

Biomases aprēķina vienādojumi Latvijas saimnieciski nozīmīgāko koku sugu audzēm

Latvijā jau daudzus gadus sistemātiski tiek uzlabotas metodes, lai novērtētu kokaudzes potenciālu uzkrāt oglekli, un aprēķinātu, cik daudz oglekļa dioksīda (CO₂) ir akumulēts Latvijas mežos. Pieaugošā interese par oglekļa uzkrāšanos kokaugu biomasā un klimata gudru mežu apsaimniekošanu, pamato nepieciešamību nepārtraukti atjaunot informāciju par Latvijas mežaudžu stāvokli un to augšanas gaitu. Kokiem augot, atmosfērā esošais oglekļa dioksīds tiek piesaistīts un absorbēts koksni, saknēs, mizā, zaros un lapās, tāpēc mežiem ir nozīmīga loma kopējā oglekļa bilancē. Koki ir lielākā dinamiskā oglekļa krātuve mežā un tāpēc kokaudzes biomasas aprēķināšana ir priekšnoteikums, lai novērtētu oglekļa uzkrājumu arī citās krātuvēs.

Meža īpašniekiem un apsaimniekotājiem CO₂ piesaistes prognozēšanā un ilgtermiņa plānošanā nav iespējams izmantot Latvijai izstrādātos individuālu koku biomasas aprēķina vienādojumus, jo meža inventarizācijas dati atspoguļo informāciju tikai par audžu vidējiem taksācijas rādītājiem. Savukārt Latvijai izstrādātos biomasas aprēķina vienādojumus var pielietot tikai tad ja ir pieejama informācija par individuālu koku caurmēru un augstumu. Biomasas vienādojumi nepieciešami visām izplatītāko koku sugu audzēm, jo katras atsevišķas koku sugas ieguldījums kopējā audzes biomasā ir atšķirīgs. Pētījuma mērķis bija izstrādāt audzes līmeņa biomasas vienādojumus saimnieciski nozīmīgākajām koku sugām, papildus novērtējot arī dominējošās sugas sastāva ietekmi atbilstoši audzes krājam, lai meža īpašnieki vienkāršoti varētu noskaidrot dažādu meža apsaimniekošanas darbību ietekmi uz CO₂ piesaisti savos mežos.

Latvijā informāciju par meža resursiem un to dinamiku kopš 2003. gada iegūst no meža resursu monitoringa (MRM) datiem. Kokaudzes biomasas vienādojumu izveidošanai izmantoti MRM 2016.–2020. gada rezultāti. Biomasas aprēķina vienādojumu izstrādei atlasīti tie MRM parauglaukumi un to sektori, kuru platība ir vismaz 400 m² un kuri atbilst zemes kategorijām (mežs) vai (mežs lauksaimniecības zemē). Kopējā koku biomasā katrā parauglaukumā aprēķināta, summējot visu parauglaukumā augošo koku biomasu, izmantojot katrai sugai un biomasas frakcijai (stumbrs, zari, saknes) atbilstošāko vienādojumu. Iespējamās biomasas atšķirības starp dažādiem Latvijas novadiem, meža tipi un dominējošās sugas koeficienta (CI) vērtībām sastāva formulā, analizētas ar vienfaktora nelineāru jaukta tipa modeli “nlmer” datorprogrammā R. Mežaudžu biomasas modelēšanai un oglekļa krājumu novērtēšanai valsts mērogā, MRM parauglaukumu datu izmantošana ir sevišķi ieteicama, jo šādi dati vienmēr tiek ievākti no visas populācijas statistiski pamatotā un pārbaudītā veidā. Visu MRM parauglaukumu izmantošana modelēšanas vajadzībām pētījumā nodrošina to, ka izstrādātie vienādojumi būs reprezentatīvi izmantošanai visā Latvijas teritorijā.

Audzis biomasas aprēķināšanai izmantojamas divas matemātiskās izteiksmes (1.1) un (1.2), prognozējot mežaudzes stumbra biomasu (SB), dzīvo un sauso zaru biomasu (BB), kopējo virszemes biomasu (AGB) un kopējo celma daļas un sakņu biomasu (BGB). AGB aprēķināta saskaitot SB un BB (skujas un čiekuri ir iekļauti skujkokiem, bet lapas nav iekļautas

lapkociem), kamēr kopējā BGB ir aprēķināta, saskaitot celma, balstsakņu un sīko sakņu biomasu.

$$B_{sc} = a * M_s^{b_1} \quad (1.1)$$

$$B_{sc} = a * M_s^{b_1} * CI_s^{b_2} \quad (1.2)$$

kur:

B_{sc} – audzes s biomasas frakcijai c , t;

M_s – audzes krāja, $m^3 ha^{-1}$;

CI_s – dominējošās sugas koeficienta vērtība audzes sastāva formulā;

a , b_1 un b_2 – regresijas koeficienti.

Mežaudzes līmeņa biomasas vienādojumi izstrādāti izmantojot funkciju ar vienu (1.2) un diviem (1.2) argumentiem (Tabula 1 un Tabula 2). Kopumā statistiskie rādītāji vienādojumam (1.2) bija nedaudz labāki norādot uz sliktāku vienādojuma (1.1) veikspēju, tāpēc ja vien ir pieejama informācija par dominējošās koku sugas īpatsvaru audzē, audzes biomasas aprēķiniem ieteicams lietot vienādojumu (1.2). Nevienai koku sugai un biomasas frakcijai nebija nevēlamu tendenču, kas norādītu uz sistemātiskām vienādojuma atlikumu novirzēm no vidējās vērtības.

Tabula 1. Regresijas vienādojuma (1.1) koeficientu vērtības un statistiskie rādītāji

Dominējošā suga	Biomasas frakcija *	Koeficientu vērtības		AIC	RMSE	MAPE	R ²
		a	b_1				
Priede	AGB	1,036	0,889	12 837,5	8,2	6,0	0,992
	BGB	0,248	0,893	9473,8	3,2	8,0	0,981
	SB	0,375	1,021	13 022,5	8,3	9,0	0,989
	BB	1,685	0,517	12 837,5	7,9	29,7	0,703
Egle	AGB	1,428	0,840	8791,9	8,6	9,48	0,991
	BGB	0,553	0,782	6766,5	3,8	17,4	0,976
	SB	0,293	1,054	7709,9	5,5	8,4	0,994
	BB	2,895	0,480	8505,2	7,6	26,7	0,845
Bērzs	AGB	0,787	0,945	11 816,1	6,4	10,3	0,995
	BGB	0,322	0,871	9537,3	3,4	19,9	0,977
	SB	0,522	0,978	12 135,7	7,0	10,2	0,990
	BB	0,503	0,734	12 283,0	7,3	35,9	0,802
Apse	AGB	0,644	0,957	3850,2	10,3	18,6	0,992
	BGB	0,354	0,821	2984,8	4,4	21,8	0,955
	SB	0,489	0,964	3823,7	10,0	16,1	0,988
	BB	0,396	0,758	3473,3	7,1	39,8	0,878
Baltalksnis	AGB	0,502	0,999	3754,8	6,1	17,0	0,989
	BGB	0,351	0,816	2966,3	3,1	15,4	0,971
	SB	0,334	1,037	3161,1	3,6	16,8	0,994
	BB	0,299	0,782	3769,6	6,1	45,8	0,709
Melnalksnis	AGB	0,701	0,947	2663,4	6,9	9,7	0,993
	BGB	0,675	0,715	2247,7	4,1	24,0	0,952
	SB	0,322	1,053	2411,7	5,0	11,1	0,996
	BB	1,081	0,543	2741,8	7,7	58,4	0,643

* AGB – kopējā virszemes biomasas, BGB – kopējā sakņu un celma biomasas, SB – stumbra biomasas, BB – zaru biomasas.

Tabula 2. Regresijas vienādojuma (1.2) koeficientu vērtības un statistiskie rādītāji

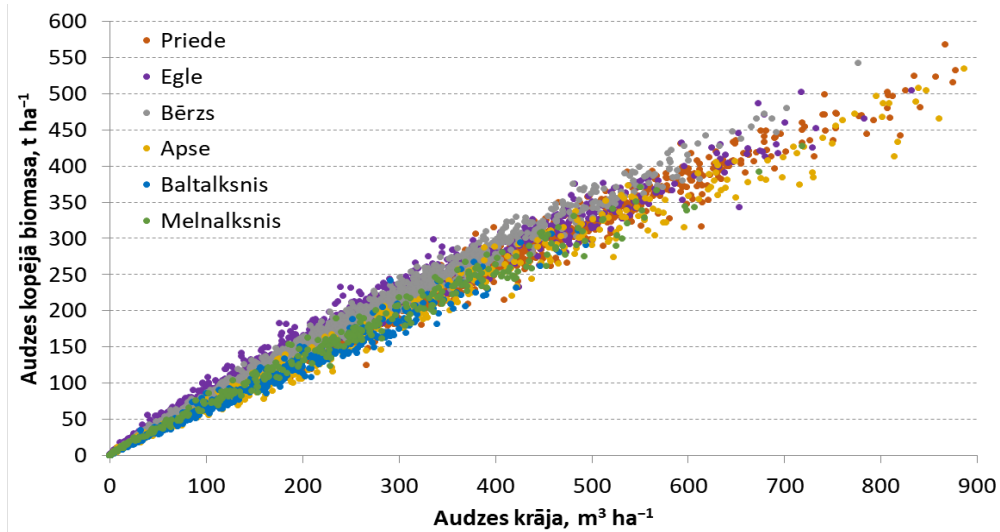
Dominējošā suga	Biomasa frakcija *	Koeficientu vērtības			AIC	RMSE	MAPE	R ²
		<i>a</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂				
Priede	AGB	1,187	0,882	-0,048	12 802,2	7,9	6,0	0,993
	BGB	0,392	0,870	-0,161	8578,1	2,5	7,0	0,988
	SB	0,344	1,025	0,030	12 986,7	8,3	8,9	0,989
	BB	4,330	0,477	-0,352	12 477,5	7,2	30,1	0,756
Egle	AGB	1,364	0,841	0,019	8783,7	8,5	9,4	0,991
	BGB	0,477	0,786	0,062	6727,1	3,7	17,1	0,977
	SB	0,356	1,048	-0,078	7476,3	5,0	7,8	0,995
	BB	1,583	0,491	0,268	8352,5	7,2	25,1	0,863
Bērzs	AGB	0,677	0,956	0,049	11 640,5	6,1	10,3	0,995
	BGB	0,314	0,873	0,009	9537,9	3,4	19,7	0,977
	SB	0,339	1,010	0,141	11 147,9	5,3	8,9	0,994
	BB	1,132	0,679	-0,276	12 114,8	7,0	36,9	0,820
Apse	AGB	0,710	0,971	-0,104	3692,3	8,8	18,2	0,996
	BGB	0,475	0,848	-0,261	2587,5	3,0	19,8	0,987
	SB	0,512	0,971	-0,050	3803,7	9,8	16,2	0,988
	BB	0,634	0,780	-0,344	3351,7	6,3	32,5	0,904
Baltalksnis	AGB	0,693	0,986	-0,131	3512,9	4,9	16,0	0,994
	BGB	0,641	0,798	-0,262	2718,7	2,5	15,4	0,969
	SB	0,355	1,035	-0,025	3150,1	3,6	16,6	0,994
	BB	1,175	0,738	-0,588	3611,8	5,3	43,2	0,778
Melnalksnis	AGB	0,748	0,972	-0,111	2460,6	5,4	9,7	0,993
	BGB	0,811	0,746	-0,194	2146,4	3,6	16,4	0,965
	SB	0,323	1,054	-0,007	2412,2	5,0	11,3	0,996
	BB	2,226	0,605	-0,580	2639,9	6,7	39,0	0,725

* AGB – kopējā virszemes biomasa, BGB – kopējā sakņu un celma biomasa, SB – stumbra biomasa, BB – zaru biomasa.

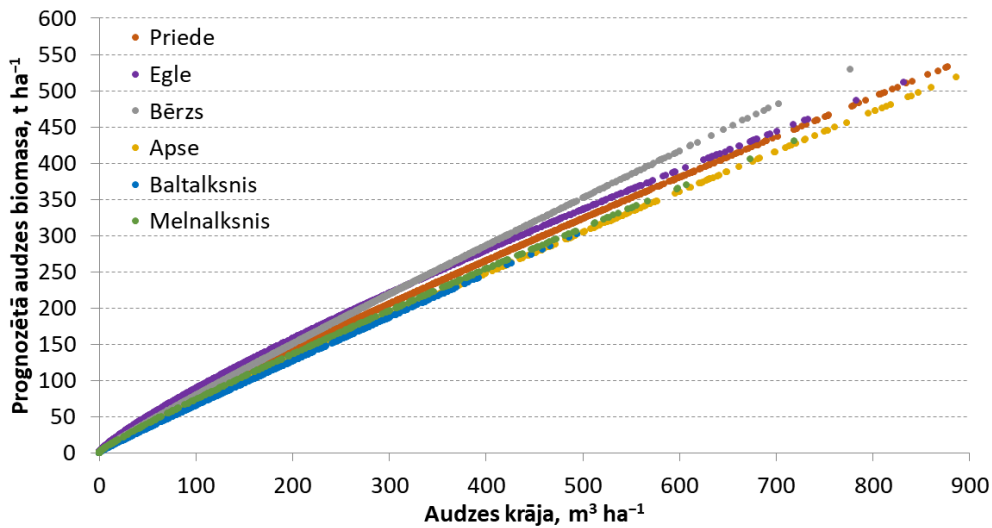
Lielākas b_2 koeficienta vērtības (Tabula 2) norāda uz lielāku sagaidāmās biomasas variāciju, mainoties sugu sastāvam audzē, un ja regresijas koeficienta zīme ir negatīva, tad palielinoties dominējošās sugas sastāva koeficienta vērtībai (tūraudzēs), sagaidāmajai biomasai ir tendence samazināties. Kopumā, analizējot dažādus mežaudzes parametrus, krājai konstatēta visciešākā korelācija ar audzes biomasu (Attēls 1 un Attēls 2), savukārt audzes vidējais vecums un vidējais krūšaugstuma caurmērs ir mazāk informatīvi audzes rādītāji prognozējot biomasu, īpaši platībās, kurās dominē parastā priede. Pētījuma rezultāti apstiprina, ka Latvijā mežaudzes biomasas prognozes neietekmē reģions un meža tips, turpretī, sugu sastāva ietekme uz audzes krājas–biomasas attiecību mainās atkarībā no biomasas frakcijas (virszemes, pazemes, stumbra vai zaru biomasa) un dominējošās koku sugas nogabalā. Pie nemainīgas audzes krājas priedes, apses un alkšņu mistrandzēs kopējā biomasa ir lielāka, salīdzinot ar šo pašu sugu tūraudzēm. Savukārt bērza mežaudzēs vērojama pretēja tendence, jo lielāka sugas sastāva koeficienta CI vērtība (tūraudzes), jo lielāka ir sagaidāmā kokaudzes biomasa (Attēls 3).

No Latvijā izplatītākajām koku sugām, blīvākā koksne ir bērzam, savukārt priedei, eglei, apsei, baltalksnim un melnalksnim vidējais koksnes blīvums ir mazāks. Tas norāda, ka bērza stumbra biomasa būs lielāka pie vienādiem stumbra tilpumiem. Tāpēc bērza piejaukums audzēs, kurās dominējošā koku suga ir cita, palielina audzes biomasu pie nemainīgas krājas. Arī egles piejaukums mežaudzēs palielina kopējo audzes biomasu, galvenokārt pateicoties zaru masai, kuras īpatsvars egļu kopējā biomasā ir lielāks salīdzinot ar citām pētītajām koku sugām.

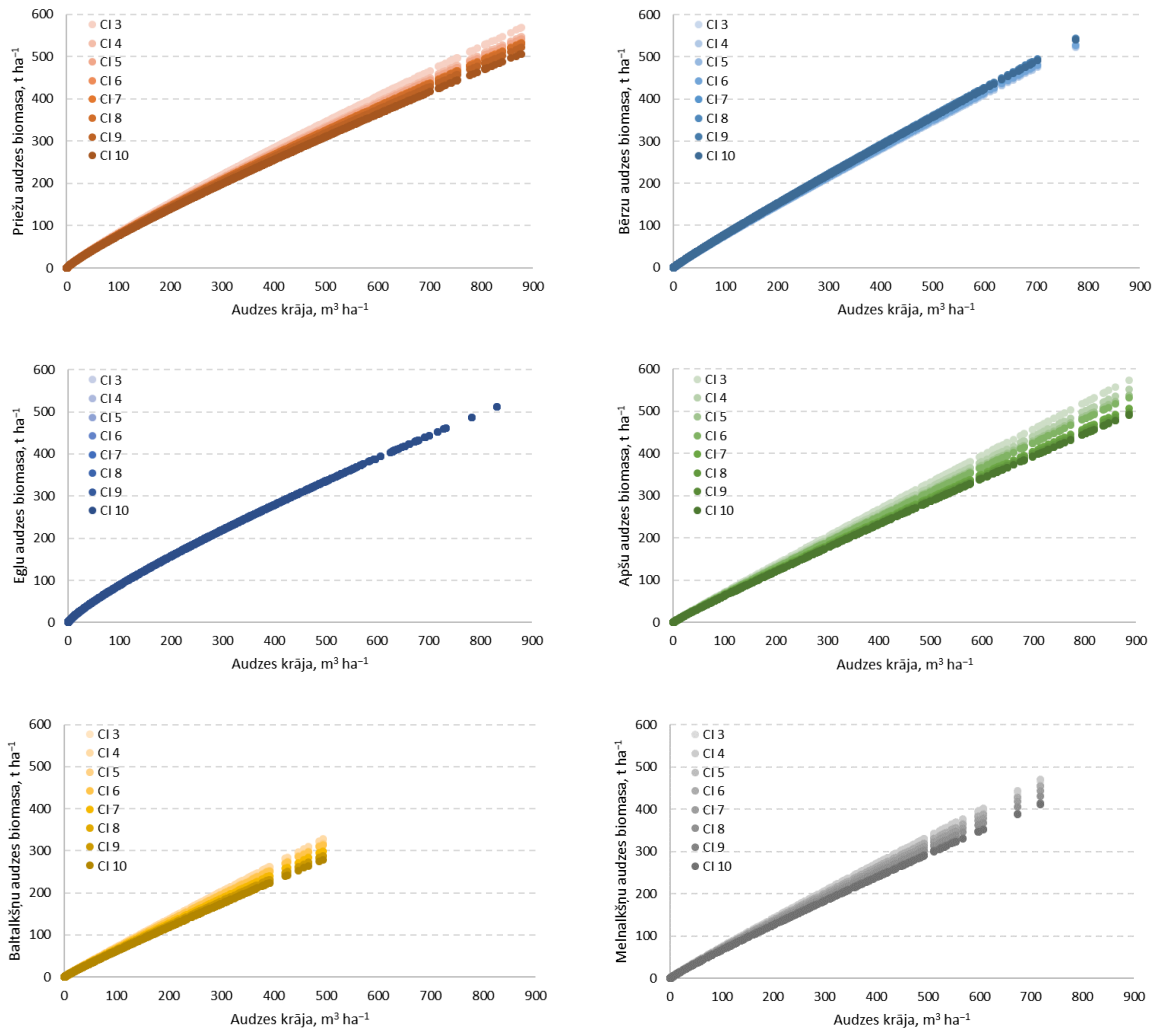
Jāatzīmē, ka aprēķinos izmantoti visi MRM parauglaukumi, kuros aug koki un pieņemts, ka visi koki ir bez bojājumu pazīmēm. Reālajā situācijā, īpaši pāraugušās mežaudzēs tomēr ir sastopami trupējuši un dobumaini koki, kas samazina to biomasu. Uz doto brīdi serdes trapes ietekme uz audzes biomasu netiek vērtēta nevienas valsts SEG inventarizācijas ziņojumos un pārskatos, jo šādu datu iegūšana ir ļoti laikietilpīga, un pagaidām vēl tiek diskutēts par dažādu trapes ietekmes izvērtēšanas metožu precizitāti un piemērotību šim mērķim.



Attēls 1. Audzes kopējās biomasas izmaiņas atkarībā no audzes krājas.



Attēls 2. Dažādu sugu biomasas vienādojumu (1.1) salīdzinājums



Attēls 3. Audzes kopējās biomasas izmaiņas atkarībā no dominējošās sugas koeficienta (CI) vērtības sastāva formulā

Vairāk par Kokaudžu biomasas aprēķina vienādojumiem un to izstrādi var lasīt publikācijā: Liepiņš, J.; Lazdiņš, A.; Kalēja, S.; Liepiņš, K. Species Composition Affects the Accuracy of Stand-Level Biomass Models in Hemiboreal Forests. *Land* **2022**, *11*, 1108.

Pētījums finansēts ar Eiropas Reģionālās attīstības fonda atbalstu pēcdoktorantūras studijām Latvijā.

Pētījuma nosaukums [“Kokaudžu biomasas un oglekļa uzkrājuma aprēķinu nenoteiktības samazināšana”](#) (pieteikuma numurs 1.1.1.2/VIAA/4/20/687)