

КАРАКТЕРИСТИКЕ СКЛОПА И РЕЖИМА СВЈЕТЛОСТИ У МЈЕШОВИТОЈ САСТОЈИНИ ЈЕЛЕ И СМРЧЕ НА ПОДРУЧЈУ СИТНИЦЕ – МРКОЊИЋ ГРАД, РЕПУБЛИКА СРПСКА

ЗОРАН ГОВЕДАР¹

ЈОВО ПЕТКОВИЋ²

ВИОЛЕТА БАБИЋ³

БРАНКО КАЊЕВАЦ³

Извод: У раду је анализиран утицај степена склопа и режима свјетлости на природно обнављање мјешовите састојине јеле и смрче на подручју Ситнице - у ШПП „Мркоњићком“, Република Српска. Таксациони елементи састојине мјерени су примјеном *FieldMap* технологије. За утврђивање режима свјетлости и степена склопа коришћена је метода хемисферичних фотографија и њихова обрада помоћу програма *Gap Light Analyzer (GLA)*. Добијени параметри о режиму свјетлости (директна, дифузна и укупна свијетлост), као и добијене вриједности степена склопа доводили су се у везу са карактеристикама подмлатка. Примјењена је метода корелационе и регресионе анализе. Константована је задовољавајућа бројност подмлатка који је углавном застарчен. Највећа површина састојине се налази у потпуном и густом склопу. Интензитет свјетлости опада са повећањем степена склопа али је та зависност најизраженија код дифузне свјетлости.

Кључне ријечи: степен склопа, режим свјетлости, хемисферичне фотографије, *FieldMap*, подмладак

CHARACTERISTICS OF CANOPY AND LIGHT REGIME IN A MIXED STAND OF FIR AND SPRUCE IN THE AREA OF SITNICA – MRKONJIĆ GRAD, REPUBLIC OF SRPSKA

Abstract: The paper studies the influence of the degree of canopy closure and light regime on the natural regeneration of mixed stands of fir and spruce in the area of Sitnica – in FMA "Mrkonjicko" Republic of Srpska. Stand estimation elements were measured using *FieldMap* technology. The method of hemispherical photographs and their processing using the *Gap Light Analyzer (GLA)* program were used to determine the light regime and the degree of canopy closure. The obtained parameters of the light regime (direct, diffuse, and total light), as well as the obtained values of the degree of canopy closure, were correlated with seedlings characteristics. The correlation method and regression analysis were applied. The obtained number of seedlings is satisfactory, and the new growth is mostly suppressed. The largest area of the stand has either a complete or dense canopy. The light intensity decreases with the increasing degree of canopy closure, but this correlation is the strongest in diffused light.

Keywords: canopy closure, light regime, hemispherical photographs, *FieldMap*, tree seedling

¹ др Зоран Говедар, ред. проф., Универзитет у Бањој Луци Шумарски факултет, Бања Лука, Република Српска

² Јово Петковић, мастер инж. шумарства

³ др Виолета Бабић, ванр. проф.; др Бранко Кањевац, асистент са докторатом, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд

1. УВОД

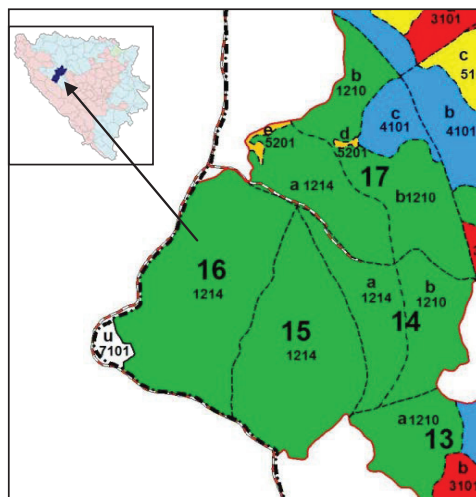
Природно подмлађивање шума је један од основних услова, који обезбјеђују њихов одрживи развој. На подмлађивање шума, раст и развој подмлатка поред низа фактора спољашње средине, посебан значај има режим свјетлости, који се налази у уској корелацији са степеном склопа састојине (Kimmins, J.P., 1995; Krstić, M. *et al.*, 1997; Говедар, З., Керен, С., 2008; Babić, V., 2010, 2014). Познавање степена склопа и његовог утицаја на режим свјетлости и природно обнављање шума јеле и смрче значајно је због тога што ове шуме имају низ структурних специфичности и привредно су веома значајне за Републику Српску. Ранија истраживања показују да су ове шуме углавном структурно разнодобне, нарочито ако је у њима веће учешће јеле и појављивање букве у инвентару састојине (Говедар, З., 2005). У овим сложеним састојинама по облику или форми степен склопа састојине је дефинисан као проценат шумског земљишта покривен пројекцијом круна дрвећа (Jennings, S.B. *et al.*, 1999) и он има прворазредан значај на природно обнављање, нарочито ако се главне врсте дрвећа разликују у односу према свјетлости. Поред тога, отвори у склопу шуме утичу на композицију врста, као и на обнову (Runkle, J.R., 1982). Чак и најсјенољубивије врсте захтјевају одређене отворе у склопу састојине како би преживјеле и израсле у надстојну етажу (Spies, T.A., Franklin, J.F., 1989).

Склоп састојине се показао као вишеструки еколошки индикатор, што је корисно за разликовање станишта, процјену микроклиме шумског земљишта и свјетлосних услова, као и процјену функционалних варијабли као што је индекс лисне површине (LAI – *Leaf Area Index*), која квантификује однос лисне површине по јединици површине земљишта. Значај склопа не огледа се само у количини свјетлости, која допире у простор испод круна стабала, већ и заштити младе генерације од коровских биљака, претјеране инсолације, транспирације и штетног утицаја екстремно ниских и високих температура (Стојановић, Љ., Крстић, М., 2008; Krstić, M. *et al.*, 2018). Како је све већи значај степена склопа за одређивање узгојних захвата али и за многе друге факторе, тако су се развијале нове методе за одређивање степена склопа, што је резултирало појавом савремених инструмената и софтвера (Diaci, J. *et al.*, 1999). Иако се степен склопа настоји изразити квантитативно, процјене се изводе са широким распоном терестичних техника; окуларне процјене (Robinson, M.W., 1947), сферични дензиометри, хемисферичне фотографије (Evans, G.C., Coombe, D.E., 1959), мапирање стабала и круна. Као изведени елемент емпиријских мјерења у моделима раста састојина или стабала за вертикалну процјену степена склопа користи се симулатор шумске вегетације FVS – *Forest Vegetation System* (Donnelly, D.M., Johnson, R.R., 1997). У пракси гајења шума најчешће се користи метода која представља комбинацију интегративног и тренутног мјерења директне, дифузне и глобалне сунчеве свјетлости, а добијени резултати се доводе у везу са карактеристикама склопа у истраживаним састојинама (Колић, Б., 1975;

Крстић, М., 1986; Стојановић, Љ., 1995). Због тога су се развиле нове методе мјерења режима свјетлости, које су засноване на хемисферичним фотографијама. Обрадом хемисферичних фотографија релативно лако долазимо до вриједности степена склопа и јачине директне, дифузне и укупне свјетлости (Говедар, З., Керен, С., 2008; Шебез, М. *et al.*, 2017). Прецизно одређивање степена склопа, као и познавање режима свјетлости, долази до изражаја посебно тамо гдје су услови за раст и развој шумског дрвећа из различитих разлога отежани. Познато је да степен склопа састојине, при истим или сличним осталим станишним условима, утиче на режим свјетлости и енергетско – температурне услове, а преко њих настају промјене и осталих микроклиматских елемената (Babić, V. *et al.*, 2010, 2015). Због значаја режима свјетлости и степена склопа за укупне микроеколошке услове састојина у раду је постављен циљ да се утврде карактеристике склопа и режима свјетлости, као и њихов утицај на особине подмлатка јеле и смрче.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживано подручје је смјештено на јужним обронцима планине Мањача према Подрашничком пољу (слика 1). Припада газдинској јединици Дубичка Гора у оквиру ШПП „Мркоњићког“ које је смјештено у југозападном дијелу Републике Српске. Захвата простор између 44° 11' и 44° 34' сјеверне географске ширине и између 16° 47' и 17° 15' источне географске дужине по Гриничу. Надморска висина истраживног подручја у просјеку износи око 900 м.



Слика 1. Положај ШПП „Мркоњићког“ и објекта рада (одјелење 16, ПЈ „Дубичка Гора“)

Figure 1 Position of FMA “Mrkonjičko” and the study area (compartment 16, MU “Dubička Gora”)

Тип земљишта на доломитној геолошкој подлози је рендзина, док на кречњаку преовладава земљишна комбинација типа мозаика (калкокамби-сол - калкомеланосол - лувисол). Анализом климатских показатеља са метеоролошке станице у Мркоњић Граду за период 1999-2019. године по методу Торнтвајта (1957), подручје се одликује перхумидном климом, односно умјерено – континенталном климом (планински тип), што га сврстава у изразито шумска подручја са повољним условима за раст и развој шумске вегетације. Просјечна годишња температура ваздуха износи 6,9°C, док у вегетационом периоду износи 12,2°C. Просјечна годишња сума падавина износи 1187 mm. Од ове количине око 60 % падне у току вегетационог периода.

Према еколошко-вегетацијској реонизацији Босне и Херцеговине (Стефановић, В. *et al.*, 1983), објекат рада припада западнобосанском кречњачко-доломитном подручју и области унутрашњих Динарида. Фитоценолошки састојина представља заједницу ацидофилних четинарских шума *Abieti-Piceetum montanum* Mat. 1978. У истраживаној састојини спрат дрвећа карактерише доминација јеле и смрче, а појединачно у малом броју јављају се *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia* и *Ulmus glabra*. Спрат жбуња је флористички сиромашан и најсечће се јављају: *Corylus avellana*, *Sambucus ssp.*, те ријетко *Ilex aquifolium*. У спрату приземне флоре јављају се следеће врсте: *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, *Pteridium aquilinum* и мјестично *Vaccinium myrtillus*.

Подаци су прикупљани на основу систематског узорка, који се састоји од концентричних кружних примјерних површина, чији су центри међусобно распоређени у квадратној мрежи са страницом дужине 100 m (Матић, В., 1977). Примјерне површине су састављене од концентричних кругова различитих пречника, а узорковање стабала одређено је његовом удаљеношћу од центра кругова и прсним пречником (табела 1).

Подаци су прикупљани примјеном Field-Map (FM) технологије⁴ (Говедар, З., Билић, С., 2020) која подржава широк спектар електронских мјерних уређаја, а најважнији дио је комбинација ласерског даљиномјера са реласкопом и инклинометром (*Impulse 200 LR Rangefinder*) и угловни енкодер (*MapStar TruAngle*). Саставни дио инструмента је рачунар Armor X10gf (слика 2) у којем су инсталирани програми за прикупљање и обраду података.

⁴ Прва практична примјена FieldMap технологије у Републици Српској и Босни и Херцеговини почела је на Кашедри јајења шума на Шумарском факултету у Бањој Луци у мастер раду: Утицај степен склопа на природно подмлађивање мјешовитих састојина јеле и смрче на подручју Сињнице (Петковић, Ј., 2016). Детаљније информације о начину коришћења инструмента налазе се на веб страници: (https://www.fieldmap.cz/download/FM_Catalogue_en.pdf).



Слика 2. FieldMap уређај (А) и његова примјена (В) у састојини смрче и јеле - Ситница (Фото: Ј. Петковић, 2014)

Figure 2 FieldMap device (A) and its application (B) in a stand of spruce and fir – Sitnica (Photo: J. Petković, 2014)

Геореференцирање центара концентричних кругова вршено је помоћу GPS (*Geographic Position System*) и FM уређаја. За овај рад посебно је креирана база за аутоматизацију узорковања стабала на бази њихове удаљености од центра кругова и величине њиховог прсног пречника (табела 1 и слика 3). Уз претходно креирање базе за унос података FMPM (*Field Map Project Manager*), импортовање измјерених пречника стабала у узорку и података о хоризонталним пројекцијама круна стабала је вршено у FMDC (*Field Map Data Collector*). Постављане су 62 примјерне површине (слика 4), а таксациони елементи стабала која су обухваћена узорком и чији пречници су већи од таксационе границе (5,0 cm) прикупљани су помоћу FM уређаја и то: прсни пречници - D (cm), висине - H (m), хоризонталне пројекције круна и узимање извртака Преслеровим сврдлом у циљу утврђивања дебљинског (I_d - mm) и запреминског прираста (I_v - m^3/ha) на свакој другој примјерној површини (укупно 31 површина).

Табела 1. Величине радијуса кругова у зависности од пречника стабала
Table 1 Circle radius values depending on the tree diameter

$d_{1,3}$	cm	5-10	11-20	21-30	31-50	50-80	>80
r	m	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
		2,5	4,5	5,5	9,0	15,0	25,0
K		509,6	157,3	105,3	39,3	14,5	5,1

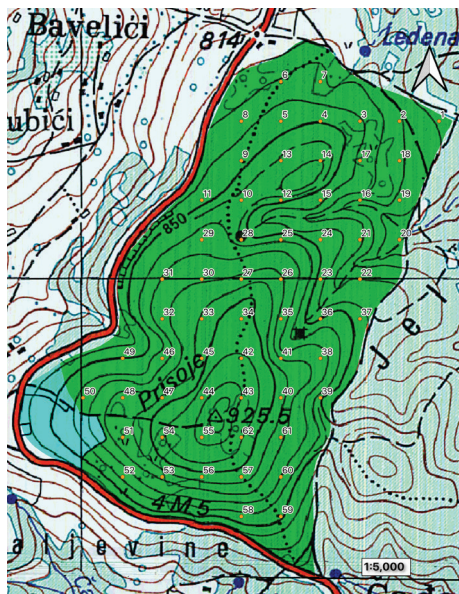
$d_{1,3}$ - прсни пречник стабла; r - удаљеност стабла од центра круга;
K - коефицијент прерачунавања на ha

У центру концентричних кругова постављене су елементарне јединице димензија 1x1 m на којима је извршено прикупљање података о карактеристикама подмлатка. Подаци су прикупљани са три по висини доминантне јединке подмлатка и то: врста дрвећа, број јединки подмлатка на свакој елементарној јединици (n), висина подмлатка (h – cm), дужина вршног (Zh – cm) и бочних издојака (Zb – cm), ширина круна подмлатка (Kr – cm) и старост подмлатка јеле и смрче бројањем пршљенова (S – год.). Обрада података вршена је уобичајеним дендрометријско - статистичким методама при чему су коришћене могућности обраде помоћу FieldMap технологије (анализа степена склопа, конструисање висинских кривуља, дебљинска и запреминска структура и др.). Одређивање количине пропуштене директне (I_{dir} - %) и дифузне свјетлости (I_{dif} - %) на примјерним површинама вршено је на основу обраде хемисферичних фотографија примјеном дигиталног апарата марке Nikon Coolpix 4500 и хемисферичног објектива марке FC – E8 у центру примјерних површина након обраде помоћу софтвера GLA (Gap Light Analyzer 2.0). Утврђивање степена склопа (Ss) вршено је примјеном FM и GLA.



Слика 3. Распоред концентричних кругова

Figure 3 Arrangement of concentric circles



Слика 4. Распоред и број примјерних површина

Figure 4 Arrangement and number of measured areas

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

3.1. Основни елементи структуре састојине

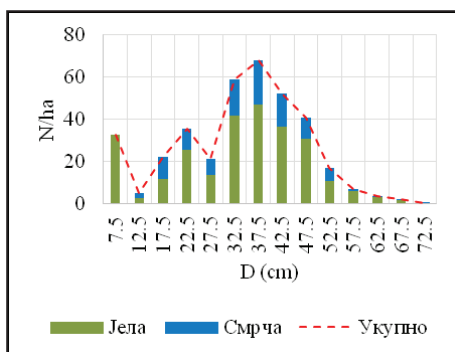
Просторни распоред стабала, њихов хоризонтални и вертикални положај као и њихови конкурентски односи у борби за простор и вертикално раслојавање на одређеној површини чине основу проучавања

структуре састојине. Број стабала у састојини износи 368 по ха, а омјер смјесе по броју стабала износи јела:смрча = 71,8%:28,2%. Највећа заступљеност стабала је у средњим дебљинским разредима (30 до 60 cm) гдје се налази 66,3 % од укупног броја стабала, док је релативно тањих стабала пречника до 30 cm у састојини 31,8 % (табела 2). Према распојели стабала по дебљини састојина је структурно разнодобна и двоспратна (графикон 1).

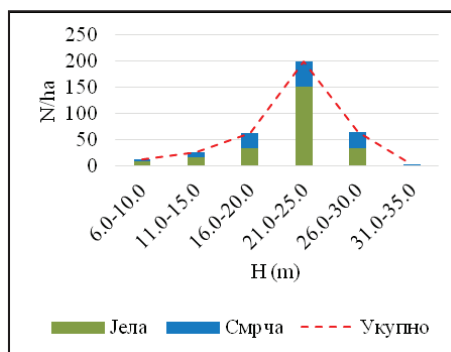
Табела 2. Основни таксациони елементи састојине
Table 2 Basic stand estimation elements

D	ЈЕЛА III бонитег / FIR site class III								СМРЧА III/IV бонитег / SPRUCE site class III								УКУПНО /TOTAL										
	N	N	G	V	V	id	iv	iv	N	N	G	V	V	id	iv	iv	N	N	G	V	V	id	iv	iv			
cm	/ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	mm	m ³ /ha	%	mm	m ³ /ha	%	mm	m ³ /ha	%	mm	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%			
7.5	32.9	8.9	0.1	0.4	0.7	0.1	1.8	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	32.9	8.9	0.1	0.4	0.7	0.1	1.8	0.0	0.3		
12.5	2.5	0.7	0.1	0.1	0.2	0.04	1.9	0	0.1	2.5	0.7	0.1	0.2	0	0.4	0	5.1	1.4	0.1	0.2	0.4	0.8	2.3	0.0	0.1		
17.5	11.9	3.2	0.3	0.8	2.4	0.4	2.1	0.2	1.3	10.2	2.8	0.3	0.6	2.1	0.4	1.2	0	0.3	22.1	6	0.5	1.3	4.5	0.8	3.3	0.2	1.6
22.5	25.5	6.9	1.0	2.7	17.3	3.2	2.4	0.3	2.6	10.2	2.8	0.4	1.1	4.2	0.8	1.9	0.1	0.8	35.7	9.7	1.4	3.7	21.5	4.0	4.3	0.4	3.4
27.5	13.9	3.8	0.8	2.2	9.8	1.8	2.7	0.2	1.3	7.6	2.1	0.5	1.2	5.1	0.9	2.6	0.1	1	21.4	5.8	1.4	3.5	15	2.8	5.3	0.3	2.3
32.5	41.6	11.3	3.5	9	45.3	8.3	3.1	1.1	9.1	17.6	4.8	1.5	3.8	17.8	3.3	3.2	0.4	3.4	59.2	16	5.1	13	63.1	11.6	6.3	1.5	12.6
37.5	47.3	12.8	5.2	13.6	73.7	13.5	3.5	1.7	14	20.8	5.7	2.3	6.0	29.1	5.3	3.8	0.7	5.6	68	18	7.4	19	103	18.9	7.3	2.4	20
42.5	36.5	9.9	5.2	13.5	77.5	14.2	4	1.7	15	15.8	4.3	2.2	5.8	29.3	5.4	4.3	0.7	5.5	52.3	14	7.3	19	107	19.6	8.3	2.4	20.2
47.5	30.9	8.4	5.5	14.3	84.9	15.6	4.6	1.9	16	10.1	2.7	1.8	4.7	24	4.4	4.7	0.5	4.3	41	11	7.3	19	109	20	9.2	2.4	20.2
52.5	10.6	2.8	2.2	5.8	35.8	6.6	5.2	0.8	6.7	6.4	1.8	1.4	3.6	19	3.5	5.0	0.4	3.2	16.8	4.6	3.7	9.6	54.8	10.1	10	1.2	9.9
57.5	6.0	1.6	1.6	4.1	25.3	4.7	5.9	0.6	4.8	0.92	0.3	0.2	0.6	3.3	0.6	5.3	0.1	0.5	6.9	1.9	1.9	4.8	28.6	5.3	11	0.6	5.3
62.5	3.0	0.8	0.9	2.4	15.2	2.8	6.6	0.3	2.9	0.7	0.2	0.2	0.6	2.9	0.5	5.5	0.1	0.4	3.7	1	1.1	2.8	18.1	3.3	12	0.4	3.4
67.5	1.6	0.4	0.6	1.5	9.6	1.8	7.4	0.2	1.9	0.7	0.2	0.3	0.6	3.4	0.6	5.6	0.1	0.4	2.3	0.6	0.8	2.1	13.1	2.4	13	0.3	2.3
72.5	0.2	0.1	0.1	0.3	1.6	0.3	8.3	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.3	1.3	0.2	5.6	0.0	0.2	0.46	0.1	0.2	0.5	2.9	0.5	14	0.1	0.5
S	264	71.8	27.1	70.7	401.0	73.7	8.9	75.0	104.0	28.2	11.2	29.2	143	26	3.0	25	368	100	38.4	100	544.5	100	11.9	100	100	100	100

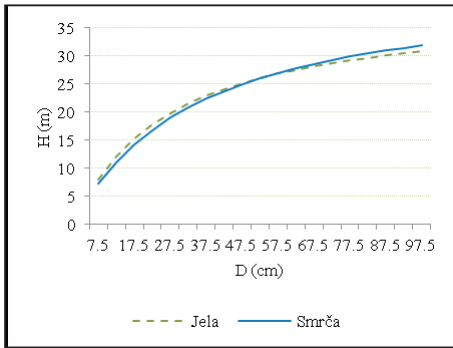
Висинска структура показује уједначено учешће стабала јеле и смрче у нижим висинским разредима док у горњем спрату доминира јела (графикон 2). Оваква дебљинска и висинска структура је карактеристична за састојине јеле и смрче у фази сукцесије према климарегионалној заједници букве, јеле и смрче (Говедар, З., 2005). Наиме, приликом премјера у састојини је забиљежено девет стабала бијелог бора (*Pinus sylvestris*) димензија 26 - 53 cm, што је индикатор прогресивне сукцесије у истраживаној састојини. На основу конструисаних висинских кривуља за јелу и смрчу користећи Проданаову функцију и упоређивањем са одговарајућим бонитетним диспозицијама (Drinić, P. *et al.*, 1990) констатовано је да бонитет станишта за јелу одговара трећем, а смрче на прелазу између трећег и четвртог бонитетног разреда (графикон 3). Запремина истраживане састојине износи 544,5 m³/ha гдје јела учествује са 401,2 m³/ha, а смрча 143,3 m³/ha. Омјер смјесе износи 73,6%:26,4% у корист јеле. Високе вриједности запремине у мјешовитим састојинама јеле и смрче утврђене су на Днолучкој планини и износиле су преко 720 m³/ha (Говедар, З., Керен, С., 2008), као и у Србији на Златару 470,5 m³/ha (Стојановић, Љ. *et al.*, 2005). Запремина и запремински прираст имају веома сличну расподелу што указује да стабла свих дебљина уједначено прирашћују. Статистичке мјере варијабилитета запремине показују да њена стандардна девијација износи 228,5 m³/ha, стандардна грешка средине запремине износи 29,0 m³/ha, а њена двострука релативна грешка при вјероватноћи 95% износи 10,4%. Коефицијент асиметричности расподеле запремине састојине по дебљинским разредима износи $\alpha_3 = -0,04$ (блага негативна асиметрија) што указује на расподелу веома блиску нормалној расподели. Висока вриједност коефицијента варијације запремине показује да у састојини постоји велики просторни варијабилитет запремине. Ипак, већина аутора сматра да су подаци за састојину употребљиви ако је запремина као најваријабилнији елемент састојине оптерећена максималном релативном грешком $\pm 10\%$.



Графикон 1. Дебљинска структура састојине
Graph 1 Stand diameter structure

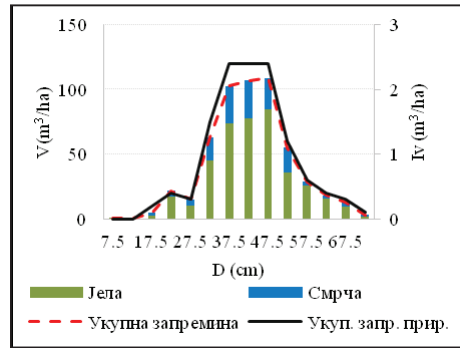


Графикон 2. Висинска структура састојине
Graph 2 Stand height structure



Графикон 3. Висинске кривуље јеле и смрче

Graph 3 Height curves for fir and spruce



Графикон 4. Расподјела запремине и запреминског прираста

Graph 4 Volume and volume increment distribution

Карактеристично је да са повећањем пречника јеле расте и дебљински прираст стабала а кулминацију не достижу чак ни код стабала великих пречника (дебљих од 60 cm). Међутим, текући дебљински прираст смрче достиже кулминацију код пречника око 60 cm и након тога код дебљих стабала постепено опада. То указује на већу производну снагу дебљих стабала јеле у односу на смрчу при истим станишним условима. Укупан прираст запремине састојине износи 11,9 m³/ha, при чему прираст јеле износи 8,9 m³/ha, а смрче 3,0 m³/ha. Обзиром да је удио јеле у омјеру смјесе велики (74%) очекивано је оправдан овакав однос у смислу запреминског прираста. Уколико је учешће јеле у мјешовитим састојинама са смрчом и буквом веће утолико ће бити и запремински прираст састојина већи (Матић, В., 1980).

3.2. Утицај степена склопа и режима свјетлости на карактеристике подмлатка

Склоп састојине и јачина свјетлости налазе се у веома јакој корелационој вези и међусобној зависности (Крстић, М., 1989; Говедар, З., 2005). Дознаком стабала а касније сјечом, посебно у привредним шумама, значајно се утиче на степен склопа и режим свјетлости, а нови микроеколошки услови могу на различите начине утицати на процес природног обнављања. Иако је степен склопа у простору веома варијабилан, његов значај и познавање што прецизнијих величина је од великог значаја у гајењу, нарочито мјешовитих шума у чијем саставу се налазе врсте које имају различит однос према свјетлости. Мјере варијабилитета обиљежја показују да склоп састојине има најмањи варијабилитет док се подмладак одликује највећим варијабилитетом (табела 3).

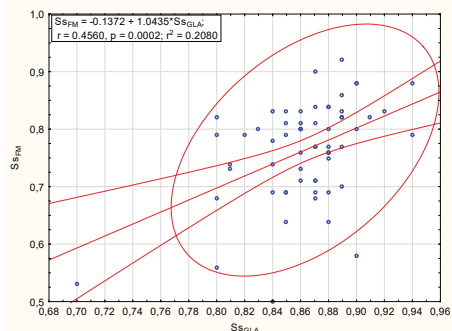
Табела 3. Дескриптивна статистика за склоп састојине, режим свјетлости и подмладак

Table 3 Descriptive statistics for the stand canopy, light regime and young growth

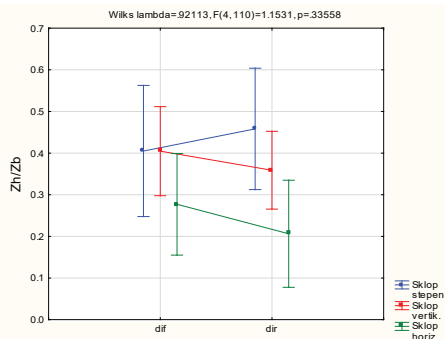
	Склоп / Canopy		Свјетлост / Light (%)		Подмладак / Young growth (cm)	
	GLA	FM	I _{dir}	I _{dif}	h	Zh
Број примјерних површина	62	62	62	62	62	62
Аритметичка средина	0.86	0.76	19.59	19.61	35.81	4.43
Медијана	0.87	0.79	19.82	18.94	35.75	2.85
Минимум	0.70	0.50	4.84	7.46	5.35	0.40
Максимум	0.94	0.92	40.01	38.37	95.00	18.85
Стандардна девијација	0.04	0.09	7.12	4.68	22.27	3.88
Стандардна грешка средине	0.00	0.01	0.90	0.59	2.83	0.49
Коефицијент асиметрије	-1.37	-0.99	0.37	0.87	0.34	1.52
Коефицијент спљоштености	7.25	3.93	3.49	6.63	2.12	4.92
Коефицијент варијације (%)	4.35	11.25	36.34	23.88	62.20	87.58
Релативна грешка средине (%)	0.55	1.43	4.61	3.03	7.90	11.12
Двострука релативна грешка (%)	1.10	2.86	9.23	6.07	15.80	22.25

Према категоризацији корелационог модела Chadock, R.E. (1925) ради се о слабој корелацији између степена склопа мјереног помоћу GLA и FM јер је вриједност ($0 < r < 0,5$). Праволинијски изражена регресиона зависност има малу вриједност коефицијента детерминације (графикон 5) па је статистичка веза између два начина утврђивања степена склопа мала ($0 < r^2 < 0,25$). Карактеристично је да подмладак има повољнији однос Zh / Zb при дифузној свјетлости у условима хоризонталног и вертикалног склопа, док је овај однос код степенастог склопа повољнији у условима директне свјетлости (графикон 6).

Ако се као извор варијабилитета посматра облик склопа и однос директне и дифузне свјетлости у погледу утицаја на ширину круна подмлатка и однос Zh / Zb може се закључити да постоји статистички значајан утицај облика склопа на оба испитивана обиљежја, док однос врста свјетлости и интеракција извора варијабилитета немају статистички значајан утицај (табела 4).



Графикон 5. Корелација степена склопа према GLA и FM
Graph 5 Correlation of the degree of closure to GLA and FM



Графикон 6. Вриједности Zh/Zb у зависности од облика склопа и врсте свјетлости
Graph 6 Values of Zh/ Zb depending on the canopy shape and types of light

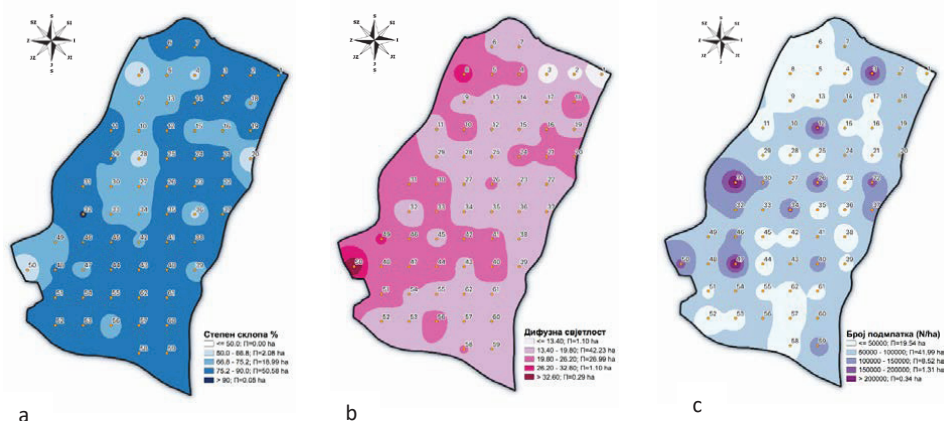
Табела 4. Анализа варијансе утицаја облика склопа и односа директне и дифузне свјетлости на ширину круна и застарченост подмлатка
Table 4 Analysis of variance of the influence of the canopy shape and the ratio of direct to diffused light on the width of the crown and the suppression of young growth

Извор варијабилитета / Source of variability	Ширина круна подмлатка / Young crown width (Kr – cm)					Zh/Zb			
	df	SS	MS	F	p	SS	MS	F	p
Облик склопа	2	5497.2	2748.6	4.1754'	0.020406	0.338457	0.169228	4.5682'	0.014528
$I_{dir/dif}$	1	331.3	331.3	0.5033	0.481009	0.006122	0.006122	0.1653	0.685904
Облик ск* $I_{dir/dif}$	2	3022.3	1511.1	2.2956	0.110106	0.031933	0.015967	0.4310	0.651994
Грешка	56	36864.3	658.3			2.074535	0.037045		
Укупно	61	45634.1				2.454166			

Резултати анализе варијансе показују да постоји статистички значајна разлика у величини степена склопа утврђиваног на основу два метода мјерења (графикон 6). То може бити посљедица мјерења методом GLA јер се практично мјери затвореност склопа (Jennings, S.B. *et al.*, 1999) зато што је угао снимања износио 180°, за разлику од FM гдје су коришћени подаци о вертикалној пројекцији круна.

Дознаком стабала, а касније сјечом посебно у привредним шумама, значајно се утиче на степен склопа и режим свјетлости, а касније у индиректним промјенама микростаништа (температуре и влаге земљишта) стварају се специфични услови, који могу на различите начине утицати на процес природног обнављања. Иако је степен склопа у простору веома варијабилан, његов значај и познавање што прецизнијих величина је од великог значаја

у гајењу нарочито мјешовитих шума у чијем саставу се налазе врсте које имају различит однос према свјетлости. У састојини доминира потпун до густ склоп (0,7 до 0,8) који заузима 77,4% површине састојине. Врло мала површина (19,3%) је у условима густог и врло густог склопа (> 0,8) а само мали дио састојине, свега 3,3% површине је у условима непотпуног склопа (0,5 до 0,6). Такви услови склопа одражавају се на дистрибуцију свјетлости у простору (слика 4). Истраживањем је утврђено да највећи број примјерних површина има вертикалну структуру склопа, која је карактеристична за двоспратне састојине (19 примјерних површина има хоризонталан, 29 вертикалан и 14 степенаст склоп). Уколико се ови резултати упореде са резултатима висинске структуре састојине може се констатовати да је састојина на највећем дијелу површине двоспратна. Највећа површина састојине карактерише се са степеном склопа 0,75 до 0,90 и на тој површини дифузна свјетлост износи 13,4 до 19,8% од укупне горње дифузне свјетлости, која пада на горњу површину састојине (слика 5). На тој површини јавља се подмладак од 50.000 до 100.000 јединки по ha. Најповољнији услови за висински прираст подмлатка су при степену склопа 0,65 – 0,75 јер је у сјеверном дијелу састојине (примјерне површине 1, 3, 6, 8, 9 и 17) најповољнији однос вршног и бочних избојака и износи 0,6 код неодраслог и 0,8 код одраслог подамлатка.



Слика 5. Просторна дистрибуција степена склопа (а), дифузне свјетлости (б) и подмлатка (с) у састојини

Figure 5 Spatial distribution of the degree of closure (a), direct (b) and diffused (c) light in the stand

Режим свјетлости помоћу хемисферичних фотографија и GLA узима у обзир свјетлост која допире из свих праваца па тако и из свјетлосних мрља (пјега) у крунама стабала. Повећањем степена склопа смањује се интензитет директне и дифузне свјетлости, али је линеарна веза зависности дифузне свјетлости од склопа већа него код директне свјетлости, која иначе има и већи варијабилитет него дифузна свјетлост (табела 3).

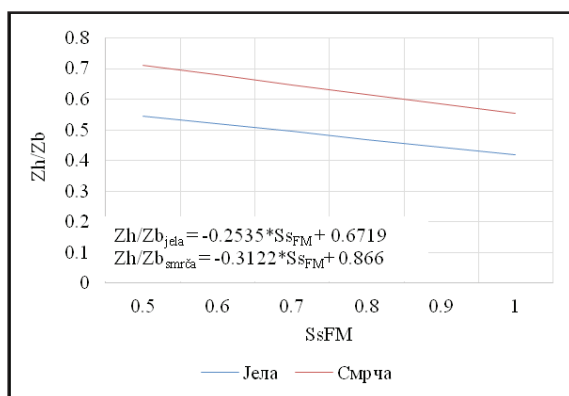
3.3 Зависност карактеристика подмлатка од склопа састојине

Модели груписања подмлатка на основу његове бројности представљају резултат дјеловања низа фактора, укључујући годишње варијације у продукцији сјемена, клијавост сјемена, бројност и распоред зрелих стабала, могућност разношења сјемена, микроклиму и предаторе сјемена (Kozłowski, T. T., 2002). Бројност подмлатка у састојини износи у просјеку 79.698 јединки по ха. Омјер смјесе у подмлатку јеле и смрче износи 62%:38%. До висине 50 cm јела учествује са 96 %, а смрча са свега 4 %. Када је ријеч о подмлатку висине преко 50 cm стање је другачије и омјер смјесе у подмлатку јеле и смрче износи 51%:49% у корист јеле. Потребна бројност подмлатка (нарочито јеле) висине преко 50 cm за нормално функционисање пребирне шуме треба да износи око 2.000 јединки по хектару (Schutz, J.P., 1989).

Табела 5. Карактеристике подмлатка
Table 5 Characteristic of the young growth

Категорија подмлатка	Врста	n/ha	h	Zh	Zb	Zh/Zb	Kr	S
		ком.	cm	cm	cm		cm	год.
Неодрасли (h < 50 cm)	Јела	76.068	28.6	4.1	8.9	0.5	28.2	9.1
	Смрча	37.500	27.0	2.7	4.3	0.6	32.4	9.8
Одрасли (h > 50 cm; D _{1,30} < 5,0 cm)	Јела	23.529	92.8	12.4	16.1	0.8	103	15.4
	Смрча	22.353	83.7	7.9	11.5	0.6	99.6	16.8
Укупно	Јела	49.799	60.7	8.2	12.5	0.6	70.6	12.3
	Смрча	29.899	35.9	4.3	6.8	0.7	44.7	8.9

Однос вршног и бочног избојка код четинара важан је индикатор степена засјећености (застарчености) подмлатка (Бунушев ац, Т., 1951). Зависност односа вршног и бочног избојка од степена склопа показује да се са повећањем степена склопа тај однос смањује како за јелу тако и за смрчу (графикон 7).



Графикон 7. Зависност односа вршног и бочног избојка јеле и смрче (h < 1,30 m) од степена склопа

Graph 7 Dependence of the ratio of the apical to lateral shoot of fir and spruce (h < 1,30 m) on the degree of closure

Ако је однос вршног и бочног избојка мањи од 1,0, услови режима свјетлости нису повољни и подмладак је “застарчен”. У састојини је тај однос мањи од 1,0 (табела 5) и за подмладак јеле висине до 50 см, тај однос је 0,56, док је за смрчу исте висине он нешто повољнији и износи 0,66. Истраживања међусобних односа склопа састојине и свјетлости као и њиховог утицаја на карактеристике подмлатка омогућавају да се у гајењу шума доносе правилније одлуке о начинима природног обнављања. За мјешовите састојине јеле и смрче најчешће се препоручују групимично – пребирни и групимично – поступни систем газдовања у зависности од стања састојине и услова средине, јер се на тај начин могу стварати свјетлосни услови, који погодују јели и смрчи у процесу природне обнове и правилног развоја квалитетног подмлатка.

4. ЗАКЉУЧЦИ

На основу добијених резултата и постављених хипотеза може се закључити следеће:

1. Истраживана састојина припада заједници *Abieti – Piceetum illyricum* и представља прелазни стадијум у сукцесивном развоју вегетације на комбинацији кречњачко – доломитног земљишта;
2. Састојина је структурно разnodобна са извјесним особинама једnodобних шума, посебно дијела састојине који се односи на стабла смрче. Број стабала истраживане састојине износи 368 по ha, а запремина састојине износи 544,5 m³/ha са омјером смјесе јеле и смрче 73,6%:26,4%;
3. На већем делу површине састојине склоп је потпун до густ и одређен помоћу FieldMap уређаја износи 0,76, а методом хемисферичне фотграфије 0,86;
4. Бројност подмлатка истраживане састојине износи у просјеку 79.698 јединки по ha. У категорији неодраслог подмлатка доминира јела са 96%, док у категорији одраслог подмлатка омјер смјесе јеле и смрче износи 51%:49%;
5. Испитивањем утицаја склопа на режим свјетлости састојине констатовано је да се са повећањем степена склопа количина свјетлости смањује, а тај однос посебно је изражен за дифузну свјетлост;
6. Режим свјетлости, просторна динамика природног подмлађивања, као и висинска структура подмлатка зависе од степена склопа. Са повећањем степена склопа укупан број јединки подмлатка се смањује, а смањује се и учешће директне, дифузне и укупне свјетлости у састојини у односу на горњу свјетлост.

Захвалница: Посебну захвалност за подришку током истраживања изражавамо ЈПШ „Шуме Републике Српске“ и ШГ „Лисина“ – Мркоњић Град. Рад представља дио резултата истраживања из мастер рада „Утицај сивејена склопа на природно подмлађивање мјешовитих састојина јеле и смрче на подручју Сивнице“ (Пејковић, Ј., 2016).

ЛИТЕРАТУРА

- Babić, V. (2010): Contribution to the study of light regime in sessile oak stands on Fruška Gora. International Scientific Conference: Forest ecosystems and climate changes, Proceedings, Institute of Forestry, March 9-10th, Belgrade Serbia, pg. 35-41
- Babić, V. (2014): Uticaj ekoloških faktora i sastojinskih karakteristika na prirodnu obnovu šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* agg. Ehr.) na Fruškoj Gori. Doktorska disertacija u rukopisu. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd. str. 1-306
- Babić, V., Galić, Z., Rakonjac, Lj., Stajić, S. (2010): Microclimate conditions in the stands of sessile oak on acid brown and lessive acid brown soils in Fruska Gora. International Scientific Conference: First Serbian Forestry Congress – Future with forest, November 11-13th, Proceedings, University of Belgrade Faculty of Forestry, pg. 135-141.
- Babić, V., Krstić, M., Govedar, Z., Todorić, J., Vuković, N., Milošević, Z. (2015): Temperature and other microclimate conditions in the oak forests on Fruška Gora (Serbia). Thermal Science, Vol. 19, Suppl. 2, pg. S415-S425
- Бунушевац, Т. (1951): Гајење шума I. Научна књига. Издавачко предузеће Народне Републике Југославије, Београд.
- Говедар, З. (2005): Начини природног обнављања мешовитих шума јеле и смрче (*Abieti – Piceetum illyricum*) на подручју западног дела Републике Српске. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду - Шумарски факултет. Београд.
- Говедар, З., Керен, С. (2008): Примјена хемисферичних фотографија при истраживању режима свјетлости у шуми букве, јеле и смрче (*Piceo – Abieti – Fagetum*). Шумарство бр. 4. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду. Београд. стр. 43-60.
- Говедар, З., Билић, С. (2020): Примјена FieldMap технологије за потребе узгојне аналитике прореда у шумској култури црног бора на подручју Слатине. Гласник Шумарског факултета у Бањој Луци, бр. 30. Бања Лука. Република Српска.
- Diaci, J., Thorman J. J., Kolar, U. (1999): Meretve senčenega sevanja v gozdu – Metode na osnovi projekcij hemisfere neba in krošenj. Zbornik gozdarstva i lesarstva, Vol. 60, pg. 105-138
- Donnelly, D.M., Johnson, R. R.. (1997): Westside Cascades Variant of the Forest Vegetation Simulator. WO - Forest Management Services Center, USDA Forest Service, Fort Collins, CO, pp. 68
- Drinić, P., Matić, V., Pavlič, J., Prolić, N., Stojanović, O., Vukmirović, V., Koprivica, M. (1990): Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo. str. 1-328
- Evans, G. C., Coombe, D. E. (1959): Hemispherical and woodland canopy photography and light climate. J. Ecol. 47, pp. 103-113.
- Jennings, S. B., Brown, N. D., Scheill D. (1999): Assesint forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. Forestry 72(1), pp. 59-74
- Kimmins, J. P. (1987): Forest ecology. Macmillan, London. pp. 531
- Kozłowski, T. T. (2002): Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: Implications for forest management. Forest Ecology and Management 158(1):195-221
- Колић, Б. (1975): Одређивање интензитета осветљења и режима светлости у шумским заједницама стационарном изохелском методом. Екологија, 10(2). Београд. стр. 155-164
- Крстић, М. (1986): Утицај неких елемената изграђености састојине на режим светлости у мешовитој шуми букве и јеле на Гочу. Шумарство бр. 3-4. Београд. стр. 51-64
- Крстић, М. (1989): Истраживање еколошко - производних карактеристика китњакових шума и избор најповољнијег начина природног обнављања на подручју североисточне Србије. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду - Шумарски факултет. Београд.

- Krstić, M., Koprivica, M., Lavadinović, V. (1997): The dependance of beech and fir regeneration on the characteristics of stand canopy and light regime. Proceedings of IUFRO Workshop »Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation. Lisbon, Portugal.
- Krstić, M., Kanjevac, B., Babić, V. (2018): Effects of extremely high temperatures on some growth parameters of sessile oak (*Quercus petraea* /Matt./Liebl.) seedlings in northeastern Serbia. Arch. Biol. Sci. 70(3), pg. 521-529
- Матић, В. (1980): Прираст и принос шума. Уџбеник. Универзитет у Сарајеву - Шумарски факултет. Сарајево.
- Матић, В. (1977): Методика израде шумскопривредних основа за шуме у друштвеној својини на подручју СР БиХ. Поседна издања бр. 12. Шумарски факултет и Институт за шумарство у Сарајеву. Сарајево.
- Robinson, M. W. (1947): An instrument to measure forest crown cover. For. Chron. 23, pg. 222-225.
- Runkle, J. R. (1982): Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests in eastern North America. Ecology 63, pg. 1533-1546.
- Spies, T. A., Franklin, J. F. (1989): Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the Pacific Northwest. Ecology 70 (3), pp. 543-545
- Стефановић, В., Беус, В., Бурлица, Ч., Диздаревић, Х., Вукореп, И. (1983): Еколошко - вегетацијска рејонизација Босне и Херцеговине. Шумарски факултет у Сарајеву, Поседна издања, бр. 17, Сарајево.
- Стојановић, Љ. (1995): Еколошко - производне карактеристике и начини природног обнављања смрчевих шума на Голији и Копаонику. Докторска дисертација, Поседно издање, Јавно предузеће „Србијашуме“, Београд.
- Стојановић, Љ., Крстић, М. (2008): Гајење шума I. Уџбеник, Шумарски факултет Универзитета у Београду. Београд.
- Schutz, J. Ph. (1989): Der Plenterbetrieb. ETH Zurich.
- Chaddock, R. E. (1925): Principles and Methods of Statistics“(1st Edition), Houghton Mifflin Company, The Riverside Press, Cambridge.
- Шебез, М., Говедар, З., Крстић, М., Керен, С., Бабић, В., Кањевац, Б. (2017): Утврђивање режима свјетлости у мјешовитим шумама букве и јеле са смрчом (*Piceao-Abieti-Fagetum illyricum* Stef. Et Beus 1980) на подручју Виторога примјеном хемисферичних фотографија. Међународна научна конференција „Шумарска наука и одрживи развој шумарства“ - 25 година шумарства у Републици Српској, 07.-09.12.2017. Бања Лука.

CHARACTERISTICS OF CANOPY AND LIGHT REGIME IN A MIXED STAND OF FIR AND
SPRUCE IN THE AREA OF SITNICA – MRKONJIĆ GRAD, REPUBLIC OF SRPSKA

Zoran Govedar
Jovo Petković
Violeta Babić
Branko Kanjevac

Summary

Nowadays, little attention is paid to determining the degree of canopy closure. The practical significance of the stand canopy is reflected in its effects on the light transmittance, as well as the number and characteristics of seedlings. It can be also seen in the fact that the degree of canopy closure is one of the input parameters in the tables of stand estimation elements. The investigated stand belongs to the management class of fir and spruce forests on deep, acidic brown soil over acidic silicate rocks. From the aspect of phytosociology, this stand makes the transition to the climax community of beech, fir, and spruce. The following values of the stand estimation elements were obtained by field data collection: the number of trees – 368 per hectare, basal area – 38 m²/ha, and volume – 545.5 m³/ha. A sufficient number of individual fir and spruce trees was registered (79.698 per ha). The canopy of the stand has a decisive influence on the light regime, especially in the lower storey of the stand. The light regime, the spatial dynamics of natural rejuvenation, as well as the height structure of the young growth, depend on the degree of canopy closure. With the increase in the degree of canopy closure, the total number of seedlings decreases, and the share of direct, diffuse, and total light in the stand decreases compared to the upper light. It is necessary to remove mature fir trees, as well as beech and spruce trees in the canopy gaps and thus provide conditions necessary for their proper growth.

