do 649 ks.ha<sup>-1</sup> (dielec 1632c), kruhová základňa od 39,9 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (dielec 144) do 42,3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (dielec 1631) a zásoba od 422 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (dielec 1632c) do 543 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (dielec 144, tab. 2). Empirické rozdelenia hrúbkových početností skúmaných porastov vykazovali typický klesajúci trend, čo potvrdili tiež hodnoty rozptylov použitých negatívnych exponenciálnych kriviek ( $R^2 = 0,826$  pre dielec 144;  $R^2 = 0,837$  pre dielec 149;  $R^2 = 0,817$  pre dielec 1631 a  $R^2 = 0,771$  pre dielec 1632c).

Skúmané porasty boli tvorené predovšetkým smrekom a jedľou v rôznom pomere (tab. 2). V dielcoch 144 a 149 boli vo väčšej miere

**Tab. 1.**  
Základné charakteristiky výskumných objektov  
Basic characteristics of research objects

	d144	d149	d1631	d1632c
Zemepisná šírka (°N) <sup>1)</sup>	48°46'54"	48°46'42"	48°52'25"	48°52'30"
Zemepisná dĺžka (°E) <sup>2)</sup>	20°49'05"	20°48'40"	19°14'28"	19°14'18"
Výmera dielca (ha) <sup>3)</sup>	13.80	15.79	3.58	2.50
Nadmorská výška (m n. m.) <sup>4)</sup>	510–600	550–670	930–950	900–940
Sklon svahu (%) <sup>5)</sup>	30	25	25	85
Expozícia <sup>6)</sup>	NW	W	NW	NW
Geologické podložie <sup>7)</sup>	Fylit, rula <sup>12)</sup>	Fylit, rula <sup>12)</sup>	Žula <sup>13)</sup>	Žula <sup>13)</sup>
Pôdny typ <sup>8)</sup>	Kambizem <sup>14)</sup>	Kambizem <sup>14)</sup>	Rankrová pôda <sup>15)</sup>	Rankrová pôda <sup>15)</sup>
Priemerná ročná teplota (°C) <sup>9)</sup>	6.0–6.5	6.0–6.5	6.1–6.6	6.1–6.6
Ročný zrážkový úhrn (mm) <sup>10)</sup>	550–650	550–650	850–950	850–950
Skupina lesných typov (ZLATNÍK 1976) <sup>11)</sup>	<i>Fageto-Abietum nst.</i>	<i>Fageto-Abietum nst.</i>	<i>Fagetum-abietino-piceosum</i>	<i>Fagetum-abietino-piceosum</i>

<sup>1)</sup> latitude, <sup>2)</sup> longitude, <sup>3)</sup> compartment size, <sup>4)</sup> altitude, <sup>5)</sup> slope, <sup>6)</sup> aspect, <sup>7)</sup> bedrock, <sup>8)</sup> soil type, <sup>9)</sup> mean annual temperature, <sup>10)</sup> annual precipitation, <sup>11)</sup> ecosite, <sup>12)</sup> phyllite, gneiss, <sup>13)</sup> granite, <sup>14)</sup> cambisol, <sup>15)</sup> ranker

zastúpené tiež dreviny borovica (8,2%, resp. 11,2% z počtu stromov; 22,1%, resp. 33,6 % zo zásoby porastu) a buk (22,0%, resp. 18,8% z počtu stromov; 4,7%, resp. 6,5% zo zásoby porastu). V dielcoch 1631 a 1632c sa popri jedli a smreku vyskytoval tiež buk, a v dielci 1631 navyše aj smrekovec (3,7% z počtu stromov; 3,4% zo zásoby porastu).

Zistené hodnoty nepriameho žiarenia v prostredí dolnej vrstvy skúmaných porastov nepresiahli na jednotlivých výskumných plochách hranicu 30% (obr. 1). Približne pri 2/3 výskumných plôch sa hodnoty nepriameho žiarenia pohybovali v intervale 5–15%. Aj napriek výraznej diferencovanej štruktúre výberkových lesov sa veľká časť ich plochy nachádzala v relatívne homogénnych svetelných podmienkach. Diferencie v intenzite nepriameho žiarenia medzi výskumnými objektmi boli napriek rozdielnemu drevinovému zloženiu porastov, a tým aj odlišnej priepustnosti svetla korunami stromov jednotlivých druhov drevín (hlavne borovice a buka) nevýznamné ( $p > 0,05$ ). Pritom šírky korún listnatých drevín vo výberkových porastoch môžu byť 2 až 3-krát väčšie v porovnaní s ihličnatými drevinami (SCHÜTZ, RÖHNISCH 2003). Viacerí autori poukazujú tiež na významný, negatívny vplyv zväčšujúcej sa kruhovej základne na svetelné pomery vo vnútri porastu (JENKINS, CHAMBERS 1989; MITCHELL, POPOVICH 1997). Ten sa však v našej štúdii nepotvrdil.

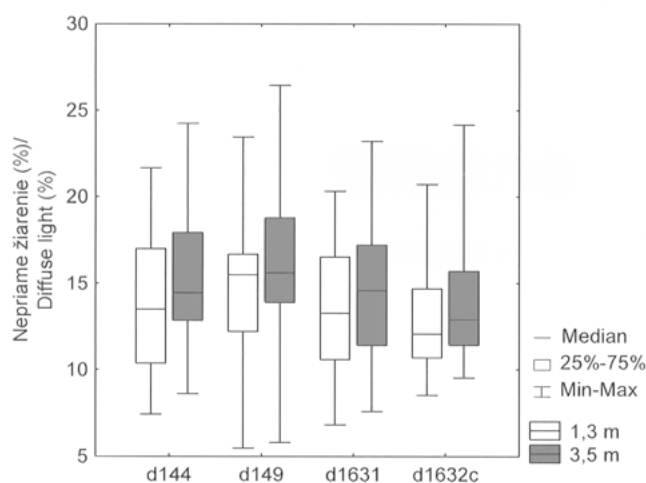
### Štruktúra dolnej vrstvy

Celkový počet jedincov dolnej vrstvy s hrúbkou  $\leq 8$  cm varíoval v skúmaných porastoch od  $15\ 016 \pm 2697$  ks.ha<sup>-1</sup> (dielec 1632c) do  $24\ 943 \pm 2367$  ks.ha<sup>-1</sup> (dielec 149). Kategória nárastu tvorila 31,0% (dielec 1631) až 46,9% (dielec 1632c) z celkového počtu jedincov dolnej vrstvy; rastová fáza mladiny 8,2% (dielec 144) až 10,1% (dielec 1632c) a žrdkoviny len 1,4% (dielec 149) až 3,0% (dielec 1631). Zvyšok tvorili semenáčky (tab. 3). V dielcoch 144 a 149 bol priaznivý priebeh prirodzenej obnovy drevín pri pomerne vysokej zásobe porastov ( $543\ \text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ , resp.  $535\ \text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ ) možný len vďaka značnému zastúpeniu borovice v hornej vrstve.

Dolná vrstva v skúmaných porastoch bola tvorená prevažne smrekom a jedľou v rôznom pomere (tab. 3). V dielcoch 144 a 149 bol vo väčšej miere, zvlášť v kategóriách mladiny a žrdkoviny, zastúpený aj buk. Jarabina sa vo všetkých objektoch vyskytovala sporadicky (< 10%) a takmer výlučne len v kategóriách semenáčikov a mladšieho dorastu. Zriedkavý bol javor horský (< 1%).

### Vplyv svetla a kľúčneho lôžka na distribúciu jedincov dolnej vrstvy

Sumárna výška jedincov dolnej vrstvy s hrúbkou  $d_{1,3} \leq 8$  cm na výskumných plochách bola slabo, ale významne ( $p < 0,05$ ) negatívne korelovaná s počtom stromov strednej a hornej vrstvy v dielcoch 144 ( $R^2 = 0,18$ ), 149 ( $R^2 = 0,24$ ) a 1631 ( $R^2 = 0,12$ ). Výnimkou bol dielec 1632c, v ktorom sa táto závislosť nepotvrdila ako signifikantná. Vplyv ostatných porastových charakteristík (kruhová základňa a zásoba porastu) na sumárnu výšku jedincov dolnej vrstvy bol vo všetkých objektoch nevýznamný. Podobne ako aj v iných štúdiách (VALKONEN, MAGUIRE 2005; EERIKÄINEN et al. 2007) kruhová základňa porastu nebola významným faktorom ovplyvňujúcim hustotu a vývoj jedincov dolnej vrstvy. Z uvedeného vyplýva, že pomocou kruhovej základne, resp. zásoby porastu nie je možné dostatočne vystihnúť zložitú regeneračnú procesov v nerovnovekých zmiešaných lesoch (WAGNER et



**Obr. 1.** Distribúcia nepriameho žiarenia vo výške 1,3 m a 3,5 m v skúmaných porastoch

**Fig. 1.** Distribution of diffuse radiation at the height of 1.3 m and 3.5 m in investigated stands

**Tab. 2.**

Základné porastové charakteristiky (stromy s hrúbkou  $d_{1,3} > 8$  cm) skúmaných výberkových lesov  
Basic stand characteristics (trees with dbh > 8 cm) of investigated selection forests

Charakteristika <sup>1)</sup>	d144	d149	d1631	d1632c
Počet stromov (priemer±S.E., ks.ha <sup>-1</sup> ) <sup>2)</sup>	505±30	559±36	616±38	649±58
Smrek (%) <sup>3)</sup>	14,3	13,1	57,0	80,6
Jedľa (%) <sup>4)</sup>	55,5	56,9	34,1	17,6
Ostatné (%) <sup>5)</sup>	30,2	30,0	8,9	1,8
Kruhová základňa (priemer±S.E., m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) <sup>6)</sup>	39,9±1,5	40,2±1,5	42,3±2,1	40,8±1,8
Smrek (%) <sup>3)</sup>	7,3	8,0	62,9	86,3
Jedľa (%) <sup>4)</sup>	64,2	52,1	31,4	13,2
Ostatné (%) <sup>5)</sup>	28,5	39,9	5,7	0,5
Zásoba (priemer±S.E., m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) <sup>7)</sup>	543±22	535±23	494±32	422±22
Smrek (%) <sup>3)</sup>	5,6	7,4	62,6	86,1
Jedľa (%) <sup>4)</sup>	67,6	52,5	33,0	13,5
Ostatné (%) <sup>5)</sup>	26,8	40,1	4,4	0,4

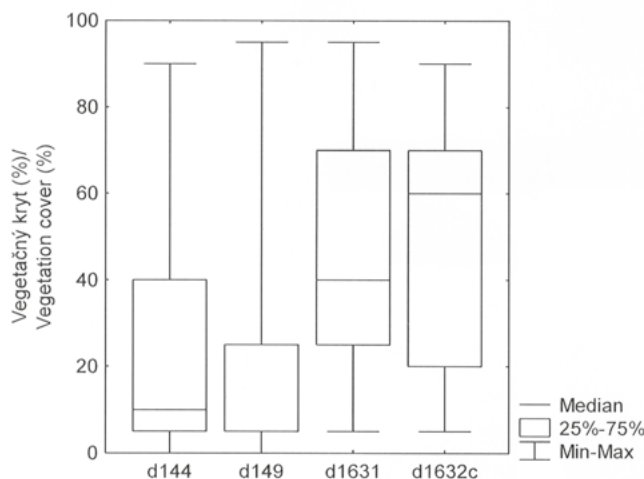
<sup>1)</sup>characteristics, <sup>2)</sup>stem number, <sup>3)</sup>spruce, <sup>4)</sup>fir, <sup>5)</sup>others (pine, larch, beech), <sup>6)</sup>basal area, <sup>7)</sup>growing stock

al. 2009). Na základe našich výsledkov je pre tento účel vhodnejší skôr počet stromov porastu, aj to len v obmedzenej miere.

Nepriame žiarenie vo výške 1,3 m, resp. 3,5 m neovplyvnilo významne ( $p > 0,05$ ) sumárnu výšku jedincov dolnej vrstvy na výskumných plochách vo vybraných dielcoch. Viaceré štúdie v posledných rokoch potvrdzujú, že vznik a vývoj prirodzenej obnovy ovplyvňujú veľkou mierou aj iné ekologické faktory (DIACI et al. 2005; ČAVLOVIČ et al. 2006; SZYMURA et al. 2007).

Pri smreku mala zvýšená hladina nepriameho žiarenia pozitívny, často aj štatisticky významný ( $p < 0,05$ ) vplyv na jeho zastúpenie v jednotlivých kategóriách dolnej vrstvy (tab. 4). Toto zistenie je aj v súlade s výsledkami štúdie DIACI (2002), realizovanej v premieňanom smrekovom poraste v slovinských Alpách. Naopak, pri jedli bola potvrdená významná negatívna závislosť len pri semenáčikoch v dielcoch 149, 1631 a náraste v dielci 1631. Nepriame žiarenie zväčša neovplyvňovalo významným spôsobom zastúpenie tejto dreviny, čo vo svojich prácach potvrdili aj CESCATTI (1996) a DOBROWOLSKA (1998). Je známe, že jedince prirodzenej obnovy jedle preferujú predovšetkým mikrostanovištia nachádzajúce sa pod clonou porastu alebo na okraji medzier (DIACI 2002; GRASSI et al. 2004; PALUCH 2005). Obmedzená schopnosť prirodzenej obnovy jedle využívať podmienky s vysokou intenzitou osvetlenia môže znamenať konkurenčnú nevýhodu pri obsadzovaní veľkých porastových medzier. Preto výskyt a odrastanie tejto dreviny je viazané skôr na menšie medzery v korunovej klenbe porastu (GRASSI, BAGNARESI 2001). Okrem svetla však regeneračné procesy smreka a jedle ovplyvňujú rôznou mierou aj iné faktory, ktoré komplikujú interpretáciu dosiahnutých výsledkov. Vplyv nepriameho žiarenia na zastúpenie ostatných drevín (buk, jarabina, javor) nebol vzhľadom na ich malú početnosť hodnotený.

Mediánové hodnoty pokrývnosti vegetácie (s výnimkou prirodzenej obnovy drevín) v skúmaných porastoch sa pohybovali na úrovni 10 % (dielec 144), 5 % (dielec 149), 40 % (dielec 1631) a 60 % (dielec 1632c; obr. 2). Slabá, ale významná pozitívna závislosť bola zistená medzi nepriamym žiarením a % vegetačného krytu v dielcoch 144



**Obr. 2.** Pokrývnosť vegetácie (%) v skúmaných výberkových porastoch  
**Fig. 2.** Ground vegetation coverage (%) in investigated selection forest stands

**Tab. 3.**

Početnosť jedincov dolnej vrstvy (priemer $\pm$ S.E.) v skúmaných výberkových lesoch  
Density of lower tree layer individuals (mean $\pm$ S.E.) in investigated selection forests

	Semenáčiky <sup>1)</sup>		Nárast <sup>2)</sup>		Mladina <sup>3)</sup>		Žrdkovina <sup>4)</sup>	
	ks.ha <sup>-1</sup>	%	ks.ha <sup>-1</sup>	%	ks.ha <sup>-1</sup>	%	ks.ha <sup>-1</sup>	%
<b>d144</b>								
Smrek <sup>5)</sup>	780 $\pm$ 129	8,8	4459 $\pm$ 740	56,4	890 $\pm$ 160	58,6	112 $\pm$ 25	34,5
Jedľa <sup>6)</sup>	7698 $\pm$ 1303	86,8	2595 $\pm$ 612	32,9	222 $\pm$ 59	14,6	87 $\pm$ 22	26,8
Ostatné <sup>7)</sup>	390 $\pm$ 137	4,4	848 $\pm$ 150	10,7	407 $\pm$ 98	26,8	126 $\pm$ 32	38,7
Spolu <sup>8)</sup>	8868 $\pm$ 1347	100,0	7902 $\pm$ 1116	100,0	1519 $\pm$ 220	100,0	325 $\pm$ 41	100,0
<b>d149</b>								
Smrek <sup>5)</sup>	835 $\pm$ 201	7,3	6165 $\pm$ 957	57,0	822 $\pm$ 160	34,5	74 $\pm$ 20	21,8
Jedľa <sup>6)</sup>	9496 $\pm$ 1489	83,2	2582 $\pm$ 562	23,9	356 $\pm$ 81	15,0	164 $\pm$ 31	48,4
Ostatné <sup>7)</sup>	1087 $\pm$ 407	9,5	2061 $\pm$ 592	19,1	1200 $\pm$ 337	50,5	101 $\pm$ 28	29,8
Spolu <sup>8)</sup>	11 418 $\pm$ 1831	100,0	10 808 $\pm$ 1288	100,0	2378 $\pm$ 332	100,0	339 $\pm$ 37	100,0
<b>d1631</b>								
Smrek <sup>5)</sup>	6338 $\pm$ 1623	51,3	2723 $\pm$ 844	41,0	457 $\pm$ 102	25,1	138 $\pm$ 29	21,5
Jedľa <sup>6)</sup>	5476 $\pm$ 801	44,3	3246 $\pm$ 387	48,8	1254 $\pm$ 231	68,8	451 $\pm$ 82	70,5
Ostatné <sup>7)</sup>	538 $\pm$ 203	4,4	677 $\pm$ 135	10,2	112 $\pm$ 29	6,1	51 $\pm$ 17	8,0
Spolu <sup>8)</sup>	12 352 $\pm$ 1812	100,0	6646 $\pm$ 943	100,0	1823 $\pm$ 235	100,0	640 $\pm$ 79	100,0
<b>d1632c</b>								
Smrek <sup>5)</sup>	4000 $\pm$ 965	66,5	6080 $\pm$ 1655	86,4	810 $\pm$ 165	53,3	250 $\pm$ 47	57,3
Jedľa <sup>6)</sup>	1760 $\pm$ 905	29,2	700 $\pm$ 139	9,9	515 $\pm$ 117	33,9	174 $\pm$ 43	39,9
Ostatné <sup>7)</sup>	260 $\pm$ 113	4,3	260 $\pm$ 101	3,7	195 $\pm$ 103	12,8	12 $\pm$ 8	2,8
Spolu <sup>8)</sup>	6020 $\pm$ 1360	100,0	7040 $\pm$ 1729	100,0	1520 $\pm$ 205	100,0	436 $\pm$ 59	100,0

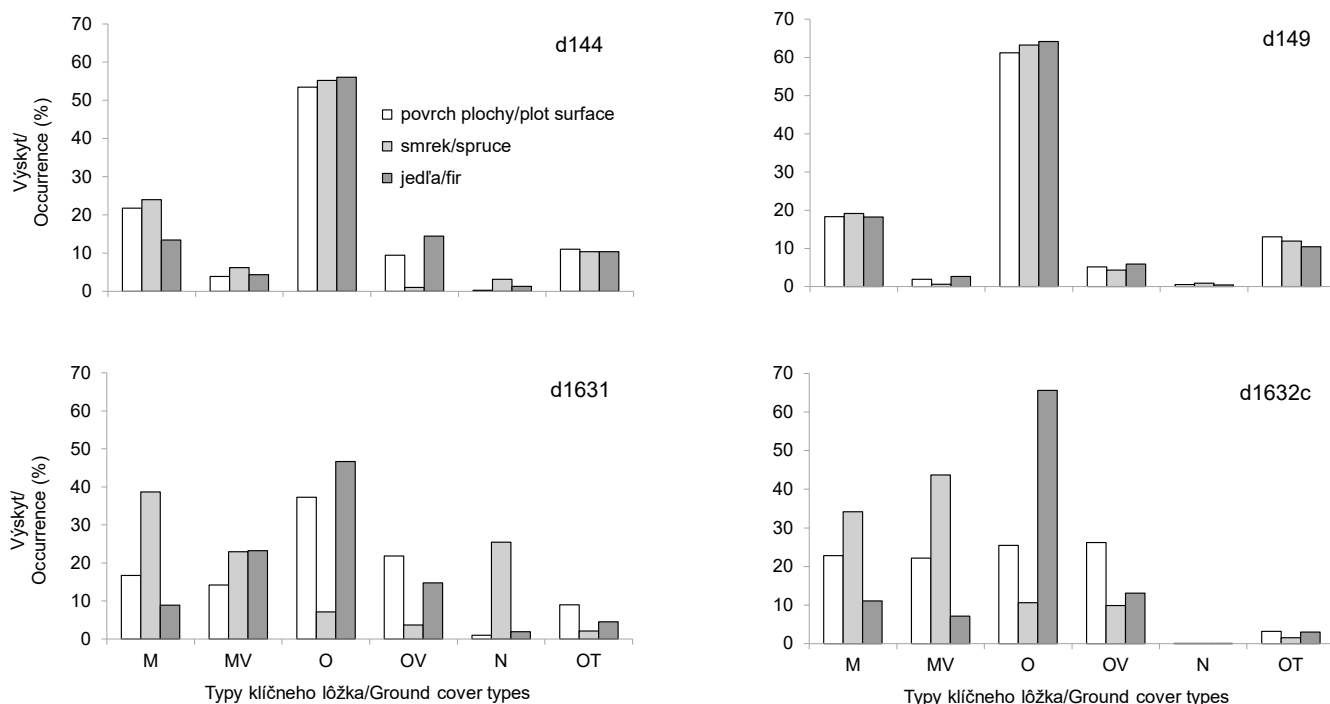
<sup>1)</sup>semenáčiky (výška  $\leq$  20 cm), <sup>2)</sup>nárast (20 cm < výška  $\leq$  130 cm), <sup>3)</sup>mladina (výška > 130 cm, hrúbka  $d_{1,3} \leq$  4 cm), <sup>4)</sup>žrdkovina (4 cm < hrúbka  $d_{1,3} \leq$  8 cm), <sup>5)</sup>ostatné (buk, jarabina, javor) <sup>6)</sup>seedlings (height  $\leq$  20 cm), <sup>7)</sup>saplings (20 cm < height  $\leq$  130 cm), <sup>8)</sup>thicket (height > 130 cm, dbh  $\leq$  4 cm), <sup>9)</sup>small pole-stage trees (4 cm < dbh  $\leq$  8 cm), <sup>5)</sup>spruce, <sup>6)</sup>fir, <sup>7)</sup>others (beech, rowan, maple), <sup>8)</sup>total

( $R^2 = 0,16$ ;  $N = 41$ ;  $p = 0,009$ ), 149 ( $R^2 = 0,13$ ;  $N = 46$ ;  $p = 0,013$ ) a 1631 ( $R^2 = 0,30$ ;  $N = 20$ ;  $p = 0,013$ ).

Vegetačný kryt bol tvorený prevažne druhom *Vaccinium myrtillus* L. (15 % pre dielec 144, 7 % pre dielec 149, 36 % pre dielec 1631 a 48 % pre dielec 1632c), ďalej nasledovali druhy *Oxalis acetosella* L. (4 %, 2 %, 2 % a 1 %), *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs (3 %, 2 %, 2 % a 1 %) a *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (1 %, 2 %, 3 % a 1 %). V dieľoch 144 a 149 sa hojnejšie vyskytovala tiež *Luzula pilosa* (L.) Willd. (3 %, resp. 8 %) a ojedinele *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth.; v dieľoch 1631 a 1632c *Avenella flexuosa* (L.) Drejer (3 %, resp.

2 %) a ojedinele *Festuca altissima* All. Z machorastov boli v dieľoch 144 a 149 zastúpené predovšetkým *Polytrichum commune* Hedw., *Hylacomium splendens* (Hedw.) Schimp. a *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.; v dieľoch 1631 a 1632c *Dicranum* sp. a *Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Schimp.

Kľúčne lôžko na výskumných plochách v dieľoch 144 a 149 bolo tvorené prevažne ihličnatou opadankou s prímiesou listia (52,5 %, resp. 61,2 %); v dieľoch 1631 a 1632c ihličnatou opadankou (37,3 %, resp. 25,5 %) a ihličnatou opadankou s porastom *V. myrtillus* (21,8 %, resp. 26,2 %; obr. 3). Plošný podiel nekromasy v žiadnom výskumnom objek-



(M) mach/moss, (MV) mach s porastom *V. myrtillus*/moss with *V. myrtillus*, (O) opadanka/litter, (OV) opadanka s porastom *V. myrtillus*/litter with *V. myrtillus*, (N) mŕtve drevo/deadwood, (OT) ostatné/others

**Obr. 3.**

Distribúcia semenáčikov smreka a jedle v skúmaných výberkových porastoch podľa jednotlivých typov kľúčneho lôžka; celkový počet výskumných plôch ( $n = 138$ ), celkový počet hodnotených semenáčikov – smrek ( $n = 867$ ), jedľa ( $n = 2393$ )

**Fig. 3.**

Distribution of Norway spruce and silver fir seedlings in investigated selection forest stands according to seedbed type; total number of research plots ( $n = 138$ ), total number of recorded seedlings – spruce ( $n = 867$ ), fir ( $n = 2393$ )

**Tab. 4.**

Závislosť zastúpenia smreka a jedle (% sumárnej výšky) v dolnej vrstve od nepriameho žiarenia  
Relationship between Norway spruce or silver fir proportion (% of height sum) in particular categories of lower tree layer and diffuse radiation

	d144		d149		d1631		d1632c	
	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	P
<b>Semenáčiky<sup>1)</sup></b>								
Smrek <sup>2)</sup>	0,01	0,892	0,02	0,374	0,40	<b>0,001</b>	0,35	<b>0,008</b>
Jedľa <sup>3)</sup>	0,01	0,961	-0,12	<b>0,017</b>	-0,41	<b>0,001</b>	-0,14	0,114
<b>Nárást<sup>4)</sup></b>								
Smrek <sup>2)</sup>	0,02	0,423	0,03	0,292	0,24	<b>0,005</b>	0,20	<b>0,048</b>
Jedľa <sup>3)</sup>	0,01	0,538	0,07	0,089	-0,12	<b>0,048</b>	-0,03	0,473
<b>Mladina<sup>5)</sup></b>								
Smrek <sup>2)</sup>	0,17	<b>0,007</b>	0,28	<b>0,001</b>	0,23	<b>0,006</b>	0,01	0,714
Jedľa <sup>3)</sup>	-0,01	0,600	0,06	0,109	-0,03	0,376	0,06	0,292

<sup>1)</sup>seedlings, <sup>2)</sup>spruce, <sup>3)</sup>fir, <sup>4)</sup>saplings, <sup>5)</sup>thicket

te nepresiahol 1 %. Zvyšok tvorili machy, machy s porastom *V. myrtillus* a ostatné typy kľúčneho lôžka (minerálna pôda, trávy, iné byliny atď.).

Vzťah medzi typom kľúčneho lôžka a distribúciou semenáčikov závisel od druhu dreviny a tiež od špecifických stanovištných pomerov skúmaných porastov. Pri jedli sa vo všetkých objektoch potvrdil mierne pozitívny efekt opadanky na výskyt jej semenáčikov (obr. 3). Pri smreku v dielcoch 144 a 149 bola situácia podobná ako pri jedli. Výrazne negatívny efekt opadanky na distribúciu smrekových semenáčikov však bol zaznamenaný v dielcoch 1631 a 1632c, čo pravdepodobne súvisí s vysokým zastúpením tejto dreviny v oboch porastoch (tab. 2) a tzv. fenoménom zámery drevín (SCHMIDT-VOGT 1986; MAYER, OTT 1991).

Na opadanke s porastom *V. myrtillus* sa prirodzene obnovovala lepšie jedľa ako smrek. *V. myrtillus* je podľa PALUCHA (2005) indikátorom vhodných trofických a vlhkostných pôdnych podmienok pre vznik a prežívanie jedľových semenáčikov.

Vhodným kľúčnym lôžkom pre smrek boli machy, tiež v kombinácii s *V. myrtillus*, zvlášť v dielcoch 1631 a 1632c (obr. 3). Pri jedli bol však ich efekt skôr negatívny. Podobne aj HUNZIKER, BRANG (2005) na základe štúdie realizovanej v smrekovo-jedľovom lese vyššej montánnej zóny centrálnych Álp konštatujú, že smrek sa v týchto podmienkach najlepšie prirodzene obnovoval na miestach s výskytom machov. Tento vzorec rozmiestnenia bol zistený aj v iných prácach (MOSER 1965; SORG 1977), pričom ale nemusí mať všeobecnú platnosť a machy môžu vplyvať na obnovu smreka aj negatívne. To závisí vo veľkej miere od hrúbky, vlhkosti (BRANG 1996) a druhu machu (MOTTA et al. 1994; BRANG 1996).

Prítomnosť odumretého dreva (nespracovanie drevnej hmoty v minulosti) v dielci 1631 vytvárala vhodné kľúčne lôžko pre semenáčky smreka. Je známe, že mŕtve drevo poskytuje vo vyšších polohách vhodné podmienky pre nástup prirodzenej obnovy smreka (EICHRODT 1969). Napriek relatívne malému plošnému podielu odumretého dreva (1 % z plochy porastu) sa potvrdil neproporcionálne vyšší podiel prirodzenej obnovy na tomto médiu (25 %). Tento jav bol vo vysokohorských porastoch popísaný už viacerými autormi (napr. KORPEL 1989; HOLEKSA 1998). Avšak vzhľadom na hospodársky charakter dielca 1631 tu nie je možné v budúcnosti predpokladať väčší význam moderového dreva pre regeneračné procesy drevín.

Ostatné typy kľúčneho lôžka ovplyvňovali výskyt smrekových a jedľových semenáčikov skôr negatívne.

## ZÁVER

Výsledky výskumu vplyvu svetla a kľúčneho lôžka na distribúciu jedincov dolnej vrstvy vo výberkových lesoch Slovenska je možné zhrnúť nasledovne:

- Relatívne hodnoty nepriameho žiarenia v prostredí dolnej vrstvy skúmaných porastov varírovali v pomerne úzkom intervale (6–27 % z osvetlenia voľnej plochy). Aj napriek výrazným odchýlkam v drevinovom zložení týchto porastov sa nepotvrdili významné rozdiely v ich svetelnej mikroklíme. Nepriame žiarenie nebolo korelované so základnými dendrometrickými charakteristikami skúmaných porastov.
- Potvrdil sa významný negatívny vplyv počtu stromov porastu na sumárnu výšku jedincov dolnej vrstvy na výskumných plochách. Naopak, vplyv kruhovej základne a zásoby porastov, ako aj vplyv nepriameho žiarenia bol nevýznamný.
- Zvýšená intenzita nepriameho žiarenia ovplyvňovala zastúpenie smreka v dolnej vrstve zväčša pozitívne, pri jedli bol jej účinok skôr negatívny.
- Opadanka rôznych druhov drevín vytvárala vhodné podmienky pre klíčenie a ujímanie jedľových semenáčikov. Výskyt semenáčikov smreka na opadanke bol limitovaný hlavne podielom smreko-

vého ihličia, ktoré výrazne zhoršovalo priebeh iniciálnych fáz prirodzenej obnovy tejto dreviny. V porastoch s vysokým zastúpením smreka boli preto dominantným médiom pre jeho prirodzenú obnovu predovšetkým machy, tiež v kombinácii s *V. myrtillus*. Pri jedli bol však zaznamenaný skôr ich negatívny efekt.

- So stúpajúcou nadmorskou výškou porastov nadobúdala na význame aj prirodzená obnova smreka na odumretom dreve.

## Podakovanie:

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantu Vega 1/0040/15.

## LITERATÚRA

- BARBIER S., GOSSELIN F., BALANDIER P. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 245: 1–15. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.038
- BRANG P. 1996. Experimentelle Untersuchungen zur Ansammlungsökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald. Diss. ETH. Zürich, Schweizerischer Forstverein: 375 s. Beiheft Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 77.
- CACCIA F.D., BALLARÉ C.L. 1998. Effects of tree cover, understory vegetation, and litter on regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in southwestern Argentina. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 683–692.
- CESCATTI A. 1996. Selective cutting radiative regime and natural regeneration in a mixed coniferous forest; a model analysis. In: Skovsgaard, J.P., Johannsen, V.K. (eds.): Modelling regeneration success and early growth of forest stands. Proceeding from the IUFRO Conference held in Copenhagen, 10–13 June 1996. Hoersholm, Danish Forest and Landscape Research Institute: 474–483.
- COLLINS B.S., BATTAGLIA L.L. 2002. Microenvironmental heterogeneity and *Quercus michauxii* regeneration in experimental gaps. *Forest Ecology and Management*, 155: 279–290.
- ČAVLOVIĆ J., BOŽIĆ M., BONCINA A. 2006. Stand structure of an uneven-aged fir-beech forest with an irregular diameter structure: modeling the development of the Belevine forest, Croatia. *European Journal of Forest Research*, 125: 325–333. DOI: 10.1007/s10342-006-0120-z
- DIACI J. 2002. Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management*, 161: 27–38.
- DIACI J., PIŠEK R., BONCINA A. 2005. Regeneration in experimental gaps of subalpine *Picea abies* forest in the Slovenian Alps. *European Journal of Forest Research*, 124: 29–36. DOI: 10.1007/s10342-005-0057-7
- DOBROWOLSKA D. 1998. Structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) natural regeneration in the Jata reserve in Poland. *Forest Ecology and Management*, 110: 237–247.
- DUCHESNEAU R., LESAGE I., MESSIER CH., MORIN H. 2001. Effects of light and intraspecific competition on growth and crown morphology of two size classes of understory balsam fir saplings. *Forest Ecology and Management*, 140: 215–225.
- EERIKÄINEN K., MIINA J., VALKONEN S. 2007. Models for the regeneration establishment and the development of established seedlings in uneven-sized, Norway spruce dominated forest stands of southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 242: 444–461.
- EICHRODT R. 1969. Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Diss. ETH. Zürich: 122 s.

- EMBOURG J. 1998. Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106: 83–95.
- GRASSI G., BAGNARESI U. 2001. Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along a natural light gradient. *Tree Physiology*, 21: 959–967.
- GRASSI G., MINOTTA G., TONON G., BAGNARESI U. 2004. Dynamics of Norway spruce and silver fir natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 141–149. DOI: 10.1139/x03-197
- HILLE J., LAMBERS R., CLARK J.S. 2003. Effects of dispersal, shrubs, and density-dependent mortality on seed and seedling distributions in temperate forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 783–795. DOI: 10.1139/x03-001
- HOLEKSA J. 1998. Warunki odnowienia świerka a wielkopowierzchnowy rozpad warstwy drzew w karpackim borze górnoreglowym. In: Saniga, M., Jaloviar, P. (eds.): Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska. Zborník referátov. Zvolen, TU: 40–54.
- HÖRNBERG G., OHLSON M., ZACKRISSON O. 1997. Influence of bryophytes and microrelief conditions on *Picea abies* seed regeneration patterns in boreal old-growth swamp forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 27: 1015–1023. DOI: 10.1139/cjfr-27-7-1015
- HUNZIKER U., BRANG P. 2005. Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps. *Forest Ecology and Management*, 210: 67–79. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.02.019
- CHRIMES D., NILSON K. 2005. Overstorey density influence on the height of *Picea abies* regeneration in northern Sweden. *Forestry*, 78: 433–442.
- JENKINS M.W., CHAMBERS J.L. 1989. Understorey light levels in mature hardwood stands after partial overstorey removal. *Forest Ecology and Management*, 26: 247–256. DOI: 10.1016/0378-1127(89)90085-6
- KORPEL Š. 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda: 332 s.
- MATTHEWS J.D. 2006. *Silvicultural systems*. Oxford, Clarendon Press: 284 s.
- MAYER H., OTT E. 1991. Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 587 s.
- MITCHELL J.E., POPOVICH S.J. 1997. Effectiveness of basal area for estimating canopy cover of ponderosa pine. *Forest Ecology and Management*, 95: 45–51. DOI: 10.1016/S0378-1127(97)00002-9
- MOSER O. 1965. Untersuchungen über die Abhängigkeit der natürlichen Verjüngung der Fichte vom Standort. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 82: 18–55.
- MOTTA R., BRANG P., FREHNER M., OTT E. 1994. Copertura muscinale e rinnovazione di abete rosso (*Picea abies* L.) nella pecceta subalpina di Sedrun (Grigioni, Svizzera). *Monti e Boschi*, 45: 49–56.
- NYLAND R. D. 2002. *Silviculture. Concepts and applications*. Long Grove, Waveland Press: 682 s.
- PALUCH J.G. 2005. The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. *Forest Ecology and Management*, 205: 283–298. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.10.010
- PALUCH J.G., JASTRZĘBSKI R. 2013. Natural regeneration of shade-tolerant *Abies alba* Mill. in gradients of stand species compositions: limitation by seed availability or safe microsites? *Forest Ecology and Management*, 307: 322–332. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.06.035
- PAROBEKOVÁ Z., SANIGA M., PITTNER J., KUCBEL S., JALOVIAK P. 2016. Štruktúra, distribúcia dendromasy, disturbančný režim a regeneračné procesy Dobročského pralesa. Vedecká monografia venovaná nedežitým 90. narodeninám prof. dr. h. c. Ing. Štefana Korpeľa, nestora výskumu pralesov Slovenska. Časová štúdia. Zvolen, TU vo Zvolene: 59 s.
- REININGER H. 2000. *Das Plenterprinzip oder die Überführung des Altersklassenwaldes*. Graz, Stocker: 238 s.
- SANIGA M., KUCBEL S., HOLEKSA J., ŽYWIĘC M., PARUSEL J., SZEWCZYK J., ZIELONKA T., JAWORSKI A., KOŁODZIEJ Z., BARTKOWICZ L. 2008. Structure, production, coarse woody debris and regeneration processes of Norway spruce natural forest in National Nature Reserves Babia hora and Pilsko. Zvolen, TU vo Zvolene: 118 s.
- SCHMIDT-VOGT H. 1986. *Die Fichte*. Bd. II/1. Hamburg, Parey: 563 s.
- SCHÜTZ J.P. 2001a. *Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder*. Berlin, Parey: 207 s.
- SCHÜTZ J.P. 2001b. Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151: 87–94. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00699-X
- SCHÜTZ J.P., RÖHNISCH F. 2003. Steuerung des Nachwuchses während der Überführung von gleichförmigen Fichten-Aufforstungsbeständen in Plenterwälder. In: Kenk, G. (ed.): *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung vom 2.–4. Juni 2003 Torgau*. Freiburg, Forstl. Versuchs- und Forschungsanst. Baden-Württemberg: 184–194.
- SIMARD M.J., BERGERON Y., SIROIS L. 1998. Conifer seedling recruitment in a southeastern Canadian boreal forests: the importance of substrate. *Journal of Vegetation Science*, 9: 575–582. DOI: 10.2307/3237273
- SORG J.P. 1977. *Végétation et rajeunissement naturel dans la pessière subalpine de Vals (GR)*. Zürich: 158 s. DOI: 10.3929/ethz-a-000369958
- SPIECKER H. 1986. Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwaldversuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 157: 152–164.
- SZYMURA T.H., DUNAJSKI A., AMAN I., MAKOWSKI M., SZYMURA M. 2007. The spatial pattern and microsites requirements of *Abies alba* natural regeneration in the Karkonosze Mountains. *Dendrobiology*, 58: 51–57.
- SZWAGRZYK J., SZEWCZYK J., KACZOR K. 1996. Relationship between stand structure and advanced forest regeneration in an old-growth stand of Babia Góra National Park. *Ekologia Polska*, 44: 137–151.
- TREPP W. 1974. *Der Plenterwald*. HESPA Mitteilungen, 24 (66): 64 s. Dostupné na/Available on: [http://www.pro-silva-helvetica.ch/pdf/HESPA\\_d.pdf](http://www.pro-silva-helvetica.ch/pdf/HESPA_d.pdf)
- VALKONEN S., MAGUIRE D. 2005. Relationship between seedbed properties and the emergence of spruce germinants in recently cut Norway spruce selection stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 210: 255–266. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.02.039
- VANDEKERKHOVE K., KEERSMAEKER L.D., BAETÉ H., WALLEYN R. 2005. Spontaneous re-establishment of natural structure and related biodiversity in a previously managed beech forest in Belgium after 20 years of non intervention. *Forest Snow and Landscape Research*, 79: 145–156.
- WAGNER S., MADSEN P., AMMER C. 2009. Evaluation of different approaches for modelling individual tree seedling height growth. *Trees*, 23: 701–715. DOI: 10.1007/s00468-009-0313-4

- WARD J.S., PARKER G.R. 1989. Spatial dispersion of woody regeneration in an old-growth forest. *Ecology*, 70: 1279–1285. DOI: 10.2307/1938187
- ZAR J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall: 663 s.
- ZLATNÍK A. 1976. *Lesnická fytoecologie*. Praha, SZN: 495 s.

## STAND STRUCTURE, LIGHT MICROCLIMATE AND DISTRIBUTION OF LOWER LAYER INDIVIDUALS IN SELECTION FORESTS IN TWO LOCALITIES OF SLOVAKIA

### SUMMARY

The main trend of current forest management in Central Europe is the orientation on close-to-nature silviculture, which includes also the selection forest system. Intensively managed selection forest in comparison with age-class forest usually consists of several tree species and is characterized by differentiated structure, a spontaneous natural regeneration and high variability of microsite conditions. Continuous natural regeneration of appropriate tree species plays here the crucial role, as it ensures the regular supply of trees into the lowest diameter class and thereby the maintaining of selection structure. Research of regeneration processes is therefore substantial for the effective management of selection forest stands and the stands in conversion to the selection forest.

The main objective of this study was the analysis of structure and distribution of lower tree layer individuals in relationship to the microsite conditions in mixed spruce-fir (beech) selection stands and stands in terminal phase of conversion to selection system in two localities in Slovakia – the Volovské vrchy Mts. (compartment 144 and 149) and the Starohorské vrchy Mts. (compartment 1631 and 1632c; Tab. 1). We focused especially on: (1) the analysis of structure and regeneration processes in surveyed stands; (2) the quantification of light regime in lower tree layer; (3) the relationships between basic dendrometric characteristics of stands and lower tree layer; (4) the impact of diffuse light and seedbed type on the distribution of lower tree layer individuals of spruce and fir.

The data for the analysis of stand structure and lower tree layer were collected in 2013 on a series of 138 research plots that were distributed regularly across the investigated stands. Each research plot consisted of a square subplot (25 m<sup>2</sup>) and three concentric circles with radii 5.64 m, 8.92 m and 12.62 m; with area of 100 m<sup>2</sup>, 250 m<sup>2</sup>, and 500 m<sup>2</sup>. In the square subplot, we recorded the tree species and height of all lower tree layer individuals with the height < 130 cm. Subsequently, these individuals were divided into two categories: seedlings (height ≤ 20 cm) and saplings (20 cm < height ≤ 130 cm). Another data recorded in the square subplots were the ground vegetation coverage (estimation with accuracy 10%), and for the seedlings also the seedbed type – moss, moss with *Vaccinium myrtillus*, litter, litter with *V. myrtillus*, deadwood and others. Information on thicket (height > 130 cm, dbh ≤ 4 cm) and small pole-stage trees (4 cm < dbh ≤ 8 cm) were obtained in circular subplots with radius 5.64 m (100 m<sup>2</sup>) and 8.92 m (250 m<sup>2</sup>). Here, we registered tree species, dbh and height of individuals. For selected categories of lower tree layer (seedlings, saplings and thicket), the height sum was calculated according to particular tree species. Data about the stems of dbh > 8 cm according to tree species were obtained in subplots with radius of 12.62 m (500 m<sup>2</sup>). In the centre of each research plot, hemispherical photographs were taken in the heights of 1.3 m and 3.5 m above the ground to quantify the amount of diffuse radiation.

The results of this study showed the values of relative diffuse light in lower tree layer of investigated stands varied in a relatively narrow interval (6–27% of radiation above the canopy). Despite different tree species composition of studied stands, no significant differences were confirmed regarding their light microclimate (Fig. 1). Diffuse radiation was not correlated with any basic dendrometric characteristics of studied stands (Tab. 2). Increasing intensity of diffuse light had a generally positive influence on the representation of Norway spruce in the lower tree layer, however, for silver fir the influence was rather negative (Tab. 4). Litter of various tree species created suitable conditions for germination and establishment of fir seedlings. Occurrence of spruce seedlings on litter was limited especially by the proportion of spruce needles that significantly inhibited the course of initial phases of natural regeneration in case of this tree species. Therefore, in the stands with high proportion of spruce, the dominant seedbed for its natural regeneration was represented above all by mosses, also in combination with *Vaccinium myrtillus*. For natural regeneration of fir, the presence of mosses had a rather negative effect (Fig. 3).

Zasláno/Received: 28. 04. 2016

Přijato do tisku/Accepted: 07. 07. 2016