



STARPATSKAITE

PAR PĒTĪJUMA 2020. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: “Siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO₂ piesaistes novērtējums vecās mežaudzēs”

IZPILDĪTĀIS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PASŪTĪTĀIS: AKCIJU SABIEDRĪBA “LATVIJAS valsts meži”

Līguma Nr. 5-5.5_000k_101.16.15

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS

VADĪTĀIS: DR. Āris Jansons, LVMI Silava vadošais pētnieks

Salaspils, 2020

Kopsavilkums

Pārskata periodā nozīmīga vērtība veltīta jaunāko zinātnisko publikāciju analīzei par oglekļa uzkrājumu un to ietekmējošajiem faktoriem pieaugušās/pāraugušās audzēs, kas izmantoti gala atskaitē kopējo pētījuma rezultātu salīdzināšanai ar citviet publicētiem un vispārīgo likumsakarību par oglekļa apriti meža ekosistēmā skaidrošanai. Apskatā kopumā ietverti 126 avoti (lielākoties zinātniskie raksti) un secināms, ka informācija par oglekļa uzkrājumu un/vai apriti pāraugušās audzēs ir ļoti ierobežota, tādēļ mūsu veiktais pētījums ir nozīmīgs starptautiskā mērogā. Īpaši aktuāli tas ir jaunās Eiropas Savienības (ES) Bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030 kontekstā, kurā vecie meži ir definēti kā nozīmīgs elements un paredzēta būtiska to platības palielināšana ES, kaut joprojām trūkst vērtējuma par šādu pasākumu ietekmi uz citu ES līmeņa mērķi – klimat-neitralitāti (neto oglekļa emisiju samazināšanu līdz nullei).

Pabeigti visi pētījumā plānotie noslēdzošie lauka darbi: 1) ievākti augsnes un zemsegas paraugi 25 pieaugušās bērza un 25 pieaugušās apses audzēs oglekļa uzkrājuma raksturošanai un salīdzināšanai ar datiem no pāraugušām audzēm; 2) veikti rezistogrāfa urbumi visās pirmā stāva apsēs pāraugušajās audzēs šī pētījuma ietvaros ierīkotajos parauglaukumos (kopā 1305 kokiem) un papildus mērījumi trupes augstuma noteikšanai 6 kokiem katrā objektā (kopā 150 kokiem).

Veikti kamerālie darbi: 1) visu pāraugušajās apses audzes ievākto pieaugumu urbumu mērījumi (kopumā 3279 urbumi); 2) atmirušās koksnes apjomu ietekmējošo audzes parametru noskaidrošana pāraugušās apses audzēs; 3) augsnes un zemsegas oglekļa uzkrājuma analīze pieaugušās audzēs; 4) rezistogrāfa datu apstrāde, konstatējot, ka trupe dažādās stadijās ir vairāk kā pusei no pirmā stāva apsēm katrā objektā, bet novērtētā ietekme uz faktisko oglekļa uzkrājums šajās audzēs ir neliela, jo nav datu par trupes īpatsvaru pilnā koka garumā.

Kopējais oglekļa uzkrājums koku biomasā un atmirušajā koksne pieaug, palielinoties audzes vecumam un ir cieši saistīts ar audzes produktivitāti. Taču trūkst datu par oglekļa uzkrājumu augsne, kas ir ļoti nozīmīga oglekļa krātuve mežā - empīrisko datu ievākšana ir sarežģīts, dārgs un laikietilpīgs process un iegūtie rezultāti ir ar lielu variāciju. Tāpat trūkst empīrisko datu par liela vecuma (pāraugušām) audzēm un analīzēs bieži vien nav ņemts vērā, ka vecā mežā veca kokaudze kā dominējošs meža elements nav pastāvīgs stāvoklis (to ietekmē dabiskie traucējumi, vecās audzes nomaiņa). To apliecina, piemēram, pētījuma ietvaros veiktā pāraugušo bērza audžu datu analīze, par ko pārskata periodā sagatavots zinātniskais raksts. Konstatēts, ka pāraugušās bērza audzēs ir liels maz sadalījušās atmirušās koksnes īpatsvars, liecinot par nesen sākušos pastiprinātu veco koku mirstību.

Kopumā veikti visi šajā etapā plānotie darbi un nodrošināta plānotā pētījuma rezultātu publicēšana.

Summary

All planned field data collection has been finalized: 1) soil and litter sampling was carried out in mature birch and aspen stands (25 and 25 stands, respectively) for carbon stock assessment and comparison with data from old-growth stands; 2) drill holes with resistograph were made in all first layer aspens (in total 1305 trees) of all analyzed old-growth aspen stands and additionally drills to determine the rot height were made on 6 trees in each stand (150 trees in total).

Lab works were done: 1) all boreholes from old-growth aspen stands were measured (3279 in total); 2) assessment of parameters influencing the deadwood volume in old-growth aspen stands was made; 3) carbon stock assessment of soil and litter in mature stands was made; 4) obtained resistograph data were arranged, analysis was made, finding that more than half of the aspens in first layer has rot at different decay stages, although estimated rot impact on carbon storage in aspen stems is small due to the lack of data in full tree length.

Through this stage of the project significant attention was paid to the analysis of the latest scientific papers on carbon storage and its affecting factors in mature/old-growth stands – intended for use for the comparisons in the final report. Review includes a total of 126 sources (mostly scientific papers). Review revealed that the empirical data and information on carbon storage and/or carbon cycling in old-growth stands is very limited, therefore, our study is of international significance. This is particularly relevant in the content of the New EU 2030 Biodiversity strategy, which defines old-growth forests as an important element, and committing to increase their area in EU, although there is lack of studies evaluating such commitment impact on another EU-level target – climate-neutrality.

The total carbon stock in tree biomass and deadwood increase with increasing stand age, and is closely related to the stand productivity. However, there is a lack of carbon stock in soil, which is one of the most important carbon pools in forests due to complex, expensive and time-consuming soil sampling and obtained soil sample results have significant variability. Moreover, there is lack of empirical data on old (old-growth) forest stands, excluding such factors as natural disturbances and old stand replacement as old tree dominance in stand is not a permanent condition.

The work is carried out as planned, and the goals of this stage of the project were reached. Publication of research results is ensured.

Saturs

Kopsavilkums	2
Summary	3
1. Iegūto rezultātu publicēšana	4
2. Koku pieaugumu mērījumi	5
3. Atmirušās koksnes raksturošana pāraugušās apses audzēs	6
4. Oglekļa uzkrājums pieaugušu lapukoku audžu augsnē un zemsegā	11
5. Stumbra trupes ietekme uz oglekļa uzkrājumu pāraugušās apses audzēs	11

1. Iegūto rezultātu publicēšana

Saskaņā ar pētījuma plānu nodrošināta divu zinātnisko rakstu publicēšana starptautiskā zinātniskā žurnālā, kas iekļauts SCOPUS Web of Science datu bāzē (Core section, ar indeksu) (statuss: iesniegts):

- 1) Šēnhofa S., Jaunslaviete I., Šņepsts G., Jansons J., Liepa L., Jansons Ā. (2020) Deadwood characteristics in mature and old-growth birch stands and its implications to carbon storage. *Forests* 2020, 11, 536; doi:10.3390/f11050536 (publicēts)

Bērzs ir viena no biežāk sastopamajām koku sugām hemiboreālo mežu zonā, kas ir ne tikai saimnieciski, bet arī no bioloģiskās daudzveidības viedokļa nozīmīga koku suga Latvijā. Pāraugušās mežaudzes, tajā skaitā lapu koku audzes ir nozīmīgs bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanas un saglabāšanas elements, kas nodrošina atmirušās koksnes pieejamību, tomēr nav izprasta atmiruma kā oglekļa krātuves loma klimata pārmaiņu mazināšanas kontekstā pāraugušās audzēs.

Pētījumā analizētas pieaugušas (71-110 gadi, Meža statistiskās inventarizācijas III cikla dati) un pāraugušas (122-148) bērza audzes ar auglīgām minerālaugsnēm damakšņa, vēra, kā arī slapjā damakšņa un slapjā vēra meža tipos.

Pētījumā secināts, ka pieaugušās audzēs marginālā vidējā audzes krāja bija $43,5 \pm 6,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Pāraugušo audžu grupā izdalītas 'neapsaimniekotas pieaugušās audzes', kurās saimnieciskā darbība nav veikta vismaz pēdējos 15 gadus, tajās nav sastopami celmi un nav datu par kopšanu – šādās audzēs marginālā vidējā krāja bija $51,3 \pm 7,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Lielākā marginālā vidējā audzes krāja konstatēta pāraugušās audzēs - $54,4 \pm 4,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Aprēķināts marginālais vidējais oglekļa uzkrājums atmirušajā koksne – pieaugušās audzēs $5,4 \pm 0,8 \text{ C t ha}^{-1}$, neapsaimniekotajās pieaugušajās audzēs $6,3 \pm 0,9 \text{ C t ha}^{-1}$ un pāraugušajās audzēs $7,9 \pm 0,6 \text{ C t ha}^{-1}$. Atmirušās koksnes krāja nav atkarīga no audzes produktivitātes (vērtējot audzes šķērslaukumu, augstumu vai audzes vecumu). Konstatēts, ka atmirušās koksnes apjoms un oglekļa uzkrājums atmirušajā koksne būtiski neatšķiras starp pieaugušām un pāraugušām bērza audzēm ($p < 0,05$).

Neapsaimniekotajās pieaugušajās un pāraugušās audzēs liels apjoms atmirušā koksnes konstatēta visās analizētajās audzēs, turklāt, 88% pāraugušu audžu un 63% pieaugušās audzēs atmirušās koksnes krāja bija lielāka par $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Abās audžu grupās liels īpatsvars kopējā atmirumā sastāda lieli koki – gandrīz pusei analizēto koku vidējais caurmērs lielāks par 30 cm, bet aptuveni piektdaļai vidējais caurmērs pārsniedza 40 cm.

Gan pieaugušās, gan pāraugušās audzēs atmirumu veidojošais sugu sastāvs (skujkoki, lapu koki) un atmirušās koksnes veidu (sausokņi, stubeņi, kritālas) proporcijas bija līdzīgas. Konstatēts, ka pāraugušās audzēs lielāks apjoms ir svaigi atmirusi un vidēji sadalījusies koksne, norādot, ka pēdējos gados pastiprināti veidojies atmirums šajā vecuma grupā.

- 2) Šēnhofa S., Šņepsts G., Bičkovskis K., Jaunslaviete I., Liepa L., Straupe I., Jansons Ā. (2020) Deadwood characteristics in mature and old-growth European aspen stands and their implications for carbon storage. *Silva Fennica* (iesniegts).

Boreālajos un hemiboreālajos mežos parastai apsei ir liela ekoloģiskā nozīme, īpaši kā atmirusī koksne, nodrošinot dzīvotni dažādām sēnēm, vabolēm, putniem, kā arī zīdītājiem. Apse veido nozīmīgu īpatsvaru kopējā atmirumā dažāda vecuma mežaudzēs. Lai gan līdz šim

plaši pētīta apse kā saprofitisko vaboļu dzīvotne, bet mazāk ir informācija par oglekļa uzkrājumu un tā dinamiku apses audzēs.

Pētījumā analizētas pieaugušas (41-60 gadi), kā arī dažāda vecuma grupu pāraugušas (61-80 gadi; 81-100 gadi; 101-140 gadi) apses audzes ar auglīgām minerālaugsnēm – gan apsaimniekotas, gan neapsaimniekotas audzes.

Pieaugušās apses audzēs marginālā vidējā krāja bija $20,1 \pm 14,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, un tā pieauga līdz ar vecumu – apses audzēs ar vecumu no 61-80 gadiem bija $36,3 \pm 14,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, vecumā no 81-100 gadiem bija $67,3 \pm 12,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet stipri pāraugušās audzēs (101-140 gadi) bija $92,4 \pm 5,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Secināts, ka atmirušās koksnes krāja un oglekļa uzkrājums pa vecuma grupām būtiski neatšķīrās (visās grupās $p < 0,05$).

Gandrīz divās trešdaļās analizēto audžu, atmirušās koksnes krāja bija lielāka par $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un gandrīz pusi atmirušās koksnes veido lieli koki (caurmērs lielāks par 30 cm). Ņemot vērā stumbra trapes izplatību apses audzēs, var pieņemt, ka aprēķinātai atmirušās koksnes apjoms un oglekļa uzkrājums apses audzēs drīzāk ir iespējamās vidējās maksimālās vērtības.

Pāraugušās apses audzēs atmirušajā koksnē konstatēts liels lapu koku īpatsvars, kā arī svaigi atmirusi koksne, kas liecina par dominējošā meža elementa (apses) novecošanos.

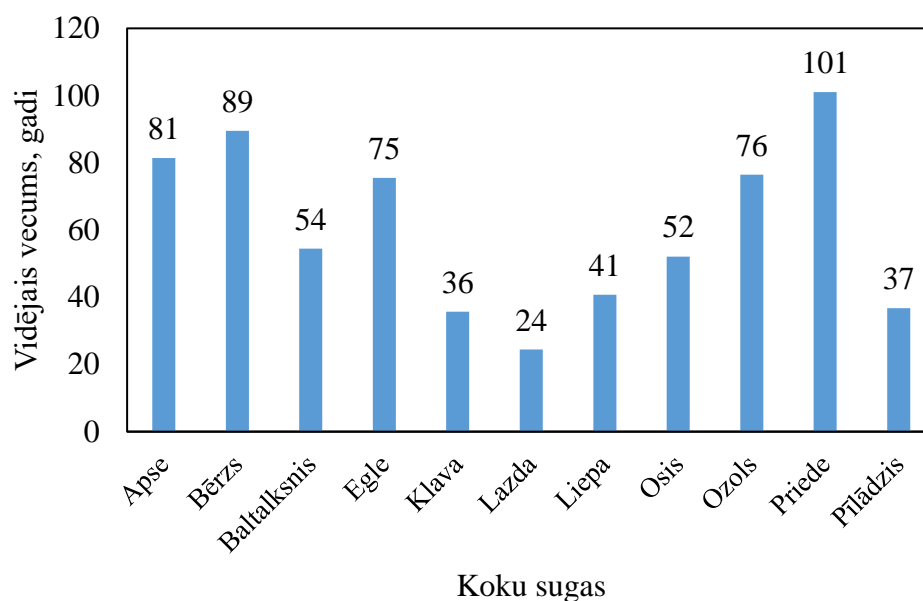
Nodrošināta dalība divās zinātniskā konferencē ārvalstīs:

- 1) SGEM videokonferences formātā: Ķēniņa L., Jaunslaviete I., Liepa L., Straupe I., Bickovskis K. (2020) Tree biomass and deadwood volume in old un-managed coniferous hemiboreal forests in Latvia. In: XXth International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management - SGEM, 16-25 August, 2020;
- 2) International Scientific Events videokonferences formātā: Ķēniņa L. (2020) Biomass distribution in over-mature Scots pine and Norway spruce forest stands. In: International Scientific Events, Ecology & Safety, Burgas, Bulgaria, 26-29 Augusts 2020.

2. Koku pieaugumu mērījumi

Veikti visi pieauguma urbumu mērījumi un dati nodoti SILAVAS (J.Doņa) izstrādāto augstuma, caurmēra un šķērslaukuma augšanas gaitas modeļu precizēšanai.

Kopumā no visām 26 pāraugušām apses audzēm ievākti 3279 urbumi. Kopumā iegūti urbumi par 19 koku sugām dažādos vecumos. Biežāk urbtajām koku sugām vidējie vecumi ir robežās no 24 līdz 101 gadam (1. att.).



1. att. Urbumu vidējie vecumi pa koku sugām pāraugušās apses audzēs

Vislielākais urbumu skaits par egli (1655 urbumi) un apsi (761 urbums). Iegūti urbumi par 8 līdz 231 gadu vecām eglēm un par 16 līdz 188 vecām apsēm.

3. Atmirušās koksnes raksturošana pāraugušās apses audzēs

Veikta atmirušās koksnes apjomu ietekmējošo audzes parametru noskaidrošana pāraugušās apses audzēs un salīdzināšana ar meža statistiskās inventarizācijas datiem par pieaugušām apses audzēm.

Materiāls un metodika

Analīzē izmantoti dati par 150 parauglaukumiem no 26 pāraugušām apses audzēm (vecums uzmērīšanas brīdī 104–134 gadi) damaksnī un vērī, kas iegūti šī pētījuma ietvaros. Analīzē izmantoti tikai tie parauglaukumi, kuros:

- ✓ I stāva valdošā koku suga parauglaukumā ir apse;
- ✓ meža tips konkrētajā parauglaukumā ir damaksnis vai vēris.

Tāpat analīzē izmantoti dati par 112 MSI trešajā ciklā (2014. – 2018. gads) uzmērītajiem parauglaukumiem, kuros

- ✓ I stāva valdošā koku suga parauglaukumā ir apse;
- ✓ I stāva valdošās koku sugas vecums ir 41 līdz 100 gadi;
- ✓ meža tips parauglaukumā ir damaksnis vai vēris;
- ✓ izdalītā sektora platība ir vismaz 400 m².

Datu analīzē MSI uzmērītās audzes iedalītas trīs grupās: 41 – 60 gadus vecas audzes (46 parauglaukums), 61 – 80 gadus vecas audzes (44 parauglaukums) un 81 – 100 gadus vecas audzes (22 parauglaukumi).

Atmirušās koksnes apjoms un tā uzkrātais ogleklis analizēts atkarībā no kokaudzes kopējā šķērslaukuma, izvirzot pieņēmumu, ka retākās audzēs (pie mazāka šķērslaukuma) ir lielāks atmirušās koksnes apjoms. Iespējams, ka audzes biežības raksturošanai piemērotāks rādītājs būtu mežaudzes krāja, tomēr tiek izmantots šķērslaukums, jo tas ir vieglāk un precīzāk nosakāms taksācijas rādītājs.

Tāpat atmirušās koksnes apjoms analizēts atkarībā no I stāva valdošās koku sugas augstuma (audzes ražības rādītājs), izvirzot pieņēmumu, ka augstākas ražības audzēs (pie lielāka vidējā augstuma) atmirušās koksnes apjoms ir lielāks.

Apvienojot MSI un veco audžu datus atmirušās koksnes apjoms analizēts atkarībā no mežaudzes vecuma.

Datu pirmmapstrāde un analīze veikta programmā MS Excel, tāpat atmirušās koksnes apjoma analīzei atkarībā no audzes šķērslaukuma, augstuma un vecuma veikta programmā SPSS for Windows, izmantojot rīku linear mixed models. Audzes augstums raksturots ar I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošo augstumu, bet audzes vecums ir I stāva valdošās koku sugas vecums. Analīzē audzes šķērslaukums grupēts 5 m²ha⁻¹ grupās, bet augstums 3 m grupās.

Rezultāti

Parauglaukumos, kas ierīkoti vecajās pāraugušajās apses audzēs vecumā 101 – 140 gadiem, marginālais vidējais atmirušās koksnes apjoms 84,95 ± 8,13 m³ ha⁻¹, bet marginālais vidējais piesaistītais ogleklis atmirušajā koksne ir 10,75 ± 1,02 t ha⁻¹. Aptuveni tikpat liela atmirušās koksnes krāja kā arī tikpat daudz uzkrātais ogleklis atmirušajā koksne konstatēts meža statistiskajā inventarizācijā (MSI) 81 – 100 gadus vecās audzēs. Mazāks atmirušās koksnes apjoms un piesaistītais ogleklis ir 41 – 60 un 61 – 80 gadus vecās audzēs, tomēr būtiski mazāks nekā 101 – 140 gadus vecajās audzēs ir tikai vecuma grupā 41 – 60gadi (1. tabula).

1. tabula

Atmirušās koksnes apjoms un tajā piesaistītais ogleklis dalījumā pa vecuma grupām apses audzēs

Rādītājs	Atmiruma veids	Audžu vecuma grupa	Marginālais vidējais	Standartklūda	95% ticamības intervāls	
					Min	Maks
Atmirušās koksnes apjoms, m ³ ha ⁻¹	Sausokņi un stubeņi	41-60	10.10	2.92	4.31	15.89
		61-80	9.99	2.81	4.41	15.57
		81-100	30.76	3.87	23.07	38.44
		101-140	21.24	2.36	16.56	25.93
	Kritalas	41-60	34.07	9.52	15.27	52.86
		61-80	45.29	9.17	27.19	63.40
		81-100	54.68	12.63	29.74	79.62
		101-140	64.22	7.10	50.20	78.24
	Atmirums kopā	41-60	44.17	10.90	22.64	65.69
		61-80	55.28	10.50	34.55	76.01
		81-100	85.44	14.46	56.87	114.00
		101-140	84.95	8.13	68.89	101.00
Piesaistītais ogleklis atmirušajā koksne, t·ha ⁻¹	Sausokņi un stubeņi	41-60	1.22	0.63	-0.02	2.47
		61-80	1.22	0.61	0.02	2.42
		81-100	3.72	0.84	2.06	5.37
		101-140	2.73	0.47	1.80	3.66
	Kritalas	41-60	4.00	1.15	1.72	6.28
		61-80	4.90	1.11	2.71	7.09
		81-100	5.76	1.53	2.73	8.78
		101-140	8.02	0.86	6.32	9.72
	Atmirums kopā	41-60	5.22	1.37	2.51	7.93
		61-80	6.12	1.32	3.51	8.73
		81-100	9.48	1.82	5.88	13.07
		101-140	10.75	1.02	8.72	12.77

Vispārinātajā lineārajā jaukto modeļu analīzē (generalized mixed linear models) konstatēts, ka vecuma grupās 41 – 60 un 61 – 80 gadi ne atmirušās koksnes apjoms, ne arī tajā

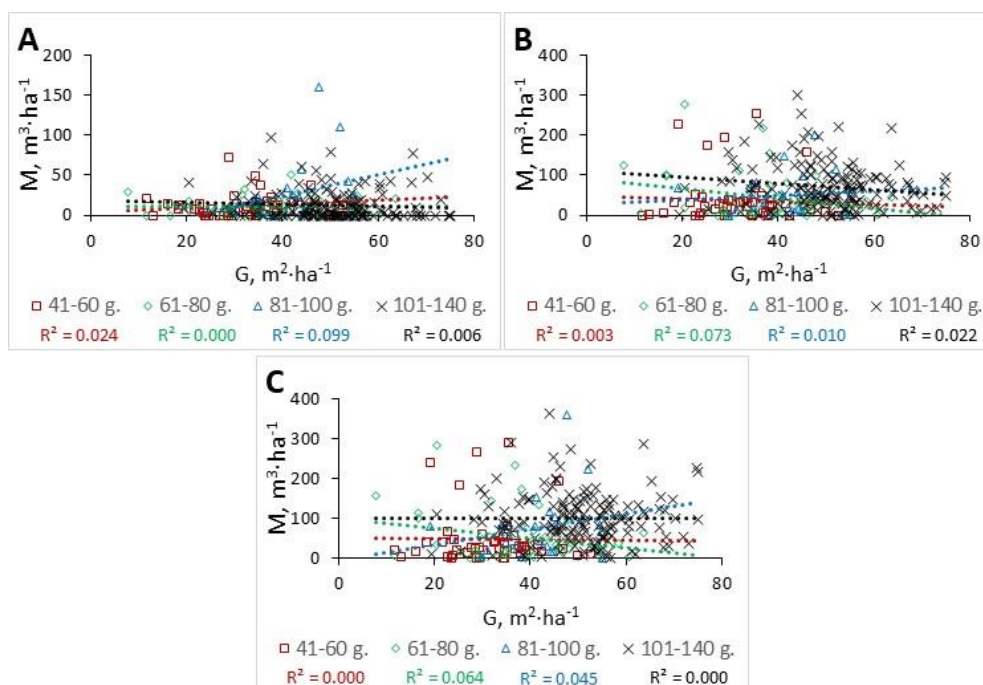
uzkrātais ogleklis nav būtiski ($\alpha=0,05$) atkarīgs no kokaudzes šķērslaukuma un augstuma. Savukārt apses audzēs vecumā 81 – 100 gadi konstatēts, ka audzes šķērslaukums būtiski ietekmē stāvošās atmirušās koksnes (sausokņi un stubeņi) un kopējo atmirušās koksnes apjomu un tajos uzkrāto oglekli, bet apses audzēs vecumā 81 – 100 gadi audzes augstums statistiski būtiski ietekmē atmirušās koksnes apjomu un tajā piesaistīto oglekli (2. tabula).

2. tabula

Vispārinātajā lineārajā jaukto modeļu analizē aprēķinātais audzes šķērslaukuma un augstuma būtiskums pieaugušās un pāraugušās apses audzēs

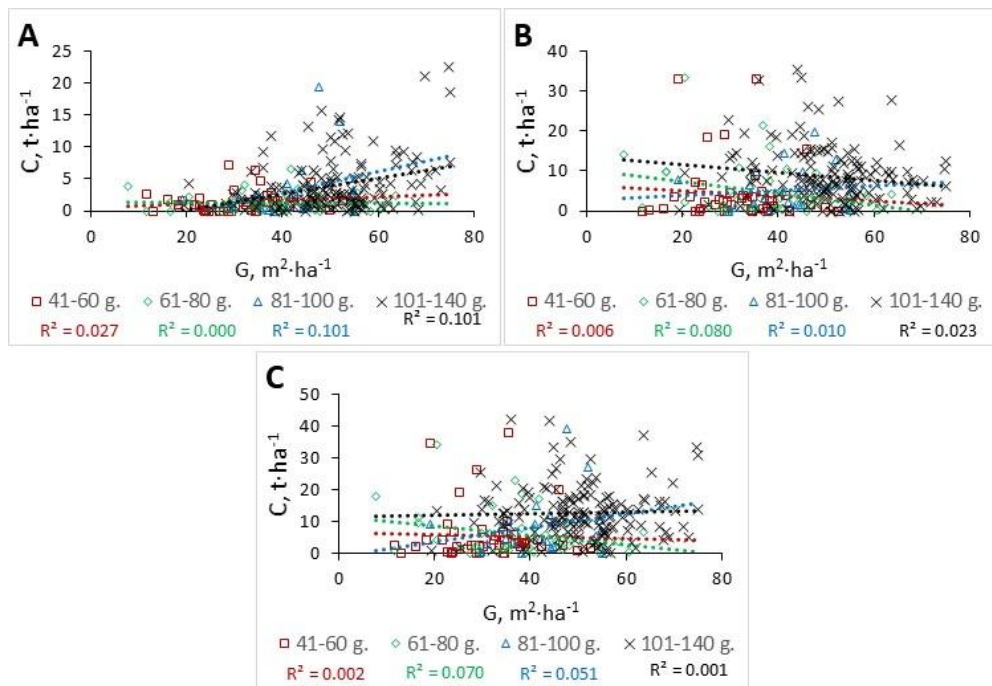
Audžu vecuma grupa	Taksācijas rādītājs	Atmirušās koksnes apjoms			Uzkrātais ogleklis atmirušajā koksnē		
		saukokņi un stubeņi	kritalas	atmirusī koksne kopā	saukokņi un stubeņi	kritalas	atmirusī koksne kopā
41-60 gadi	augstums	0.922	0.647	0.666	0.916	0.459	0.489
	šķērslaukums	0.943	0.712	0.816	0.915	0.525	0.662
61-80 gadi	augstums	0.231	0.413	0.513	0.235	0.320	0.454
	šķērslaukums	0.911	0.095	0.190	0.879	0.058	0.152
81-100 gadi	augstums	0.367	0.336	0.360	0.354	0.344	0.372
	šķērslaukums	0.010	0.131	0.038	0.007	0.146	0.030
101-140 gadi	augstums	0.057	0.072	0.014	0.382	0.072	0.019
	šķērslaukums	0.526	0.541	0.806	0.878	0.678	0.910
Kopā	augstums	0.350	0.075	0.045	0.828	0.047	0.047
	šķērslaukums	0.025	0.091	0.075	0.533	0.057	0.094

Tomēr jāatzīmē, ka apses audzēs visās vecuma grupās šķērslaukumam un augstumam ar atmirušās koksnes apjomu un uzkrāto oglekli (kā kopējo tā arī dalījumā pa tās veidiem) visos gadījumos ir konstatētas vājas lineārās sakarības, un datu izvietojums vairāk atgādina haotisku punktu kopu nevis korelatīvu sakārtojumu (2.–5. attēli). Līdz ar to šīs atsevišķās statistiski būtiskās sakarības ir vienkārši nejauša sakritība nevis likumsakarība.



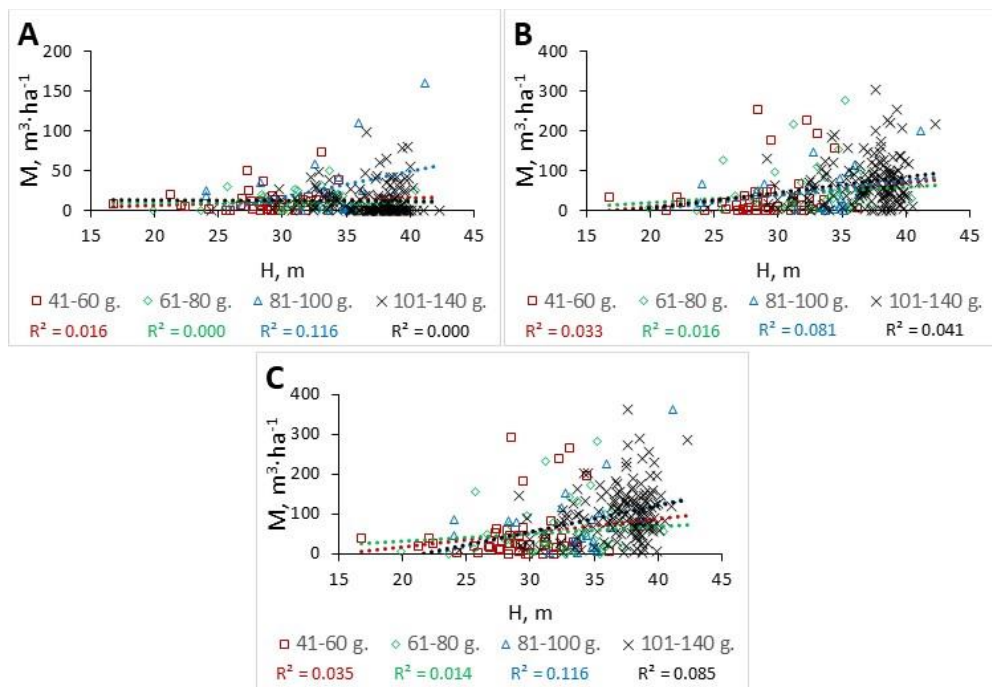
2. attēls. Atmirušās koksnes apjoms (M) dalījumā pa tās veidiem atkarībā no mežaudzes šķērslaukuma (G) apses audzēs:

a) sausokņi un stubeņi; b) kritalas; c) visa atmirusī koksne.



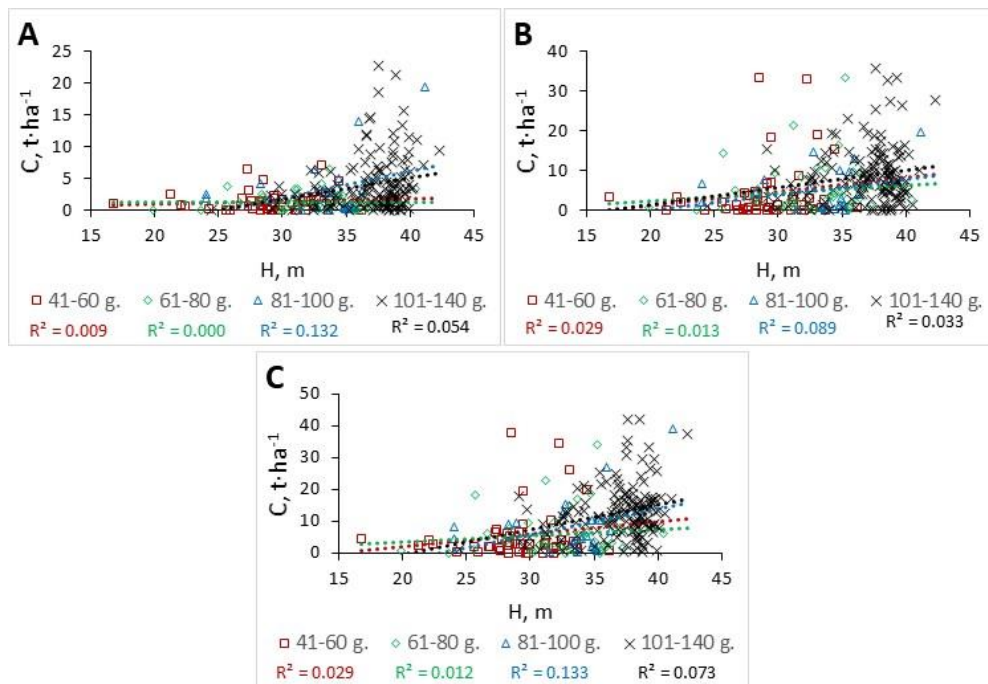
3. attēls. Uzkrātais ogleklis (C) atmirušajā koksne dalījumā pa tās veidiem atkarībā no mežaudzes šķērslaukuma (G) apses audzēs:

a) sausokņi un stumbeņi; b) kritālas; c) visa atmirusī koksne.



4. attēls. Atmirušās koksnes apjoms (M) dalījumā pa tās veidiem atkarībā no mežaudzes I stāva valdošās koku sugas vidējā augstuma (H) apses audzēs:

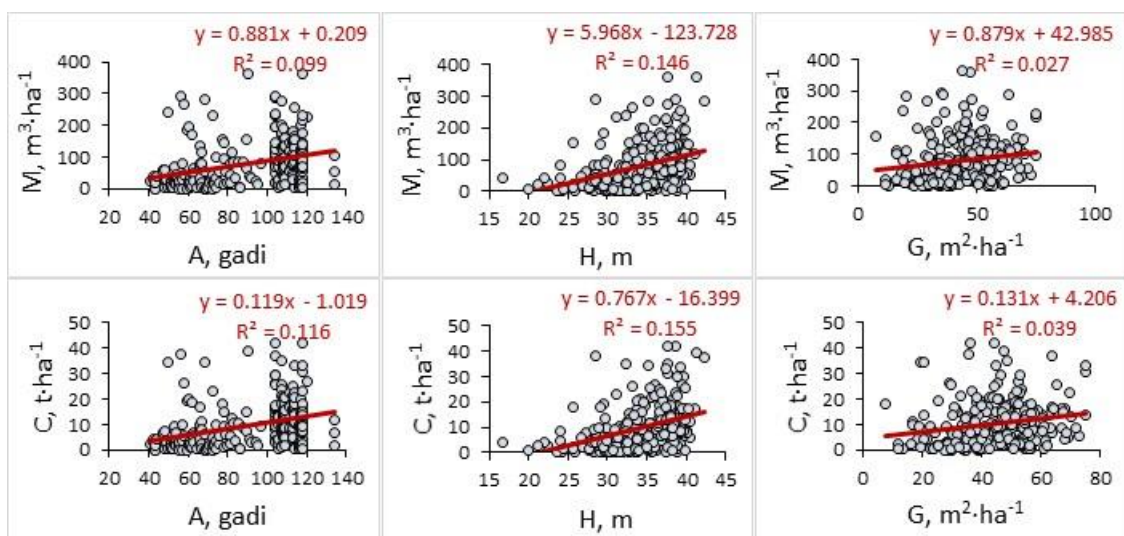
a) sausokņi un stumbeņi; b) kritālas; c) visa atmirusī koksne.



5. attēls. Uzkrātais ogleklis (C) atmirušajā koksne dalījumā pa tās veidiem atkarībā no mežaudzes I stāva valdošās koku sugas vidējā augstuma (H) apses audzēs:

a) sausokņi un stubeņi; b) kritālas; c) visa atmirusī koksne.

Pieaugušās un pāraugušās apses audzēs (nedalot tās vecuma grupās) vecumam, augstumam un šķērslaukumam gan ar atmirušās koksnes apjomu, gan ar uzkrāto oglekli atmirušajā koksne konstatētas vājas, pozitīvas, būtiskas ($\alpha=0,05$) lineāras sakarības (5. attēls). Tomēr jāatzīmē, ka atmirušās koksnes rādītājiem (krājam un ogleklim) ar audzes šķērslaukumu sakarība ir būtiska tikai lielā novērojumu skaita dēļ un datu izvietojums vairāk atgādina haotisku punktu kopu nevis korelatīvu sakārtojumu. Bet atmirumam ar vecumu un augstumu šīs sakarības ir izteiktākas, kas arī ir loģiski, jo vecākās un augstākās (ražīgākās) audzēs atmirušo koku dimensijas ir lielākas, tādēļ arī atmirušās koksnes apjoms un piesaistītais ogleklis ir lielāks.



6. attēls. Atmirušās koksnes apjoms (M) un uzkrātais ogleklis (C) atkarībā no mežaudzes I stāva valdošās koku sugas vidējā vecuma (A), augstuma (H) un šķērslaukuma (G) apses audzēs.

Kopsavilkums

Kompleksi novērtējot pieaugušo un pāraugušo apses audžu datu kopu, konstatēts, ka apses audzēs damaksnī un vērī pāraugušās audzēs (vecumā virs 80 gadiem) atmirušās koksnes apjoms ir uz pusi lielāks, nekā pieaugušās audzēs (vecumā 41 – 60 gadi).

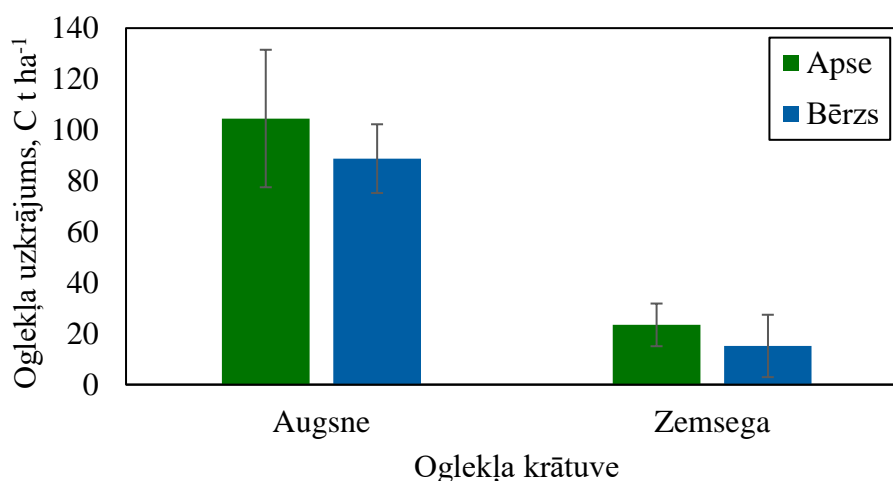
Ne pieaugušās, ne pāraugušās apses audzēs atmirušās koksnes apjoms un tajā uzkrātais ogleklis dalījumā pa vecuma grupām nav atkarīgs no audzes šķērslaukuma un augstuma, lai gan pāraugušās audzēs vecumā virs 80 gadiem atsevišķos gadījumos starp šiem rādītājiem tika konstatēta būtiskas sakarības, tomēr tās bija korelatīvi vājas un neloģiskas.

Apses audzēs damaksnī un vērī, kokaudzes I stāva valdošās koku sugas vecumam un augstumam ir būtiskas pozitīvas korelatīvas sakarības gan ar atmirušās koksnes apjomu, gan ar tajā piesaistīto oglekli, proti, vecākās un augstākās (ražīgākās) audzēs atmirušās koksnes apjoms un piesaistītais ogleklis ir lielāks.

4. Oglekļa uzkrājums pieaugušu lapukoku audžu augsnē un zemsegā

Saskaņā ar pētījuma plānu veikta augsnes un zemsegas paraugu ievākšana un apstrāde 25 pieaugušās bērza un 25 apses audzēs (Dm/Vr) un oglekļa uzkrājuma raksturošana salīdzinājumā ar pāraugušās audzēs konstatēto.

Vidējais augsnes oglekļa uzkrājums pieaugušās apses audzēs ir $105 \pm 27,0$ C t ha⁻¹ un pieaugušās bērza audzēs $89 \pm 13,5$ C t ha⁻¹. Secināts, ka oglekļa uzkrājums pieaugušās lapu koku audzēs ir līdzīgs. Lielāks vidējais oglekļa uzkrājums zemsegā ir pieaugušās apses audzēs ($24 \pm 8,4$ C t ha⁻¹), pieaugušās bērza audzēs vidējais oglekļa uzkrājums zemsegā ($15 \pm 12,3$ C t ha⁻¹) ir mazāks, bet atšķirība nav būtiska, jo ir liela datu izkliede (7. att.).



7. attēls. Oglekļa uzkrājums augsnē un zemsegā pieaugušās apses un bērza audzēs Dm un Vr meža tipos (± 95 % C.I.)

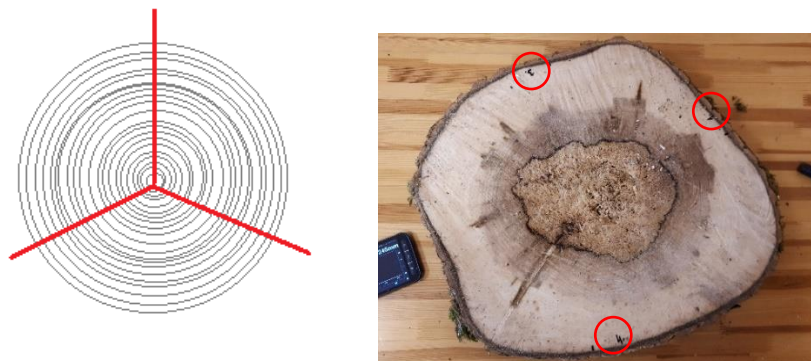
5. Stumbra trupes ietekme uz oglekļa uzkrājumu pāraugušās apses audzēs

Saskaņā ar pētījuma plānu dati ievākti visos šī pētījuma objektos, veicot urbumus ar rezistogrāfu visās pirmā stāva apsēs (1305 koki, 3915 urbumi). Gadījumos, kad konstatēta trupe, papildus 6 nejauši izvēlētiem trupējušiem kokiem pētījuma objektā (kopā 150 kokiem) veikti papildus urbumi vienā līdz trijos augstumos (līdz 4m), lai noteiktu trupes kolonnas augstumu. Dati

nodrošinās iespējas noteikts trupes bojātās daļas īpatsvaru mazāk precīzi, nekā paraugkoku izmantošana, tomēr daudz lielākam koku skaitam.

Metodika

Visās pāraugušajās apsēs audzēs visām I stāva apsēm pēc reģistrācijas numura veikti trīs urbumi ar rezistogrāfu. Visus trīs urbumus veic perpendikulāri stumbram, 1,3 m augstumā, aptuveni 0°, 120°, 240° virzienā (8. att.).

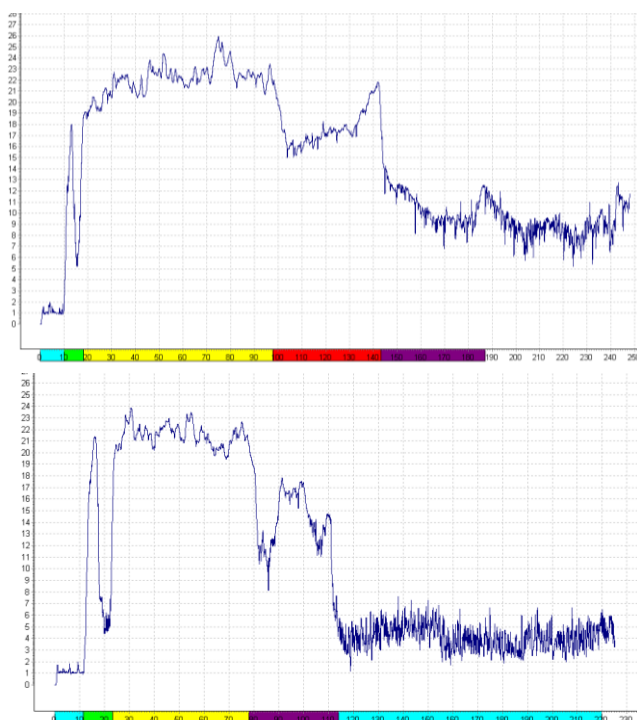


8.attēls. Ar rezistogrāfu veikto urbumu izkārtojums I stāva apsēs stumbrā

Katrā pāraugušās apsēs objektā veic trupes izplatības augstuma noteikšanu vienā līdz trijos augstumos (līdz 4-5 m augstumam) 6 kokiem vienā no parauglaukumiem, kuros konstatēta trupe.

Trupējušo apšu koksnes paraugiem noteikts mitras un sausas koksnes blīvums ar analītiskajiem svariem Precisa XB 2020 A, veicot ar ūdeni pilnībā piesātinātu paraugu iegremdēšanu šķidrumā. Paraugus žāvē 105° C temperatūrā līdz nemainīgai absolūti sausiai masai, lai noteiktu absolūti sausas koksnes blīvumu. Kopējā C satura noteikšanai izmantots elementanalizators Elementar El Cube, ar kuru veic gaissausu sasmalcinātu paraugu sauso dedzināšanu.

Trupējusi koksne izmantojot rezistogrāfa mērījumu (9. att.) iedalīta divās kategorijās – vidēji satrupējusi koksne (atbilst 2. un 3. sadalīšanās pakāpei (sarkanā daļa)) un satrupējusi koksne (4. un 5. sadalīšanās pakāpe (violetā josla)), kā arī – atsevišķi – dobums (zilā josla).



9. att. Ar rezistogrāfu iegūto mehānisko pretestību attiecinājums pret trupējušo koksni

Rezultāti

Laboratorijā, veicot ierobežota skaita paraugu testēšanu, noteikts koksnes blīvums un oglekļa koncentrācijas izdalītajām trupes kategorijām. Konstatēts, ka pirmajai trupes kategorijai (vidēji satrupējusi koksne, atbilst 2. un 3. sadalīšanās pakāpei) koksnes blīvums ir līdzīgs netrupējušas apses koksnes blīvumam (samazinājums par 17%), bet otrās kategorijas (satrupējusi koksne, atbilst 4. un 5. sadalīšanās pakāpei) koksnes blīvums ir 5 reizes mazāks nekā veselai apses koksnei. Laboratorijā noteikts, ka pirmās trupes kategorijas koksnes oglekļa koncentrācija neatšķiras no veselās koksnes oglekļa koncentrācijas vērtības.

Ar rezistogrāfu iegūtie dati sniedz ieskatu par trupes izplatību līdz 4-5 m augstumam, tāpēc, izmantojot šādu paņēmienu, nav iespējams novērtēt trupes ietekmi pilnā stumbra garumā. Pētījuma ietvaros analizētas visas I stāva apses pāraugušās apses mežaudzēs, konstatējot, ka vidēji katrā objektā vismaz 73% no kopējā apšu skaita I stāvā (kopā analizēti 1305 koki) konstatēta stumbra trupe (variē no 39% līdz 96%) līdz 4-5 m augstumam.

Pēc datu analīzes secināts, ka kopumā trupes ietekme uz oglekļa uzkrājumu I stāva apsēs nav liela - vidējais oglekļa samazinājums I stāva apsēm starp pētījuma objektiem variē no 2% līdz 9% (vidēji 6%). Proporcionāli vislielāko tilpumu aizņēma pirmā trupes kategorija, kuras koksnes blīvums un oglekļa koncentrācija ir līdzīga netrupējušas apses koksnes parametriem.

Kopsavilkums

Eksperimentā secināts, ka katrā objektā konstatēts liels skaits trupējušas apses I stāvā ((variē no 39% līdz 96% no kopējā I stāvu apšu skaita līdz 4-5 m augstumam). Eksperimentā iegūtie rezultāti parāda, ka koki vidējais oglekļa samazinājums I stāva apsēm starp pētījuma objektiem vidēji ir 6% - proporcionāli vislielāko tilpumu aizņēma pirmā trupes kategorija, kuras koksnes blīvums un oglekļa koncentrācija ir līdzīga netrupējušas apses koksnes parametriem.

Taču, tā kā nav skaidrs, cik strauji stumbra trupe attīstās, nav iespējams prognozēt, cik ilgi oglekļa uzkrājums stumbrā paliks stabils. Turklāt šobrīd nav pieejami dati par stumbra trupes bojājumu īpatsvaru pilnā stumbra garumā apsēm, kā arī nav izpratnes par trupes mainību, tātad var uzskatīt, ka šajā posmā iegūtie rezultāti raksturo minimālo stumbra trupes ietekmi uz oglekļa uzkrājumu pāraugušās apses audzēs.