

PREBUDOVA RÚBAŇOVÉHO LESA NA VÝBERKOVÝ LES - 40-ROČNÁ ČASOVÁ ŠTÚDIA

CONVERSION OF AGE-CLASS TO SELECTION FOREST - A 40-YEAR TIME STUDY

MILAN SANIGA - JAROSLAV VENCURIK ✉ - STANISLAV KUCBEL - PETER JALOVIAR

Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: vencurik@tuzvo.sk

ABSTRACT

The study presents the changes of structure in three Norway spruce-dominated forest stands with different soil type and aspect in demonstration object Pro Silva Donovaly-Mistriky (the Low Tatra Mts., Slovakia). In surveyed stands, the conversion to single-tree selection system using the current generation is being applied for the period of 40 years. Based on the data from the full caliper in 1979 and the stand inventory (stems and natural regeneration) in 1999, 2013 and 2021 on the series of permanent research plots (0.25 ha) in investigated stands, a relatively rapid advancement in the conversion process was observed. An appropriate model of selection forest is characterized by the optimal stand volume $320 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and target dbh 66 cm in protection forests on ranker soil and by stand volume $385 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and target dbh 66 cm in stand with dominant production function. Under the ongoing climate change, the high proportion of Norway spruce in the stands on nutrient-poor soils and the southern aspect could lead to their fast disintegration and gradual loss of differentiated structure.

[For more information see the Summary at the end of the article.](#)

Kľúčové slová: výberkový les; prebudova; prirodzená obnova; smrek; jedľa

Key words: selection forest; conversion; natural regeneration; Norway spruce; silver fir

ÚVOD

Lesné ekosystémy tvoria jeden zo základných stabilizátorov regulovania klimatického režimu. Doterajší prístup k prírodným lesným ekosystémom vo väčšine krajín bol zameraný viac na produkciu dreva. V tomto móde pohľadu na les bol v úzadí prístup rešpektujúci a v maximálnej miere využívajúci jeho prírodné procesy. Zmena klímy, klimatické extrémny a hlavne dlhotrvajúce sucha v posledných rokoch mali za následok oslabenie lesných ekosystémov a nárast kalamít (BAUHUS et al. 2013). Časť oslabenia lesných ekosystémov ide na vrub nesprávneho pestovného manažmentu pri výchove a obnove porastov. Druhá podstatná časť je determinovaná veľkým rozsahom nepôvodných rovnorodých porastov (THOMASIVS 1988; SANIGA, DENDYS 2015). Zvlášť smrek pri svojom súčasnom zastúpení (22,1 %) v drevinovom zložení lesov Slovenska predstavuje rizikóvu drevinu (ZELENÁ SPRÁVA 2020). Podľa klimatických predpovedí pre Slovensko, resp. Európu budú obdobia dlhotrvajúceho sucha početnejšie, nastane pokles zrážkových úhrnov počas vegetačnej doby, častejšie sa budú vyskytovať silné zrážky a víchrice. V dôsledku klimatickej zmeny vzrastie

význam sucha ako primárneho faktora spôsobujúceho zvýšenú mortalitu stromov nielen pri duboch a buku (ALLEN et al. 2010; HLÁSNY et al. 2015). V lesoch mierneho pásma vyvolávajú epizódy extrémneho počasia významný pokles v rastovej vitalite drevín. V súčasnosti patria medzi najdôležitejšie faktory spôsobujúce poruchy v tvorbe a ukladaní uhlíka a majú vplyv na zvýšenú mortalitu stromov (LEBOURGEOIS et al. 2010). Zvýšená frekvencia ich výskytu, ako aj mortalita stromov spôsobená exogénnymi faktormi následne ohrozia aj hospodárenie v lesoch (BRÈTEAU-AMORES et al. 2019). Táto skutočnosť znamená hlavne destabilizáciu smrekových lesných ekosystémov.

Podľa dynamiky prebiehajúcich kalamít je rozpad smrekových porastov na Slovensku a v Českej republike veľmi rýchly (KNÍŽEK et al. 2019; KUNCA et al. 2019). Smrekové ekosystémy Slovenska vo výškovom rozpätí 800 až 1100 m sú takmer na 100 % funkčne neisté. Ak sú spoločným a ekologickým cieľom stabilné lesy, musíme vážne uvažovať nad otázkou výrazného zvýšenia podielu jedle bielej, ale aj buka lesného v drevinovom zložení porastov v týchto nadmorských výškach. Len stabilné lesy sú predpokladom ich trvalosti a plnenia všet-

kých funkcií (SANIGA 2019). Zmena klimatických pomerov, extrémne suchá, víchrice a kalamitné stavy niektorých druhov hmyzu sa stávajú v súčasnom období významnými faktormi, ktoré ovplyvňujú a aj do budúcnosti budú ovplyvňovať ekologickú stabilitu lesných ekosystémov (FRELICH 2002; SCHELHAAS et al. 2003; SPLECHTNA et al. 2005). Súčasná synoptická situácia bude spojená tiež s menším množstvom zrážok (ALLEN et al. 2010; LEBOURGEOIS et al. 2010).

Na Slovensku prevláda pri triezvom objektívnom hodnotení les vekových tried na úrovni 98 %. Ten predstavuje v prípade uplatňovania holorubného hospodárskeho spôsobu svojou pestovnou koncepciou lineárny model sukcesie. Výsledkom je rovnoveký, jednovrstvový les s nízkou ekologickou stabilitou (MITSCHERLICH 1963). Takýto les vytvára riziká nízkej statickej a ekologickej stability porastov s veľkými predpokladmi vzniku kalamitnej situácie (SANIGA 2019). Podrastový hospodársky spôsob uplatňovaním svojich pestovných princípov pri súčasnej časovej a ťažbovej úprave stále pracuje s lesom vekových tried. V prvom kroku využíva prirodzenú obnovu ako nástroj striedania generácií porastu na rôzne veľkej ploche (REININGER 2000). Pri krátkych celkových, ale hlavne čiastkových obnovných dobách tu hrozí riziko vysokej mortality jedincov následného porastu, ktoré spolu s nevyužitím prírastkových schopností významnej časti kvalitných stromov dostáva tento model hospodárenia do nepriaznivej ekologickej a ekonomickej situácie (SANIGA 2019). Práve veľkosť obnovnej plochy a dĺžka obnovnej doby rozhoduje o plošnej a drevinovej diferenciácii následných porastov. Uplatnenie týchto časových a plošných ukazovateľov má predpoklady v rôznej miere využiť cyklický model sukcesie prírodného lesa pri obhospodarovaní lesov (REININGER 2000). Presun stromov v jednotlivých hrúbkových triedach pri realizácii pestovných opatrení cez pozitívny úrovňový výber prebieha na rôzne veľkých plochách. Čím sú plochy, ktoré dodávajú stromy do kategórie dorastu menšie, tým sa tento cyklický model viac približuje vývojovému cyklu pralesov (SANIGA et al. 2021). Takýmto prechodovým plošným a produkčným modelom je pestovný model mozaikových porastov, trvalo viacetážových porastov a skupinová forma výberkového lesa. Jednotlivý, resp. hlúčikový výber používaný pri tomto postupe je nie len šetrný k lesu, ale je tiež pozitívne vnímaný spoločnosťou (SANIGA 2006). Forma lesa s vysokou ekologickou stabilitou, maximálne využívajúca rastové, vývojové a regeneračné procesy, ktoré sú spojené s kontinuálnym a trvalým dorastom stromov, ich presunom do vyšších hrúbkových a výškových tried a odoberaním stromov jednotlivým výberom je výberkový les forma stromová (KERN 1966; SCHÜTZ 1989; SANIGA et al. 2009). Táto forma výberkovej štruktúry sa vyskytuje ako časová epizóda aj vo vývojom cykle pralesov, ktoré sú tvorené drevinami tolerantnými na svetlo akými sú buk, jedľa a smrek (BUGOŠOVÁ 2011). Slovensko má z hľadiska autochtonnosti tienných drevín pomerne dobré predpoklady na prebudovu takýchto porastov na výberkové (SANIGA 2019).

Prebudova lesa vekových tried tvorí najťažšiu fázu vytvorenia výberkového lesa a vyžaduje podrobnú analýzu porastov, dôslednosť pestovných opatrení a poznanie ekologických vlastností drevín, ktoré budú tvoriť výberkový les (SCHMIDT et al. 1997; SCHÜTZ 1997, 2001; SANIGA 2019). Pri prebudove je potrebné prihliadať na podmienky mechanickej stability prebudovávanej porastu, životnosť porastových zložiek, ktoré budú tvoriť kostru porastu v procese prebudovy, a podmienky pre nepravidelnú prirodzenú obnovu drevín, ktorá umožní samoreguláciu prebudovávanej porastu (SCHÜTZ 1997, 1998, 2001). Adaptačiu lesov, ktorá sa zlepšuje zmenou ich štruktúry bude potrebné zväziť z ekonomickeho, ale aj z časového hľadiska (KNOKE, PLUSCZYK 2001; BRÉTEAU-AMORES et al. 2019).

Špecifickým príkladom pre vytvorenie výškovvej a hrúbkovvej diferenciácie porastov sú minerálne chudobné rankrové pôdy (KUBIENA 1953). Tieto pôdy vytvárajú výborné predpoklady pre tvorbu rezonančného dreva. Vysoký podiel tohto dreva aj pri podstatne nižšom ročnom objemovom prírastku vytvára predpoklady pre významne vyššie spe-

ňaženie smreka. Nízky ročný objemový prírastok v porastoch smreka na rankrových pôdach je nahradený lepšou ekonomikou odoberania porastovej zásoby, nakoľko v dolnej tretine kmeňov je vysoký podiel rezonančného dreva, ktoré má vysokú hodnotu zvukovej konštanty (RAJČAN et al. 1998).

Pri prebudove na výberkový les pomocou existujúcej generácie porastu s dominantným zastúpením smreka v súvislosti s klimatickými zmenami a intenzívnym nástupom podkôrných škodcov vzniká veľké ekologické a ekonomické riziko ich rozpadu (DALE et al. 2001; KNOKE, PLUSCZYK 2001; SCHÜTZ 2001; BAUHUS et al. 2013). Na druhej strane výberkový les v optimálnej miere pracuje v cyklickom modeli sukcesie a permanentne si zachováva dynamickú rovnováhu. Je to trvale tvorivý les (REININGER 2000). Model pracuje s trvale vyváženou hrúbkovou a výškovou štruktúrou, ktorá zaručuje existenciu lesného ekosystému na každej jednotke plochy v maximálnej výkonnosti asimilačného aparátu korún a ekologickej stability s prihliadnutím na prebiehajúcu klimatickú zmenu. Lesný ekosystém je rôznoveký, viacvrstvový a trvale tvorivý (TREPP 1974; SCHMIDT et al. 1997; SCHÜTZ 2001). Napriek skutočnosti, že Slovensko má približne 75 % lesných ekosystémov, ktoré sú tvorené autochtónnymi drevinami, jeho orografické oblasti sa budú musieť vyrovnáť s vyšším zrážkovým deficitom. Táto klimatická zmena bude mať významný vplyv na fyziologické oslabenie lesných drevín, následne ekologickú stabilitu lesov a ich trvalú udržateľnosť (KUNCA et al. 2019; SANIGA 2019). Pre zachovanie pôvodných lesných ekosystémov bude potrebné okrem spomínaných opatrení prejsť v maximálnej možnej miere na pestovné modely uplatňujúce individuálny výber a starostlivosť o koruny stromov (SCHMITT 1994). Tento spôsob hospodárenia je považovaný za účinné adaptívne opatrenie formujúce lepšiu štruktúru lesov ako ich reakciu na zmenu klímy, ktoré vo všeobecnosti zvyšuje ich odolnosť a regeneračnú schopnosť. Zároveň je opatrením zmiernujúcim zmenu klímy, ktoré má potenciál zabezpečiť trvalejší a vyrovnanější objemový prírastok ako bežné hospodárenie (REININGER 2000). Vo vyhovujúcich podmienkach klimaxových tienných, resp. polotiených drevín bude potrebné uskutočniť ich postupnú prebudovu na výberkové, resp. trvalo rôznoveké lesy (SANIGA 2019). Pri prestavbe lesov s dominantným zastúpením smreka v mnohých prípadoch na nepôvodných stanovištiach na trvalo rôznoveké porasty hrozí pri súčasnom priebehu klimatickej zmeny ich rozpad (SANIGA, DENDYS 2015).

Cieľom príspevku je i) kvantifikácia zmien vybraných ukazovateľov porastovej štruktúry za obdobie 40 rokov, ii) verifikácia nastavených modelov a iii) definovanie rizík v troch funkčne odlišných rúbaňových porastoch s dominantným zastúpením smreka prebudovaných na jednotlivé výberkové lesy.

MATERIÁL A METODIKA

Popis výskumných objektov

Skúmané porasty (tab. 1) patria do demonštračného objektu Pro Silva Donovaly-Mistriky, ktorý má výmeru 50,3 ha a je lokalizovaný v juhovýchodnej časti orografického celku Nízke Tatry na Slovensku. Demonštračný objekt sa nachádza v nadmorskej výške 860–1050 m n. m. Priemerný ročný úhrn zrážok je 950–1100 mm, priemerná ročná teplota sa pohybuje v rozpätí 4,2–4,8 °C. Z hľadiska vegetačného gradientu sa nachádza v 6. lesnom vegetačnom stupni. Predstavuje súbor porastov, ktoré majú výberkovú štruktúru alebo sú v rôznej fáze prebudovy na výberkový les forma stromová. Dominantnou drevinou v porastoch je smrek.

Prebudova už čiastočne diferencovaných pôdochranných porastov (dielce 1606, 1632c) a porastu s produkčnou funkciou (dielce 1631)

začala v roku 1979 pomocou existujúcej generácie (SCHÜTZ 2001). V procese prebudovy sa do roku 1993 uskutočňoval bádenský clonný rub s odobraním stromov, ktoré dosiahli cieľovú hrúbku stanovenú pre porastový typ, a tiež zdravotný výber. Po roku 1993 sa už v skúmaných porastoch uplatňuje výberkový rub. Dynamiku odobrania porastovej zásoby za jednotlivé decéna prezentuje tab. 2.

Základom pre rámcové stanovenie modelov výberkových lesov boli poznatky získané v štúdiu KORPEL, SANIGA (1993). Pri určení cieľovej hrúbky sa okrem toho prihliadalo na funkcie lesa, prebiehajúcu klimatickú zmenu, a tiež na edukačný význam skúmaných porastov, keďže tieto slúžia ako modelové objekty pre praktickú výučbu študentov. Pri stanovení kvocienta geometrického radu (q) sa brala do úvahy produkčná schopnosť stanovišťa a geologické podložie.

Metodika merania a vyhodnotenia

Vo výskumných objektoch sa v roku 1979 vykonalo priemerovanie stromov na plno od evidenčnej hrúbky 8 cm. V roku 1993 sa založili v každom dieleci trvalé výskumné plochy (TVP) o výmere 50 m × 50 m (0,25 ha). Na celej ploche TVP bola zisťovaná hrúbka $d_{1,3}$ živých stromov, ktoré boli zaradované do hrúbkových tried a výšky živých stromov tak, aby v každej hrúbkovej triede boli namerané 3–4 stromy pre konštrukciu výškového krivky. Závislosť medzi hrúbkou stromov $d_{1,3}$ jedle a smreka a ich výškou bola vyrovnaná Michajlovovou rovnicou s koeficientom determinácie $R^2=0,931$. Vyrovnané výšky podľa tejto funkcie slúžili na zistenie objemu v jednotlivých hrúbkových triedach. Pre výpočet objemu hrubiny boli použité objemové tabuľky PETRÁŠ, PAJTIK (1991). Na každej TVP bol navyše založený aj tranzekt s rozmermi 10 m × 50 m, ktorý slúži pre podrobné sledovanie dynamiky regeneračných procesov. Štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín sa tu pravidelne meria v rámci nasledovných kategórií: jedince s výškou do 20 cm, jedince vo výškovom rozpätí 21–50 cm, 51–80 cm a 81–130 cm. Evidované sú tu aj stromy s výškou nad 130 cm do hrúbky $d_{1,3}$ 8 cm. Táto kategória stromov predstavuje dorast do dolnej vrstvy výberkového lesa.

Na TVP sa od roku 1993 pravidelne vykonáva priemerovanie stromov podľa drevín so zatriedením do hrúbkových tried. Z časového radu meraní sa pre získanie výsledkov zadefinovaných cieľov vybrali merania z rokov 1979, 1999, 2013 a 2021.

VÝSLEDKY

Porast v dieleci 1606 mal na začiatku prebudovy vek 90 rokov. Do roku 1992 tu bola odobratá zásoba na úrovni 96 m³ ha⁻¹. Prostredníctvom sanitárneho a pozitívneho výberu sa z porastovej úrovne odobrali stromy v hrúbkovom rozpätí 30–50 cm. Za obdobie rokov 1993 až 2017 sa prostredníctvom výberkového rubu spojeného so sanitárnym výberom odobralo už len 9 m³ ha⁻¹ (tab. 2). Dôvodom bolo zachovanie hornej vrstvy pre potreby zabezpečenia výškovej diferenciácie vytvárajúcej sa dolnej vrstvy výberkového lesa. Zásahy do roku 1992 mali za následok výraznú dynamiku prirodzenej obnovy, čo sa prejavilo plynulým dorastom jedincov smreka a jedle do kategórie dorastu (obr. 1). Dynamika regeneračných procesov (jedince vo výškovom rozpätí 50–130 cm) za sledované obdobie je primeraná s vyváženým zastúpením smreka 58 % a jedle 42 % (tab. 3). Významný pokles stromov evidujeme v kategórii dorastu. Od roku 2013, kedy bol celkový počet 4480 ks ha⁻¹ sa znížil podľa meraní v roku 2021 na hodnotu 1560 ks ha⁻¹. Podiel jedle poklesol na 77 % a smrek zvýšil svoj podiel na 23 %. Napriek tejto skutočnosti si jedľa zachováva v dolnej vrstve svoj dominantný podiel (tab. 3). Model výberkového lesa bol nastavený na cieľovú hrúbku 66 cm a optimálnu zásobu 320 m³ ha⁻¹ s ročným objemovým prírastkom 4,5 m³ ha⁻¹. Rozdelenie objemu hrubiny na začiatku prebudovy bolo pravostranne asymetrické (obr. 2), čo je typické pre fázu strednej kmeňoviny. Za obdobie 40 rokov sa štruktúra objemu hrubiny dostáva do stavu, ktorý je charakteristický pre výberkový les.

V roku 1979 bol vek porastu v dieleci 1631 85 rokov a drevinové zloženie zistené z objemu hrubiny smrek 85 % a jedľa 15 %. Rozdelenie hrúbkových početností stromov na začiatku sledovania bolo mierne

Tab. 1.

Základné údaje o skúmaných porastoch
Basic characteristics of investigated stands

	Dielec ¹ 1606	Dielec ¹ 1631	Dielec ¹ 1632c
Zemepisná šírka (°S) ²	48°52'23"	48°52'26"	48°52'28"
Zemepisná dĺžka (°V) ³	19°14'31"	19°14'28"	19°14'30"
Nadmorská výška (m) ⁴	860–940	880–950	860–950
Kategória lesa ⁵	Ochranný ¹⁴	Osobitného určenia ¹⁵	Ochranný ¹⁴
Výmera (ha) ⁶	5,02	3,98	2,52
Sklon (%) ⁷	60	30	85
Expozícia ⁸	J	SZ	S
Geologické podložie ⁹	Žula, fylity ¹⁶	Žula, fylity ¹⁶	Žula, fylity ¹⁶
Pôda ¹⁰	Rankre ¹⁷	Kambizem ¹⁸	Rankre ¹⁷
Skupina lesných typov ¹¹ (ZLATNÍK 1976)	<i>Fagetum abietino-piceosum</i>	<i>Fagetum abietino-piceosum</i> <i>Piceetum abietinum</i>	<i>Piceetum abietinum</i>
Vek porastu na začiatku prebudovy ¹²	90	85	135
Fáza prebudovy ¹³ (SCHÜTZ 2001)	Fáza štrukturalizácie ¹⁹	Fáza zjemnenia výberkovej štruktúry ²⁰	Fáza štrukturalizácie ¹⁹

¹compartment, ²latitude (N), ³longitude (E), ⁴altitude, ⁵category of forest, ⁶area, ⁷slope, ⁸aspect, ⁹parent rock, ¹⁰soil, ¹¹ecosite, ¹²stand age at conversion beginning, ¹³conversion stage, ¹⁴protection forest, ¹⁵special-purpose forest, ¹⁶granite and phyllites, ¹⁷rankers, ¹⁸cambisol, ¹⁹stage of structuration, ²⁰stage of structure achievement

pravostranné (obr. 1). Za obdobie prebudovy sa podiel jedle na objeme hrubiny zvýšil z 15 % na 39 %. Priemerný ročný objemový prírastok má hodnotu $7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Počiatková priemerná zásoba bola $373 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Pri odoberaní porastovej zásoby na úrovni $238 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ za sledované obdobie sa objem hrubiny v roku 2021 dostal na úroveň $550 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Model výberkového lesa je nastavený na optimálnu zásobu $385 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ s cieľovou hrúbkou 66 cm (tab. 3; obr. 1). Priebeh rozdelenia objemu hrubiny v roku 2021 sa už približuje ku štruktúre tohto ukazovateľa vo výberkovom lese (obr. 2). Dynamika regeneračných procesov (jedince vo výškovom rozpätí 50–130 cm) za sledované obdobie je primeraná s vyváženým zastúpením smreka a jedle. Významný pokles (o 200 %) evidujeme v kategórii dorastu (tab. 3).

V dieľci 1632c mal porast v roku 1979 vek 135 rokov, pričom bol čiastočne rôznoveký. V drevinovom zložení dominoval smrek. Už na začiatku sledovania bolo zaznamenané klesajúce rozdelenie hrúbkových početností stromov (obr. 1). Za obdobie prebudovy sa zvýšil podiel jedle na objeme hrubiny z 1 % na hodnotu 5 % (tab. 3), predovšetkým na úkor smreka. Priemerný ročný objemový prírastok má hodnotu $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Počiatková priemerná zásoba bola $257 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Pri odoberaní porastovej zásoby $112 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ za sledované obdobie (tab. 2) sa objem hrubiny v roku 2021 dostal na úroveň $388 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Model výberkového

lesa je nastavený na optimálnu zásobu $320 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ s cieľovou hrúbkou 66 cm (tab. 3; obr. 1). Dynamika regeneračných procesov (jedince vo výškovom rozpätí 50–130 cm) za sledované obdobie je plynulá, s podielom smreka 53 % a jedle 38 % podľa meraní v roku 2021. Pokles na hodnotu 1720 ks ha^{-1} evidujeme v kategórii dorastu (tab. 3).

DISKUSIA

Proces prebudovy na výberkový les vyžaduje dlhé obdobie (SCHÜTZ 2001). Podľa našich výskumov hraničná časová hodnota sa pohybuje v rozpätí 40–50 rokov. Pri súčasne prebiehajúcej klimatickej zmene je veľkým rizikom prebudovy rozpad hlavne rovnorodých smrekových porastov (DALE et al. 2001; BAUHUS et al. 2013). Špecifický vývoj prebudovy bol zaznamenaný v dieľci 1606, ktorý sa nachádza na južnej expozícii. V období rokov 1980–1995, kedy priebeh klimatickej situácie mal prvky vyrovnanosti bez teplotných extrémov, prebiehal proces výškovej a hrúbkovej diferenciácie primerane odoberaniu porastovej zásoby. Po tomto období dochádza ku radikálnemu odumieraniu smreka z hornej vrstvy (*Ips typographus* L.), čo sa prejavilo v plošnom nástupe prirodzenej obnovy (SCHÜTZ 2001). Dolná vrstva v tomto dieľci stráca plošnú a výškovú diferenciáciu (KNOKE, PLUSZYK 2001). Hroziace riziko rozpadu smrekovej hornej vrstvy (DALE et al. 2001; SCHÜTZ 2001) je zatiaľ čiastočne spomalené existenciou jedle, ktorá plní funkciu clonenia, a tak aspoň čiastočne vytvára podmienky pre plošnú diferenciáciu dolnej vrstvy (KNOKE, PLUSZYK 2001). V dolnej vrstve dominuje jedľa. Príčinou je medzidruhová konkurencia drevín v tejto kategórii a vysoký počet stromov v hrúbkovej triede 10 cm 752 ks ha^{-1} , zistený v roku 2021. Pri udržaní jedle v hornej vrstve, ktorá vytvára predpoklady čiastočnej výškovej diferenciácie, bude potrebné v dolnej vrstve pre podporu jej výškovej diferenciácie vykonať prečistku s úrovňovým zásahom a pozitívnym výberom zameraným na vitalitu a podporu jedle bielej.

Pozvoľný a štruktúrne vyrovnaný priebeh prebudovy sa potvrdil v dieľci 1631. Dobrá rastová vitalita smreka a väčšie zastúpenie jedle, dobré rastové parametre korún ako aj severozápadná expozícia a kam-bizem sa pozitívne podieľali na fáze zjemnenia výberkovej štruktúry v závere prebudovy (SCHÜTZ 2001). Mierny pokles zastúpenia smreka

Tab. 2.

Ťažba ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) v skúmaných porastoch za obdobie rokov 1979–2017
Felling ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) in investigated stands in the period 1979–2017

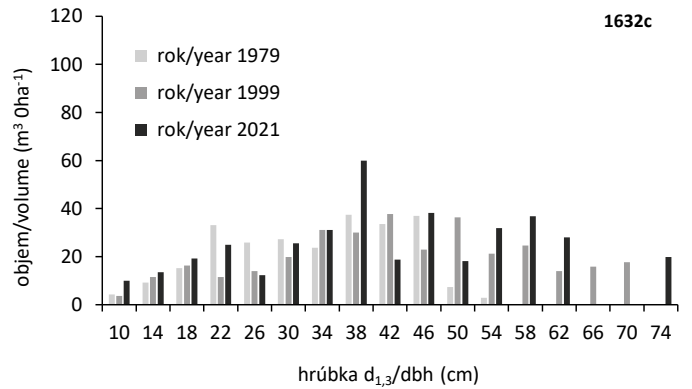
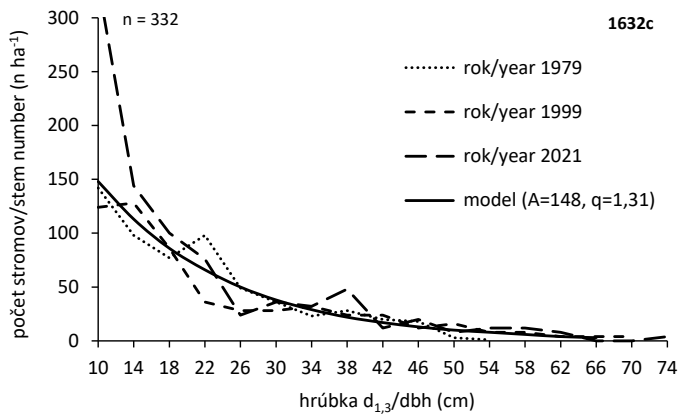
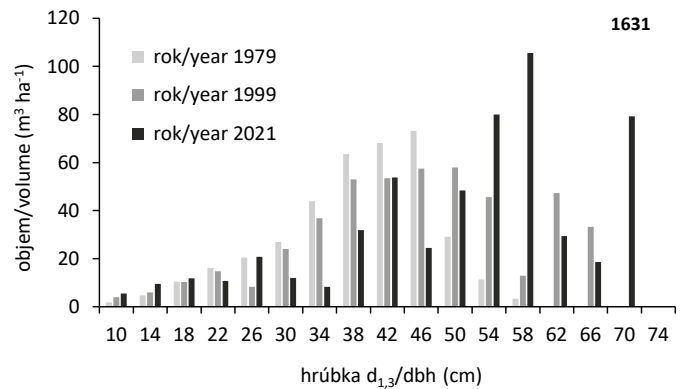
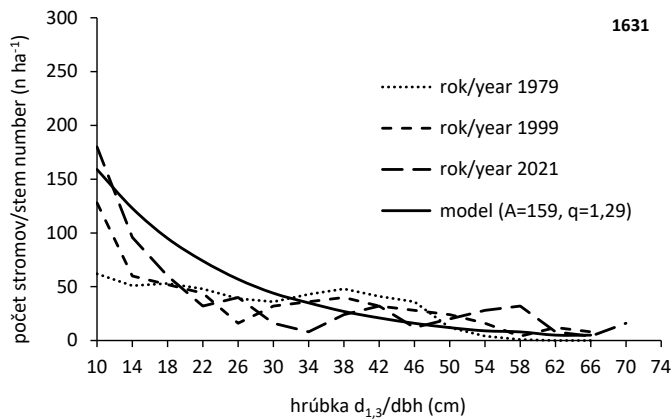
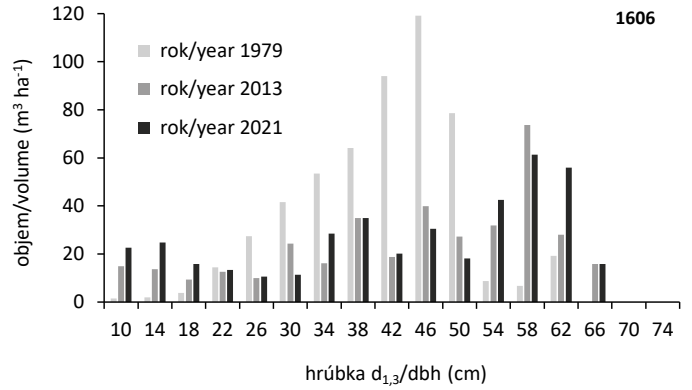
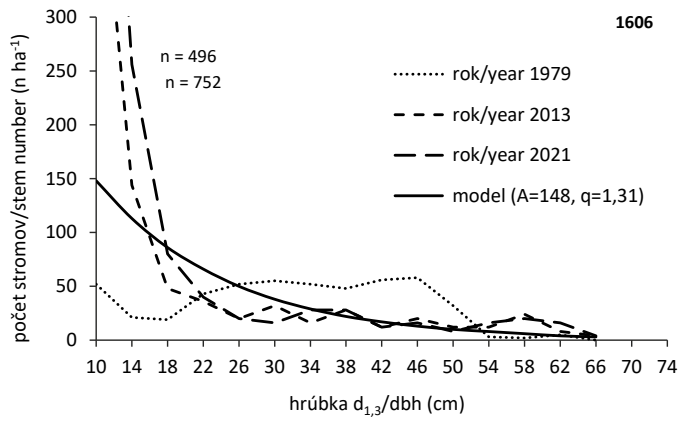
Roky/Years	Dielec/Compartment		
	1606	1631	1632c
1979–1988	43	72	41
1989–1997	53	97	42
1998–2007	9	24	29
2008–2017	-	45	-

Tab. 3.

Porastové charakteristiky a prirodzená obnova v období rokov 1979–2021
Stand characteristics and natural regeneration in the period 1979–2021

	Dielec ¹ 1606				Dielec ¹ 1631				Dielec ¹ 1632c			
	1979	2013	2021	Model ²	1979	1999	2021	Model ²	1979	1999	2021	Model ²
Stromy (hrúbka $d_{1,3} > 8 \text{ cm}$)³												
Početnosť (ks ha^{-1}) ⁴	498	912	1312	613	474	532	608	692	593	566	868	613
Smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	n/a	41/53/6	30/65/5		n/a	62/33/5	49/43/8		n/a	86/13/1	77/21/2	
Kruhovú základňu ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) ⁶	46	37	42	30	34	41	48	36	25	33	39	30
Smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	n/a	79/19/2	73/25/2		n/a	62/35/3	56/38/6		n/a	96/4/0	93/6/1	
Zásoba ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ⁷	535	371	407	320	373	465	550	385	257	328	388	320
Smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	90/10/0	85/14/1	82/17/1		85/15/03	61/36/3	56/39/5		99/1/0	97/3/0	95/5/0	
Dorast (hrúbka $d_{1,3} \leq 8 \text{ cm}$)⁸												
Početnosť (ks ha^{-1}) ⁴	n/a	4480	1560		n/a	2769	900		n/a	2920	1720	
Smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	n/a	12/84/4	23/77/0		n/a	24/74/2	56/44/0		n/a	42/30/28	53/42/5	
Obnova (výška 50–130 cm)⁹												
Početnosť (ks ha^{-1}) ⁴	n/a	820	1060		n/a	940	1320		n/a	540	1720	
Smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	n/a	22/78/0	58/42/0		n/a	26/74/0	56/41/3		n/a	24/35/31	53/38/9	

¹compartment, ²model, ³stems (dbh > 8 cm), ⁴stem density, ⁵spruce/fir/others, ⁶basal area, ⁷stand volume, ⁸ingrowth (dbh ≤ 8 cm), ⁹regeneration (height 50–130 cm)



Obr. 1. Zmeny hrúbkovej štruktúry a model výberkového lesa v dielcoch 1606, 1631 a 1632c

Fig. 1. Changes of diameter structure and model of selection forest in compartments 1606, 1631 and 1632c

Obr. 2. Zmeny rozdelenia zásob po hrúbkových stupňoch v dielcoch 1606, 1631 a 1632c

Fig. 2. Changes of volume distribution according to diameter classes in compartments 1606, 1631 and 1632c

bol zapríčinený orientáciou výberkového rubu na túto drevinu so zameraním na zdravotný výber, podporu prirodzenej obnovy a reguláciu výberkovej štruktúry. Deficit dorastu, ktorý zabezpečuje jedince do hrúbkovej triedy 10 cm, indikuje potrebu väčšej sily výberkového rubu 2krát za decénium. Odoberanie porastovej zásoby by sa malo orientovať do hrúbkového rozpätia 46–62 cm, s významným znížením porastovej zásoby na úroveň 400 m³ ha⁻¹.

V prípade dielca 1632c, ale aj dielca 1606, kde pôdny typ predstavuje rankrová pôda, sa tento pôdny typ (KUBIENA 1953) okrem účinku pestovných opatrení významne podieľal na intenzívnej hrúbkovej a výškovej diferenciácii, ako aj rôznej dynamike regeneračných procesov pri ich prestavbe na výberkovú štruktúru. Dôležitým prvkom zachovania rastovej vitality a dobrého zdravotného stavu smreka v dielci 1632c je hlad za živinami v rankrovej pôde, čo sa prejavilo vo väčšej hĺbke jeho zakorenenia (KÖSTLER et al. 1968) a severná expozícia skúmaného porastu. Mierny pokles zastúpenia smreka v hrubine bol zapríčinený orientáciou výberkového rubu v celkovej sume odobratej porastovej zásoby 112 m³ ha⁻¹. Rub bol zameraný na odobratie jedincov smreka s hrúbkou viac ako 66 cm, kde bol pomerne vysoký podiel rezonančného dreva. Prechodné zníženie počtu stromov dorastu na TVP je podmienené vysokým počtom stromov v hrúbkovej triede 10 cm. Odoberanie porastovej zásoby pomocou výberkového rubu by sa malo orientovať do hrúbkového rozpätia nad 66 cm jedenkrát za decénium na úrovni 35–40 m³ ha⁻¹. Štruktúra objemu hrubiny má odchýlku od tohto ukazovateľa vo výberkovom lese. Dôvodom je vyššia početnosť stromov v hrúbkovej triede 38 cm, kde bude potrebné pri realizácii výberkového rubu orientovať sa aj na prvok regulácie hrúbkovej štruktúry ako úlohy výberkového rubu. Produkčné a regeneračné ukazovatele potvrdili správne nastavenie modelu výberkového lesa pre skúmané drevinové zloženie a pôdny typ.

Regeneračné procesy v skúmaných objektoch pri nastavených modeloch sú v dobrej dynamike. Dlhodobé výsledky potvrdili, že lepšie podmienky pre klíčenie a ujímanie semenáčikov existujú na severnej expozícii (FREHNER 2001). Vplyv mikrostanošných podmienok tejto expozície na početnosť a dynamiku rastu prirodzenej obnovy bol významný (DIACI 1997; KUPFERSCHMID, BUGMANN 2005; KATHKE, BRUELHEIDE 2010). Vo výskumných objektoch sú modely výberkového lesa nastavené optimálne, čo sa prejavuje dobrou dynamikou a výškovými presunmi jedincov prirodzenej obnovy. Vo vyšších výškových kategóriách sa začína presadzovať jedľa (DUC 1991; BACHOFEN 2009). Dorast jedincov smreka a jedle do dolnej vrstvy je dynamický a vytvára predpoklady pre fázu zjemnenia výberkovej štruktúry (SCHÜTZ 2001). Fáza zjemnenia výberkovej štruktúry v dielcoch 1631, 1606 a fáza diferenciácie v dielci 1632c vytvárajú predpoklad priblíženia sa ich hrúbkovej štruktúry k nastaveným modelom výberkového lesa. Pri návrhu porastových komplexov tiennych, resp. polotiennych drevín na proces prebudovy na výberkový les forma stromová treba v súčasnej situácii vylúčiť rovnorodé smrekové porasty (SANIGA, DENDYS 2015). V lesoch Slovenska sa viac orientovať na bukovo-jedľové alebo smreko-jedľo-bukové porasty v orografických celkoch Východné Beskydy, Volovské vrchy, Čergovské vrchy a Poloninské Karpaty (SANIGA 2019).

ZÁVER

Analýza porastových štruktúr vo výskumných objektoch potvrdila, že tie sa v závislosti od typu pôdneho živinového zásobenia za obdobie 40 rokov dostali do fázy štrukturalizácie (dielce 1606, 1632c), v prípade dielca 1631 do fázy zjemnenia výberkovej štruktúry. Model výberkového lesa na rankrovej pôde počíta s optimálnou zásobou 320 m³ ha⁻¹ a cieľovou hrúbkou 66 cm. Takýto model vytvára predpoklady pre primeranú dynamiku regeneračných procesov jedle a smreka a plynulý dorast do dolnej vrstvy výberkového lesa. Model výberkového lesa v dielci 1631, ktorý má dominantnú produkčnú funkciu, je odvodený

na optimálnu zásobu 385 m³ ha⁻¹ s cieľovou hrúbkou 66 cm. Podiel smreka viac ako 90 % v skupinách lesných typov *Fagetum abietino-piceosum* a *Piceetum abietinum* na minerálne chudobných pôdach, hlavne na južnej expozícii pri prebudove pomocou existujúcej generácie znamená pri prebiehajúcej klimatickej zmene rýchly rozpad porastov a stratu výškovej a hrúbkovej diferenciácie.

Podakovanie:

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektov VEGA 1/0385/20 a APVV-18-0195.

LITERATÚRA

- ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNI H., BACHELET D., McDOWELL N., VENNETIER M., COBB N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660–684. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.09.001
- BACHOFEN H. 2009. Nachhaltige Verjüngung in ungleichförmigen Beständen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 160: 2–10.
- BAUHUS J., PUETTMANN K. J., KÜHNE C. 2013. Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems? In: Messier C. et al. (eds.): *Managing forests as complex adaptive systems*. London, Taylor and Francis: 187–213.
- BRÊTEAU-AMORES S., BRUNETTE M., DAVI H. 2019. An economic comparison of adaptation strategies towards a drought-induced risk of forest decline. *Ecological Economics*, 164: 106294. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.04.006
- BUGOŠOVÁ L. 2011. Štruktúra, textúra, produkcia a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Rožok. Dizertačná práca. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 102 s.
- DALE V.H., JOYCE L.A., McNULTY S., NEILSON R.P., AYRES M.P., FLANNIGAN M.D., HANSON P.J., IRLAND L.C., LUGO A.E., PETERSON C.J., SIMBERLOFF D., SWANSON F.J., STOCKS B.J., WOTTON B.M. 2001. Climate change and forest disturbances. Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience*, 51: 723–734. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFD]2.0.CO;2
- DIACI J. 1997. Experimentelle Felduntersuchungen zur Naturverjüngung künstlicher Fichtenwäldern auf Tannen-Buchenwaldstandorten (*Homogyno sylvestris-Fagetum*) in den Savinja-Alpen (Slowenien) mit besonderer Berücksichtigung der Ansamlungsphase und unter dem Einfluss der Faktoren Licht, Vegetation, Humus und Kleinsäuger. Zürich, Eidgenössische Techn. Hochschule: 197 s. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, Beiheft 80: 197 s.
- DUC P. 1991. Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses in Emmentaler Plenterflächen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 142: 299–319.
- FREHNER M. 2001. Entwicklung von Fichtenverjüngung im Lehrwald Sedrun der ETH Zürich (nördliche Zwischenalpen). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 152: 12–24.
- FRELICH L.E. 2002. *Forest dynamics and disturbance regimes*. Cambridge, Cambridge University Press: 280 s.

- HLÁSNY T., BARKA I., SITKOVÁ Z., BUCHA T., KONÓPKA M., LUKÁČ M. 2015. MODIS-based vegetation index has sufficient sensitivity to indicate stand-level intra-seasonal climatic stress in oak and beech forests. *Annals of Forest Science*, 72: 109–125.
- KATHKE S., BRUELHEIDE H. 2010. Interaction of gap age and microsite type for the regeneration of *Picea abies*. *Forest Ecology and Management*, 259: 1597–1605. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.01.036
- KERN K.G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlags-und Plenterwald. München, Bayerischer Landwirtschaftsverlag: 232 s.
- KNÍŽEK M., LIŠKA J., LORENC F., LUBOJACKÝ J. 2019. Výskyt lesních škodlivých faktorů na území Česka v roce 2018. In: Kunca A. (ed.): Aktuální problémy v ochraně lesa 2019. Zborník referátov. Nový Smokovec, 31. január. – 1. február 2019. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 38–43.
- KNOKE T., PLUSZYK N. 2001. On economic consequences of transformation of a spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) dominated stand from regular into irregular age structure. *Forest Ecology and Management*, 151: 163–179. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00706-4
- KORPEL Š., SANIGA M. 1993. Výherný hospodársky spôsob. Písek, Matice lesnícká: 127 s.
- KÖSTLER J.N., BRÜCKNER E., BIBELRIETHER H. 1968. Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg; Berlin, Parey: 284 s.
- KUBIENA W.L. 1953. Bestimmungsbuch und Systematik der Boden Europas. Stuttgart, Enke: 325 s.
- KUNCA A. et al. 2019. Problémy ochrany lesa v roku 2018 a prognóza na rok 2019. In: Kunca A. (ed.): Aktuální problémy v ochrane lesa 2019. Zborník referátov. Nový Smokovec, 31. január. – 1. február 2019. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 33–37.
- KUPFERSCHMID A.D., BUGMANN H. 2005. Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205: 251–265. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.10.008
- LEBOURGEOIS F., RATHGEBER C.B.K., ULRICH E. 2010. Sensitivity of French temperate coniferous forests to climate variability and extreme events (*Abies alba*, *Picea abies* and *Pinus sylvestris*). *Journal of Vegetation Science*, 21: 364–376. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2009.01148.x
- MITSCHERLICH G. 1963. Untersuchungen in Schlag-und Plenterwäldern. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 134: 1–12.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: 49–56.
- RAJČAN E., DANIHELOVÁ A., URGELA S. 1998. Aplikácia akustiky pri štúdiu vlastností dreva. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 56 s. Vedecké štúdie 10.
- REININGER H. 2000. Das Plenterprinzip oder die Überführung des Altersklassewaldes. Graz, Stuttgart, Leopold Stocker Verlag: 238 s.
- SANIGA M. 2006. Pestovanie listnatých lesov s prihliadnutím na hodnotovú prírastkovú produkciu. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 30 s.
- SANIGA M., VENCURIK J., JALOVIAK P., KUCBEL S. 2009. Impact of the structure of different selection forest types on their wind resistance in High Tatra National Park. *Beskydy*, 2 (2): 177–186.
- SANIGA M., DENDYS P. 2015. Rekonštrukcie smrekových porastov. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 36 s.
- SANIGA M. 2019. Pestovanie lesa. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 331 s.
- SANIGA M., KUCBEL S., JALOVIAK P. 2021. Disturbančný režim a temporárne zmeny zastúpenia drevín – ich vplyv na hrúbkovú štruktúru vo vývojovom cykle Badínského a Dobročského pralesa. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 60 s.
- SCHELHAAS M. J., NABUURS G. J., SCHUCK A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9: 1620–1633. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x
- SCHMIDT M., SCHÜTZ J.P., GADOW K. 1997. Strukturanalyse in vier Plenterüberführungsbeständen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 148: 335–352.
- SCHMITT M. 1994. Von faulen Gesellen und Spätberufenen. *Der Dauerwald*, 11: 4–28.
- SCHÜTZ J.P. 1989. Der Plenterbetrieb. Zürich, ETH: 54 s.
- SCHÜTZ J.P. 1997. Sylviculture 2. La gestion des forests irregulieres melangees. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes: 178 s.
- SCHÜTZ J.P. 1998. Die Technik der Waldverjüngung. Zürich, ETH Zentrum: 156 s.
- SCHÜTZ J.P. 2001. Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Berlin, Parey: 207 s.
- SPLICHTNA B.E., GRATZER G., BLACK B.A. 2005. Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – a spatial dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, 16: 511–522. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2005.tb02391.x
- THOMASUS H. 1988. Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme sowie der Beeinflussbarkeit durch forstwirtschaftliche Massnahmen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 43: 1037–1043, 1064–1068.
- TREPP W. 1974. Der Plenterwald: Die Plenterung – ein Lichtwuchsbetrieb bester Schulz und Wohlfahrtswirkungen und höchster nachhaltiger Erträge. Luzern, HESPA: 64 s. HESPA Mitteilungen, 24, Nr. 66.
- Zelená správa 2020. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2019 [online]. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky. 68 s. [cit. 2021-07-19]. Dostupné na: <https://www.mpsr.sk/zelenasprava-2020/123---16162/>
- ZLATNÍK A. 1976. Lesnícká fytoecologie. Praha, SZN: 495 s.

CONVERSION OF AGE-CLASS TO SELECTION FOREST - A 40-YEAR TIME STUDY

SUMMARY

Research objects of this study were three forest stands with dominant proportion of Norway spruce in demonstration object Pro Silva Donovaly-Mistrík in orographic unit Nízke Tatry (Slovakia). Forest stands with different soil type and aspect have been converted to selection forest using the current generation for more than 40 years. The results of full calipering in 1979 and the stand inventory in 1999, 2013 and 2021 on the permanent research plots (0.25 ha) confirm that the stands have reached the stage of structuration (compartment 1606 and 1632c) or the stage of structure achievement (compartment 1631). In the compartment 1606 with southern aspect, despite the enhanced conditions of ranker soil, we observed a rapid dieback of spruce in the upper tree layer of the converted stand. In this phase, the stability of the upper tree layer is guaranteed by silver fir, as its vitality in these ecological conditions is acceptable. During the investigated period, dynamics of regeneration processes (individuals in height range 50–130 cm) was adequate, with balanced representation of spruce (58%) and fir (42% – Tab. 3). On the other hand, a significant decrease of tree density was registered in the category of ingrowth (height ≥ 130 cm, dbh ≤ 8 cm), with the reduction from 4480 ha⁻¹ in 2013 to 1560 ha⁻¹ in 2021. Despite the decrease of fir proportion (77%) in favour of spruce (23%), the dominance of fir in the lower tree layer is maintained (Tab. 3). In compartment 1632c, the ranker soil played a significant role in differentiation of diameter structure and natural regeneration of spruce and fir in clusters (Fig. 1 and 2; Tab. 3). The dynamics of regeneration processes during the investigated period was continuous, with the spruce proportion in natural regeneration (height 50–130 cm) reaching 53% and the fir proportion of 38% in 2021. The decrease to the density 1720 ha⁻¹ was observed in the category of ingrowth. Reduction of the trees in this category that provides the individuals for the diameter class 10 cm resulted from the high tree density in the diameter class 10 cm. In compartment 1631, the dynamics of regeneration processes during the surveyed period was adequate, with balanced proportion of spruce and fir. The significant decrease (by 200%) in the ingrowth category was registered also in this compartment (Tab. 3).

In the investigated stands, the reduction of the annual volume increment with the gradual approaching to the selection structure was observed. On the permanent research plots in compartments 1606 and 1632c that represent the stage of structuration, the annual volume increment reached 4.5 m³ ha⁻¹ and 4 m³ ha⁻¹. Compartment 1631 that is in the stage of structure achievement has the annual volume increment of 7 m³ ha⁻¹.

According to the ongoing continuity of regeneration processes and the differentiation of stand structure, the model with optimal stand volume of 320 m³ ha⁻¹ and target dbh of 66 cm proposed for the protection stands (compartments 1606 and 1632c) was confirmed as appropriate. Model with such parameters is able to maintain the sustainable fulfilment of the non-production functions as well as the high-quality timber production (resonance wood). In the stand with dominant production function (compartment 1631) it is possible to set the target diameter to 66 cm and the optimal stand volume to 385 m³ ha⁻¹ (Tab. 3; Fig. 1). The results confirmed that on such high-productive site even in the case of significant exceeding of the optimal stand volume this does not represent the risk for the regeneration processes.

Zasláno/Received: 21. 07. 2021

Přijato do tisku/Accepted: 03. 09. 2021