



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

STARPATSKAITE

PAR MIZAS DUBULTBIEZUMA PĒTĪJUMA GAITU

**FAKTISKĀ MIZAS DUBULTBIEZUMA
IETEKMĒJOŠO
FAKTORU ANALĪZE MEŽĀ UN
PĀRSTRĀDES VIETĀS
(BĒRZS UN APSE)**

Projekta numurs: 1.2.1.1/18/A/004_P8

Starpatskaiti sagatavoja: Mareks Millers

2020. gada novembris

Saturs

Saturs.....	2
Ievads	3
1. Metodika apaļo kokmateriālu mizas biezuma novērtēšanai mežā	4
2. Metodika tilpuma noteikšanas precizitātes novērtēšanai	12
3. Bērza un apses faktiskā mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā.....	16
3.1. Bērza faktiskā mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā	17
3.2. Bērza koksnes īpatsvara koeficienta izvērtējums	25
3.3. Apses faktiskā mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā.....	26
Secinājumi.....	33
Izmantoto informācijas avotu saraksts.....	34

Ievads

Apaļo kokmateriālu caurmērus parasti mēra ar mizu, bet koksnes apjoma aprēķinā meža inventarizācijā, apaļo kokmateriālu tirgū un ciršanas optimizācijas algoritmos parasti pieņem caurmēru bez mizas, kuram ir lielāka ekonomiskā nozīme. Šādiem gadījumiem daudzām koku sugām ir izstrādāti un pielāgoti vietējie vai reģionālie algoritmi mizas biezuma un tilpuma novērtēšanai. Mizas biezumu var aprēķināt ar dažādiem vienādojumiem kā funkciju no caurmēra ar mizu. Šādos gadījumos nepieciešami akurāti un precīzi uzmērīti faktiskie caurmēri ar mizu un atbilstoši mizas reducēšanas algoritmi. Neprecīza caurmēra bez mizas prognozēšanas dēļ rodas kļūdas tilpuma aprēķinos.

Viensatvēriena harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm nepieciešami precīzi mizas biezuma aprēķini, lai pārietu no caurmēra ar mizu uz caurmēra bez mizas, kas uzlabo apaļo kokmateriālu šķirošanu un tilpuma noteikšanas precizitāti.

Šobrīd Latvijā lielākoties izmanto pielāgotus mizas reducēšanas algoritmus gan harvesteros, gan automatizētās uzmērīšanas ierīcēs, tādēļ tiek īstenots pētījuma projekts "Automatizēto uzmērīšanas ierīču un harvestera programmatūrā ietvertu mizas vienādojumu izpēte", kura mērķis ir izvērtēt esošos un projekta ietvaros izstrādātos mizas reducēšanas algoritmus, novērtēt to ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti un izstrādāt nepieciešamās korekcijas.

Šajā starpatskaitē galvenā vērība tiks pievērsta plašāk izplatīto un komerciāli nozīmīgāko lapu koku sugu (bērzs un apse) faktiskam mizas dubultbiezumam.

Izmantojot līdz šim pētniecības projektā ievāktos datus, ir izvērtēti faktiski izmatotie un teorētiski iespējamie mizas redukcijas vienādojumi harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm. Izstrādāti provizoriski iespējamie harvesteru un automatizēto uzmērīšanas ierīču mizas redukcijas vienādojumi, kas uzlabo apaļo kokmateriālu šķirošanu un tilpuma noteikšanas precizitāti.

1. Metodika apaļu kokmateriālu mizas biezuma novērtēšanai mežā

Tiks pētītas galvenās Latvijā komerciāli izmantojamās koku sugas – priede, egles, bērzs, melnalksnis, apse, baltalksnis, ozols un osis. Lai novērtu mizas biezuma mainību paredzēts izvērtēt sekojošus ietekmējošos faktorus:

1. koku suga;
2. cirtes veids;
3. krūšaugstuma caurmērs;
4. vieta stumbrā;
5. apaļu kokmateriālu caurmērs;
6. bonitātes klase;
7. augšanas reģions.

Apaļu kokmateriālu caurmērs un koku suga ir galvenie kritēriji, kurus izmanto tilpuma un cenas noteikšanai. Dažāda vecuma audzēs pie dažādiem augšanas apstākļiem apaļiem kokmateriāliem var būt līdzīgs caurmērs un atšķirīgs mizas biezums, tādēļ ņemot vērā vecuma ietekmi, parauglaukumi tiks izveidoti gan galvenās cirtes, gan starpcirtes audzēs.

Priedei, ierīkojot parauglaukumus, plānots atsevišķi izdalīt 1. krājas kopšanas cirti, 2. krājas kopšanas cirti un galveno cirti. Eglei un bērzam tiks izdalīta kopšanas cirte un galvenā cirte, bet melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim parauglaukumi tiks ierīkoti tikai galvenajā cirtē.

Pētījuma gaitā ir paredzēts noskaidrot, vai mizas biezuma rādītājus priedei, eglei un bērzam ietekmē augšanas reģions. Lai novērtētu šī faktora būtiskumu Latvija tiks sadalīta rietumu (Kurzeme un Zemgale) un austrumu (Vidzeme un Latgale) reģionos (skat. 1.1. att.). Dati tiks ievākti izvēlētajiem reģioniem vienmērīgā izvietojumā visā Latvijas teritorijā. Iekārtojot parauglaukumus abās Latvijas daļās ar līdzīgiem augšanas apstākļiem, tiks nodrošināts pētījumu atkārtojums un reģionu ietekmes salīdzinājums. Melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim augšanas reģions netiks izdalīts.



1.1. att. Latvijas teritorijas dalījums rietumu un austrumu reģionos.

Priedei atsevišķi papildus paredzēts izdalīt arī piejūras zemi. Piejūras zeme ir dabas apgabals Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē. Zeme stiepjas gar visu Latvijas piekrastes joslu 2—20 km platumā gar līča krastu un 6—25 km platumā gar jūras krastu no Igaunijas līdz Lietuvai (skat. 1.2. att.). Par piejūras zemes iekšējo (sauszemes) robežu uzskata Baltijas ledus ezera augstākās stadijas krasta līniju. Atsevišķos posmos šī līnija skaidri iezīmējas ar seno krastu kraujām un krastu vaļņiem, citur tā nemanāmi saplūst ar reljefu.



1.2. att. Latvijas fizioģeogrāfiskie rajoni (piejūras zeme).

Lai novērtētu meža augšanas apstākļu ietekmi uz mizas biezuma rādītājiem, pēc VMD statistikas datiem tika atlasīti visplašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi katrai koku sugai, kurus iespējams sasaistīt ar bonitātes klasēm (skat. 1.1. tab.).

1.1. tabula

Bonitātes klasēm atbilstošie MAAT pa koku sugām

Koku suga	Bonitātes klase	MAAT
Priede	Ia - I	Dm, As, Ks
	II	Ln
	III - IV	Mr, Dms, Nd
Egle	Ia - I	Dm, Vr, As, Ap
	II - III	Dms
Bērzs	Ia - I	Dm, Vr, As, Ap, Ks, Kp
	II - III	Dms, Vrs
Melnalksnis	Ia - III	Vrs, Db, Lk, Ap, Kp
Apse	Ia - I	Dm, Vr, Gr, Ap
Baltalksnis	Ia - III	Dm, Vr, Gr, Vrs, Ap
Ozols	Ia - I	Dm, Vr, Gr,
Osis	Ia - I	Vr, Gr, Ap

Pie katras bonitātes klases katrai koku sugai tiek izvēlēti plašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi pēc Valsts meža dienesta 2018. gada statistikas. Izvēloties meža augšanas apstākļu tipus, tika vērtēts vai konkrētais tips sastāda vismaz 5% no kopējā apjoma un izvēlēto tipu grupa katrai koku sugai sastāda vismaz 80% no kopējā apjoma (skat. 1.2. tab.).

1.2. tabula

Koku sugu sadalījums pa MAAT

MAAT	Rādītājs	Koku suga							
		1 P	3 E	4 B	6 Ma	8 A	9 Ba	10 Oz	11 Os
2 Mr	Apj.(m ³)	20043296	49220	77715	2199	1530	1851	87	670
	Apj.(%)	8,34	0,05	0,05	0,01	0	0,01	0	0,02
3 Ln	Apj.(m ³)	44238747	718496	583796	4553	25074	44122	13469	214
	Apj.(%)	18,4	0,67	0,38	0,02	0,07	0,15	0,56	0,01
4 Dm	Apj.(m ³)	71136239	30131045	27185334	97880	3730496	1802685	489597	86796
	Apj.(%)	29,59	27,94	17,47	0,53	10,37	5,94	20,33	2,25
5 Vr	Apj.(m ³)	879414	37215976	37488434	587480	20141089	18777657	1256889	1105903
	Apj.(%)	0,37	34,51	24,09	3,18	55,97	61,91	52,2	28,64
6 Gr	Apj.(m ³)	42666	2881793	4392370	236031	3865941	1839622	529884	1617258
	Apj.(%)	0,02	2,67	2,82	1,28	10,74	6,07	22	41,88
9 Dms	Apj.(m ³)	12947060	6359818	8700079	527318	682938	346747	6925	15162
	Apj.(%)	5,38	5,9	5,59	2,85	1,9	1,14	0,29	0,39
10 Vrs	Apj.(m ³)	165662	3899779	9278102	2501121	1620756	2496215	22962	130189
	Apj.(%)	0,07	3,62	5,96	13,53	4,5	8,23	0,95	3,37
14 Nd	Apj.(m ³)	13634228	1572459	8306118	212607	52346	24447	627	1951
	Apj.(%)	5,67	1,46	5,34	1,15	0,15	0,08	0,03	0,05
15 Db	Apj.(m ³)	149149	1037519	8597532	5885622	131690	217500	321	47078
	Apj.(%)	0,06	0,96	5,53	31,85	0,37	0,72	0,01	1,22
16 Lk	Apj.(m ³)	3813	66509	416760	958096	10088	38892	40	15169
	Apj.(%)	0	0,06	0,27	5,18	0,03	0,13	0	0,39
19 As	Apj.(m ³)	19346570	9741673	11910744	296857	1324013	715117	21700	13606
	Apj.(%)	8,05	9,03	7,65	1,61	3,68	2,36	0,9	0,35
21 Ap	Apj.(m ³)	205711	5399771	12157162	2217725	3098833	3227049	57259	460490
	Apj.(%)	0,09	5,01	7,81	12	8,61	10,64	2,38	11,92
24 Ks	Apj.(m ³)	15883610	4831989	12039455	236980	289393	94320	1348	7284
	Apj.(%)	6,61	4,48	7,74	1,28	0,8	0,31	0,06	0,19
25 Kp	Apj.(m ³)	185185	2912847	11530485	3938606	550329	403874	1687	129037
	Apj.(%)	0,08	2,7	7,41	21,31	1,53	1,33	0,07	3,34

Lai iegūtu atbilstošus mizas biezuma rādītājus, viens no metodikas uzdevumiem ir noteikt vajadzīgo apaļo kokmateriālu skaitu no dažādām stumbra daļām, lai novērtētu mizas biezuma izmaiņas stumbra garumā gan starpcirtē, gan galvenajā cirtē. Pie atbilstoša mērījuma apjoma katrā parauglaukumā (cīrsmā) un reģionā ir iespējams novērtēt esošos mizas biezuma vienādojumus un nepieciešamības gadījumā izstrādāt jaunus precīzākus mizas biezuma prognozēšanas vienādojumus. Parauglaukumā nepieciešamo apaļo kokmateriālu skaitu n katrai koku sugai pa cirtes veidiem un stumbra daļām aprēķina pēc formulas:

$$n = \frac{t_{\alpha;\infty}^2 s\% ^2}{\Delta_{\bar{x}} \%^2}, \quad (1.1.)$$

kur:

$t_{\alpha;\infty}$ - t-kritērija kritiskā vērtība atbilstoši būtiskuma līmenim α un brīvības pakāpju skaitam ∞ (1,96);

$\Delta_{\bar{x}}$ - robežklūda, %;

$s\%$ - variācijas koeficients:

$$s\% = \frac{100s}{\bar{x}}, \quad (1.2.)$$

kur:

s – standartnovirze mērītās vienībās;

$\bar{x}$ – paraugkopas vidējais aritmētiskais mērītās vienībās.

Formulā robežklūda nosaka, cik lielā mērā paraugkopas vidējais aritmētiskais $\bar{x}$ drīkst atšķirties no ģenerālkopas aritmētiskā vidējā μ . Plānojot n , robežklūdu nosaka pētījuma pasūtītājs.

Pirms pētījuma standartnovirzes s un variācijas koeficienta $s\%$ precīzas vērtības nav zināmas. Tās jāiegūst no zinātniskās literatūras vai pilotpētījuma rezultātā. Šajā gadījumā šie rādītāji iegūti no ERAF finansēta pētījuma projekta „Apaļo kokmateriālu tilpuma individuālās uzmērīšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru un optimizācijas iespēju izpēte” (P13), kurš īstenots SIA „MNKC” un VA “LIAA” 08.04.2011. noslēgtā līguma Nr. L-KC-11-0004 “Meža Nozares Kompetences centrs” ietvaros.

Balstoties uz iepriekšminētā pētījuma projekta mizas biezuma izkliedes rādītājiem (standartnovirze un variācijas koeficients), ir aprēķināts paraugkopas minimālais apjoms vienā cīrsmā, ievērtējot koku sugu, cirtes veidu, vietu stumbrā un iespējami pieļaujamo robežklūdu (skat. 1.3. tab.). Šajā gadījumā ieteicamā pieļaujamā robežklūda būtu 10 – 15 % (uz 10 mm biezas mizas pieļaujamā klūda 1 – 1,5 mm).

1.3. tabula

Apaļo kokmateriālu skaits parauglaukumā (cīrsmā)

Koku suga	Cirtes veids	Vieta stumbrā	Vidējais mizas dubultbiezums, mm	Standartnovirze	Variācijas koeficients	Skaits, gab. pie noteiktas robežklūdas			
						$\Delta x=5\%$	$\Delta x=10\%$	$\Delta x=15\%$	$\Delta x=20\%$
Priede	Starpcirte	Resgalis	11,0	2,2	20	61	15	7	4
		Vidusdaļa	4,5	1,1	24	89	22	10	6
		Galotnes daļa	4,1	0,8	20	61	15	7	4
	Galvenā cirte	Resgalis	18,5	6,9	37	210	53	23	13
		Vidusdaļa	7,7	4,4	57	499	125	55	31
		Galotnes daļa	5,6	1,8	32	157	39	17	10
Egle	Starpcirte	Resgalis	8,2	2,5	30	138	35	15	9
		Vidusdaļa	8,1	2,3	28	120	30	13	8
		Galotnes daļa	7,2	1,2	17	44	11	5	3
	Galvenā cirte	Resgalis	10,9	4,1	38	222	55	25	14
		Vidusdaļa	10,1	3,3	33	167	42	19	10
		Galotnes daļa	8,2	1,5	18	50	12	6	3
Bērzs	Starpcirte	Resgalis	11,7	2,1	18	50	12	6	3
		Vidusdaļa	9,4	2,0	21	68	17	8	4
		Galotnes daļa	8,0	1,9	24	89	22	10	6
	Galvenā cirte	Resgalis	16,2	3,4	21	68	17	8	4
		Vidusdaļa	14,2	3,9	27	112	28	12	7
		Galotnes daļa	13,4	3,5	26	104	26	12	6
Melnalksnis, apse, baltalksnis, ozols, osis	Galvenā cirte	Resgalis	15,8	3,5	22	74	19	8	5
		Vidusdaļa	14,1	3,3	23	81	20	9	5
		Galotnes daļa	12,5	2,5	20	61	15	7	4

Bez paraugkopas minimālā apjoma vienā cirsmā tiek novērtēts arī kopējais cirsmu (parauglaukumu) skaits, ievērtējot koku sugu, cirtes veidu, bonitātes klasi, augšanas reģionu un atkārtojumu skaits (skat. 1.4. tab.).

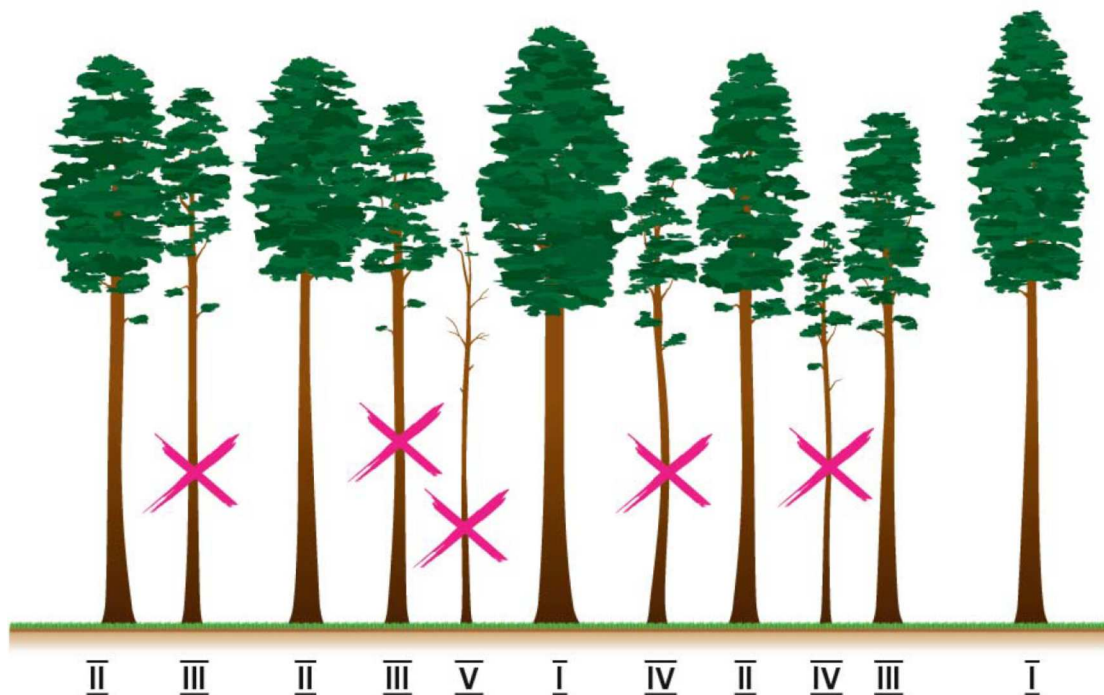
1.4. tabula

Parauglaukumu skaits pa koku sugām

Koku suga	Cirtes veidi	Bonitātes klases intervāli	Reģioni	Atkārtojumi	Parauglaukumu skaits, gab.
Priede	3	3	3	3	81
Egle	2	2	2	5	40
Bērzs	2	2	2	5	40
Melnalksnis	1	1	---	10	10
Apse	1	1	---	10	10
Baltalksnis	1	1	---	10	10
Ozols	1	1	---	10	10
Osis	1	1	---	10	10

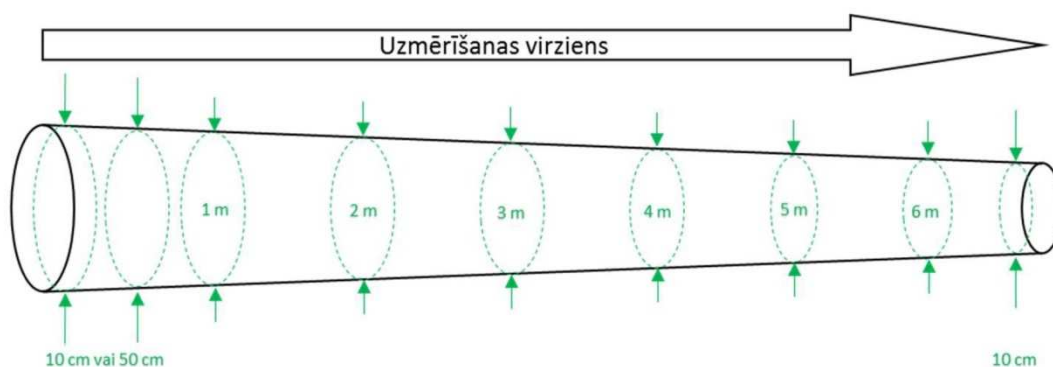
Galvenajā cirtē parauglaukumu iekārto vienā hārvestera izstrādes slejā, kas vislabāk reprezentē visu audzi, un pētāmās koku sugas koku skaits tajā nebūtu mazāks par 100. Nepieciešamības gadījumā koki tiek iezīmēti vairākās slejās. Paraugkoku izvēli iespējams uzsākt tikai pēc visu koku apsekošanas parauglaukumā. Katru atbilstošās koku sugas koku parauglaukumā numurē. Tāpat katram kokam ar dastmēru uzmēra caurmēru krūšu augstumā (pie 1,3 metriem). Pēc tam datus apkopo pa caurmēra grupām ar soli 4 cm. Ierīkotajā parauglaukumā ar noteiktu soli pēc vienmērīga izvietojuma principa izvēlas nepieciešamo koku skaitu, no kuriem tiks sagatavoti apaļie kokmateriāli. Paraugkokus sadala proporcionāli koku skaita sadalījumam caurmēra grupās. Paraugkoki jāizvēlas taisni, simetriski (apaļi), bez redzamām stumbra formas vainām.

Krājas kopšanas cirtēs parauglaukumus izvieto līdzīgi kā galvenā cirtē. Jāņem vērā mežizstrādes norādījumos norādītais kopšanas cirtes izstrāde paņēmieni. Krājas kopšanas cirtē paraugkoki tiek izvēlēti un apaļie kokmateriāli sagatavoti pēc darba uzdevumā atbilstošām caurmēru grupām (no 6 cm līdz ≥ 28 cm). Šajā gadījumā jāievērtē ražošanas apstākļi, kā rezultātā nav iespējams cirst labākos un perspektīvākos kokus. Veicot 1. kopšanas cirti cērt tievākos un augšanā atpalikšos kokus un, ja pieļaujams, arī daļu no tievākajiem vai sliktas kvalitātes valdaudzes kokiem, kā arī valdaudzes kokus uz pievešanas ceļiem (skat 1.3. att.). Attēlā zemāk norādītā izvēle ir aktuāla audzēs, kur pirms tam nav veikta kopšanas cirte. Audzēs, kur pirmā krājas kopšanas cirte jau ir veikta, uz tehnoloģiskā koridora nav koki, kurus nocirst. Papildus krājas kopšanas cirtei var būt nosacījums sugu sastāva maiņai un var veikt kombinēto vai augšējo ciršanas paņēmieni, kad izcērt nevēlamās sugas, neatkarīgi no koku Krafta klases.



**1.3. att. Augšanas gaitu raksturo koku iedalījums Krafsta klasēs
(Kopšanas ciršu rokasgrāmata - LVM).**

Pēc tam, kad pabeigti apaļo kokmateriālu sagatavošanas darbi, ar rokas mērinstrumentiem (elektroniskais dastmērs, mērlente, bīdmērs) tiks izmērīti apaļo kokmateriālu caurmēri ar mizu, garums un mizas biezums visiem no paraugkociem sagatavotiem apaļiem kokmateriāliem. Apaļo kokmateriālu caurmēra un mizas biezuma uzmērīšana tiks īstenota ar kontrolsortimentiem izmantoto uzmērīšanas paņēmieni (solis – 1 m). Resgaļa sortimentiem bez iepriekšminētiem mērījumiem caurmērs un mizas biezums jāuzmēra pie 0,5 m attāluma no resgaļa (skat. 1.4. att.). Visi caurmēru mērījumi ar mizu tiek veikti divos savstarpēji perpendikulāros virzienos. Tāpat tiks uzmērīts arī faktiskais apaļo kokmateriālu garums.



**1.4. att. Apaļo kokmateriālu caurmēra un mizas biezuma mērījuma vietas
(PROCEDŪRA Nr.VKP1/2018).**

Mizas dubultbiezuma noteikšanai nepieciešams reģistrēt šādus datus:

- sortimenta garums, cm;
- resgaļa caurmērs ar mizu, mm;
- mizas biezums resgalī, mm;
- caurmēri ar mizu un mizas biezums ik pēc 1 m no resgaļa gala plaknes, mm;
- tievgaļa caurmērs ar mizu, mm;
- mizas biezums tievgalī, mm;
- vieta stumbrā.

Nominālais sekcijas garums ir 1 m, izņēmums ir pēdējā sekcija, kuras garums var būt no 15 cm līdz 114 cm. Mizas biezumu novērtē, izcērtot 2 rombveida mizas paraugus caurmēra mērīšanas vietā vienā no diviem caurmēra uzmērīšanas virzieniem (skat. 1.5. att.).



1.5. att. Rombveida mizas paraugu sagatavošana mizas biezuma novērtēšanai.

2. Metodika tilpuma noteikšanas precizitātes novērtēšanai

Novērtējot tilpuma noteikšanas precizitāti, tiks izmantoti faktiski izmatotie mizas redukcijas vienādojumi harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm. Tāpat tiks izvērtēti teorētiski iespējamie mizas redukcijas vienādojumi un jaunie mizas reducēšanas vienādojumi, kuri tiks iegūti pētniecības projekta laikā. Šādā veidā tiks noteikti vispiemērotākie mizas redukcijas vienādojumi un to koeficienti harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm.

Lielākā daļa moderno harvesteru nosaka mizas biezumu, izmantojot četrus iebūvētos StanForD modeļus. Pielietojot dažādus mizas reducēšanas vienādojumus iespējams izmatoto arī atšķirīgus tilpuma noteikšanas algoritmus (skat. 2.1. tab.).

2.1. tabula

Tilpuma noteikšanas un mizas reducēšanas metodes (StanForD 2010)

Name	Description	Swe sub	Swe to	Fin ¹ sob	Nor ² mid	Ger mid	Ger top	Dan mid	Est mid	Fra sub
Old codes (var161_t1) Country code (var6_t1)		2 752	1 752	130 246	4 578	7 276	6 276	136 208	12 233	2 250
<u>VolumeDiamCategory</u> Diameters used in price volume calculation:	1 = Solid volume 2 = Top 3 = Mid 4 = Calculated Norwegian mid 5 = Calculated Estonian mid	1	2	1	4	3	3	3	5	1
<u>BarkFunctionCategory</u>	1=None 2=Swedish Zacco 3=German 4=Skogforsk 2004, Scots pine 5=Skogforsk 2004, Norway spruce	2/4/5	2/4/5	1	2/4/5	3	3	1	2/4/5	2/4/5

Balstoties uz StanForD 2010 vadlīnijām, mizas biezumu harvesteriem var noteikt ar šādu funkciju palīdzību:

1. mizas funkcija, ko izstrādājis Zacco (1974);
2. mizas funkcija, kuras pamatā ir caurmēra klases ar fiksētiem mizas dubultbiežumiem, pamatojoties uz Vācijā izvirzītām prasībām;
3. mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās priedes (*Pinus sylvestris*);
4. mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās egles (*Picea abies*).

Zacco (1974) izstrādātā mizas funkcija un Vācijā izvirzītām prasībām atbilstošā mizas funkcija mizas dubultbiežumu (mm) nosaka balstoties un caurmēru ar mizu (mm). Savukārt “Skogforsk” 2004. gadā izstrādās mizas funkcijas priekš priedes un egles ietver plašāku ietekmējošo faktoru klāstu:

- attālums no stumbra resgaļa līdz vietai kur jāaprēķina mizas biezums;
- koka caurmērs krūšu augstumā
- ģeogrāfiskais platums (skat. 2.2. tab.).

Mizas funkciju apraksts (StanForD)

1) Bark function developed by Zacco (1974).
 Linear function: Double bark thickness = a + b * top diameter ob
 where a is stored as the first parameter in var113_t1 and b as the second parameter.
 For example: "Bark= 3,28+0,0370*diam" is stored as "113 1 328 370~" in a StanForD file.

2) Bark function based on diameterclasses with fixed bark deductions (double), based on German requirements.

Exempel:

Bark deduction, mm Lower diameter ob, mm

30 <=320

20 >320 <=200

10 >200 <=0

is stored as "112 2 3~113 2 320 200 0~113 3 3000 2000 1000~"

3) Function developed by Skogforsk (2004) for Scots pine
 (Pinus Sylvestris)

```
dbh_b=min(dbh,590)    /* DBH maximum 590 mm. */
htg=-ln(0.12/(72.1814+0.0789*dbh_b-0.9868*lat))/(0.0078557-
0.0000132*dbh_b) /* Break point in cm calculated */
db=3.5808+0.0109*dbh_b+(72.1814+0.0789*dbh_b-0.9868*lat)*
exp(-(0.0078557-0.0000132*dbh_b)*h) /* Double bark thickness below break point
calculated, mm */
if h>htg then db=3.5808+0.0109*dbh_b+0.12-0.005*(h-htg)
/* Double barkthickness above break point calculated, mm */
db=max(db, 2) /* Bark thickness minimum 2 mm */
```

4) Function developed by Skogforsk (2004) for Norway spruce(Picea abies)
 db=0.46146+0.01386*dbh+0.03571*dia /* Double bark thickness calculated, mm */
 db=max(db, 2) /* Bark thickness minimum 2 mm */

Db = double bark thickness (mm)

H = height from butt end of stem where bark thickness is to be calculated (cm)

Dbh = breast height diameter (mm)

Dia = diameter on bark where bark thickness is to be calculated (mm)

Lat = latitude (decimal degrees).

Latvijā pašlaik vispiemērotākā un plašāk lietotā apaļo kokmateriālu mizas biezuma lineārā funkcija ir šāda:

$$MDB = b_0 + b_1 \times D_{tam}, \quad (2.1.)$$

kur:

MDB - mizas dubultbiezums (mm);

b₀ un *b₁* - lietotāja noteikti koeficienti;

D_{tam} - tievgaļa caurmērs ar mizu (mm).

Šajā gadījumā mizas dubultbiezums ir atkarīgs no tievgaļa caurmēra ar mizu un lietotāja noteiktiem koeficientiem. Latvijā (A/S “LVM”) šādi lietotāja noteikti koeficienti ir norādīti “STUMBRA SAGARUMOŠANAS (APT*) FAILU UZSTĀDĪJUMU STANDARTS”. APT* failos ir noteikti mizas parametri atbilstoši koku sugām:

- PRIEDE – miza 1.97 mm, 3.54%;
- EGLE, MELNALKSNIS, BALTALKSNIS, OSIS, LAPU KOKI – miza 3.08 mm, 4.04%;
- BĒRZS, APSE – miza 3,45 mm, 4,04%.

Automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, lai pārietu no caurmēra ar mizu uz caurmēra bez mizas, kas nepieciešams apaļo kokmateriālu šķirošanai un apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanai, arī tiek izmantoti mizas biezuma aprēķinu vienādojumi. Šajā gadījumā mizas biezums tiek aprēķināts balstoties uz tievgaļa caurmēru ar mizu, koku sugu vai koku sugu grupu un mizas tipu (skat. 2.3. tab.).

2.3. tabula

Mizas reducēšanas vienādojumi automatizētām uzmērīšanas ierīcēm

Mizas tips	Priede	Egle u.c. koku sugas	Apse
Plāna miza (1)	$2.07 + 0.0175 * D_{tam}$	---	---
Vidēja miza (2)	$1.97 + 0.0354 * D_{tam}$	$3.08 + 0.0404 * D_{tam}$	$3.45 + 0.0404 * D_{tam}$
Bieza miza (3)	$5.23 + 0.0477 * D_{tam}$	---	---

D_{tam} – tievgaļa caurmērs ar mizu

Bērza finierkluču tilpums bez mizas tiek iegūts pareizinot finierkluča tilpumu ar koksnes īpatsvara koeficientu, kas mainās atkarībā no finierkluča caurmēra. Mizas atskaitījumā izmanto tievgaļa caurmēru un nogriežņa tilpumu ar mizu.

$$V_{bm} = V_{am} \times K_{koksnes}, \quad (2.2.)$$

kur:

V_{bm} – nogriežņa tilpums bez mizas, m³;

V_{am} – nogriežņa tilpums ar mizu, m³;

$K_{koksnes}$ - koksnes īpatsvara koeficients, atbilstoši 2.4. tabulai.

2.4. tabula

Koksnes īpatsvara koeficients bērza finierklučiem

Tievgaļa caurmērs, mm	$K_{koksnes}$	Mizas tilpums, % *
Līdz 190	0.88	12
190 – 229	0.89	11
230 – 389	0.90	10
390 ≤	0.91	9

* resgaļa sortimentiem norēķina dubultu mizas apjomu.

Izvērtējot faktiski izmatotos un teorētiski iespējamās mizas redukcijas vienādojumus harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas līnijām, tiks novērtēta arī tilpuma noteikšanas precizitāte.

Novērtējot Mizas dubultbiezuma novērtēšana algoritmu ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums tiek aprēķināts atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

Precizitāte tiks novērtēta, salīdzinot caurmēru ar mizu, mizas dubultbiezumus (faktiskos un pēc mizas redukcijas algoritmiem) un iegūto tilpumu, izsakot faktisko un procentuālo rādītāju starpību.

3. Bērza un apses faktiskā mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā

Uz doto brīdi (2020. gada novembris) bērzam un apsei ievērtējot cirtes veidu, bonitātes klasi un augšanas reģionu ir uzmērīti 39 parauglaukumi no 50 plānotiem (skat. 3.1. tab.). Attiecīgi bērzam 30 no 40 plānotiem (75 %), bet apsei 9 no 10 plānotiem (90 %).

3.1. tabula

Uzmērīto parauglaukumu skaits uz 2020. gada novembri

Koku suga	Plānotais parauglaukumu skaits, gab.	Uzmērīto parauglaukumu skaits pa reģioniem, gab.								Izpilde no plānotā, %
		Rietumvidzeme	Dienvidlatgale	Vidusdaugava	Ziemeļkurzeme	Zemgale	Austrumvidzeme	Dienvidkurzeme	Kopā	
Bērzs	40	7	7	4	0	5	3	4	30	75
Apse	10	3	2	2	0	1	1	0	9	90

Lai novērtu mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā paredzēts izvērtēt sekojošus ietekmējošos faktorus:

- koku suga;
- cirtes veids;
- krūšaugsstuma caurmērs;
- vieta stumbrā;
- apaļo kokmateriālu caurmērs.

Atvieglot un vienkāršot datu turpmāko apstrādi un analīzi, visi koki sadalīti krūšaugsstuma caurmēra pakāpēs – koku resnuma gradācijās ar 4 cm soli. Jebkurā caurmēra pakāpē iekļauti koki, kuru caurmērs ir $\pm 1/2$ no caurmēra pakāpes lieluma (4 cm caurmēra pakāpe – no 2,0 līdz 5,9 cm; 8 cm caurmēra pakāpe – no 6,0 līdz 9,9 cm utt.).

Katrai krūšaugsstuma caurmēra pakāpei noteikti sekojoši raksturlielumi stumbra garumā:

- caurmērs ar mizu;
- faktiskais mizas dubultbiezums;
- mizas dubultbiezums pēc ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem apses lineārās funkcijas koeficientiem;
- koksnes īpatsvara koeficients.

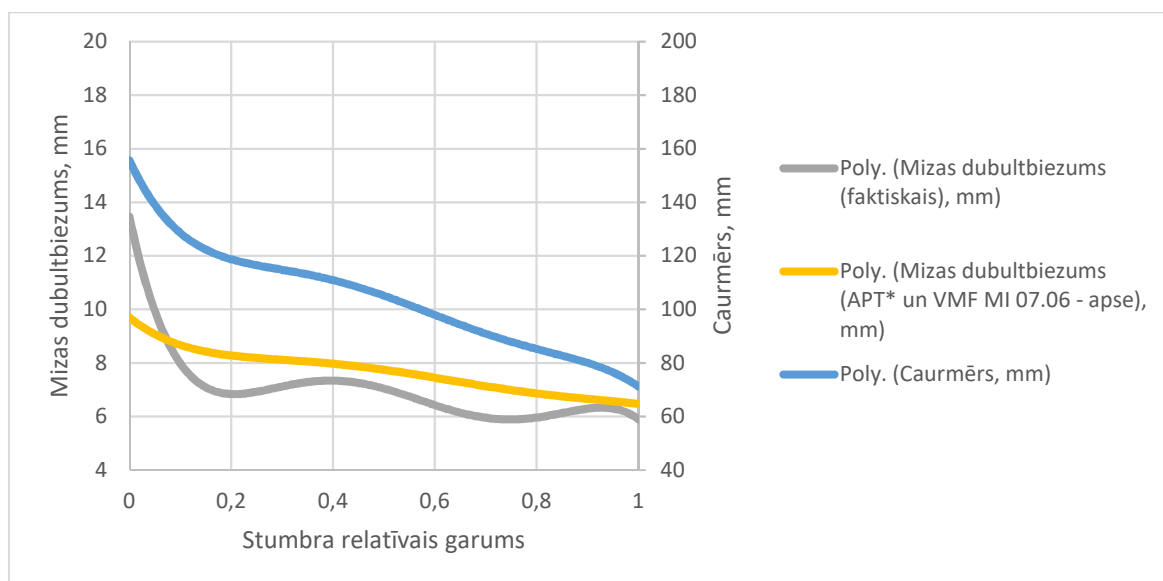
3.1. Bērza faktiskā mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā

Veicot caurmēra un mizas biezuma mērījumus parauglaukumos (cirsnās) sagatavotiem bērza stumbru nogriežņiem, ievērtēts cirtes veids (krājas kopšanas cirte vai galvenā cirte) un bonitātes klase. Šie minētie faktori ievērtēti arī turpmākajā analīzē.

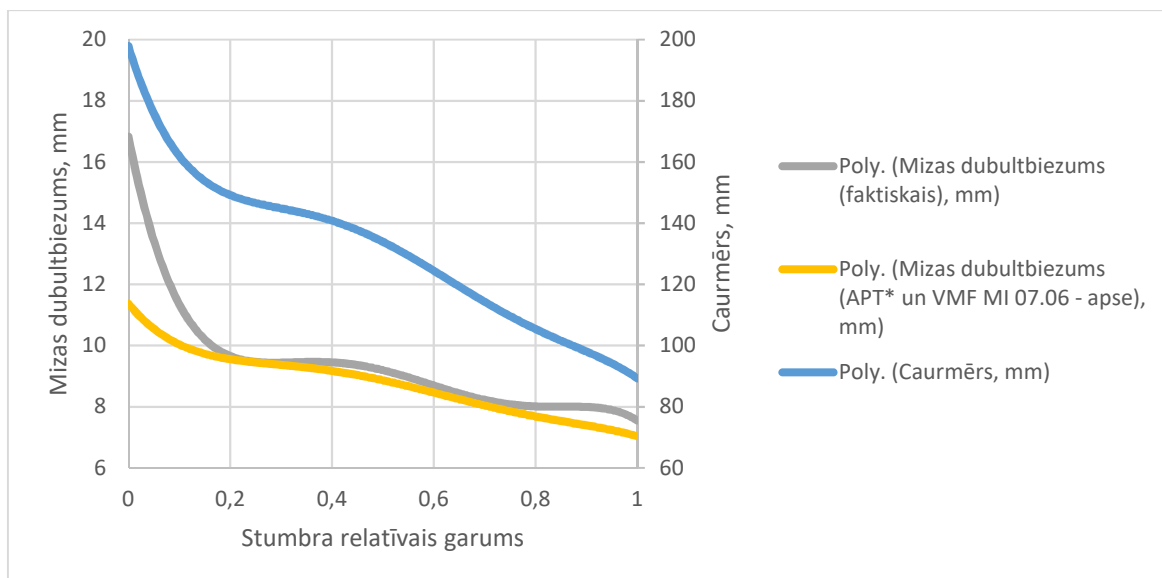
Bērza mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficienti ATP* failā sakrīt ar VMF MI 07.06 instrukcijas apses lineārās funkcijas koeficientiem, tādēļ turpmākā datu analīze tie ir salikti kopā.

No 3.1. attēla līdz 3.9. attēlam apkopots faktiskais un pēc lineārās funkcijas koeficientiem aprēķinātais bērza mizas dubultbiezums un tā izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, var novērot tā strauju samazināšanos no stumbra resgaļa līdz 20 % no stumbra relatīvā garuma, tālāk līdz 40 % novērojams nebūtisks mizas dubultbiezuma palielinājums, bet tālāk seko pakāpenisks samazinājums stumbra galotnes virzienā.

Krājas kopšanas cirtēs sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 3.1. un 3.2. att.), izmantojot ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, 12 cm caurmēra pakāpē tiek aprēķināts vidēji par 1 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski. Savukārt 16 cm caurmēra pakāpē, nevērtējot pirmo metru, mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 1 mm (vidēji 0,3 mm).

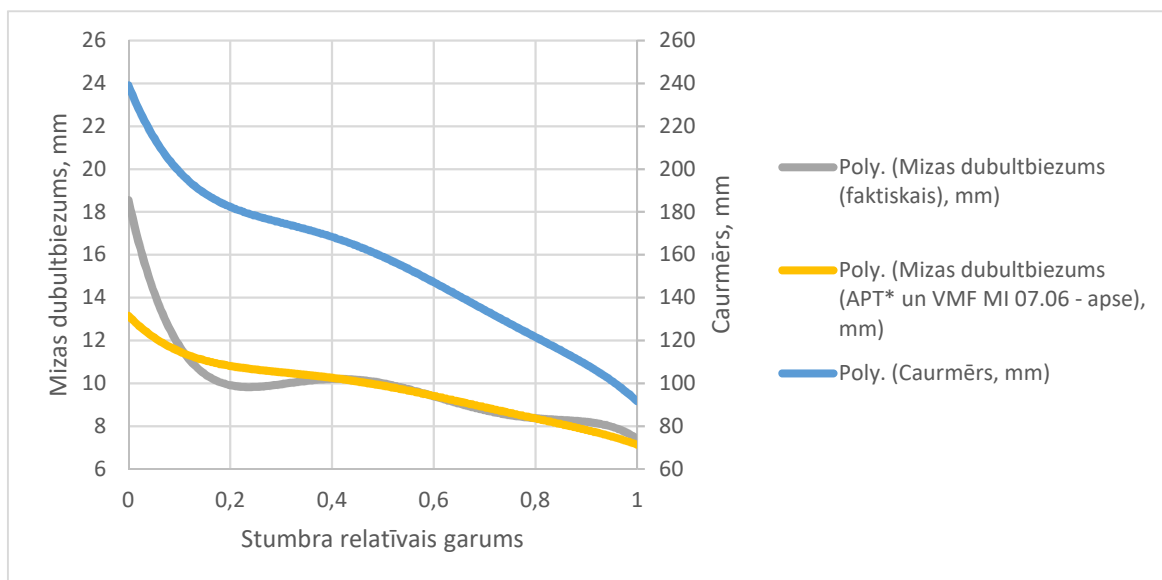


3.1. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 12 cm caurmēra pakāpē.

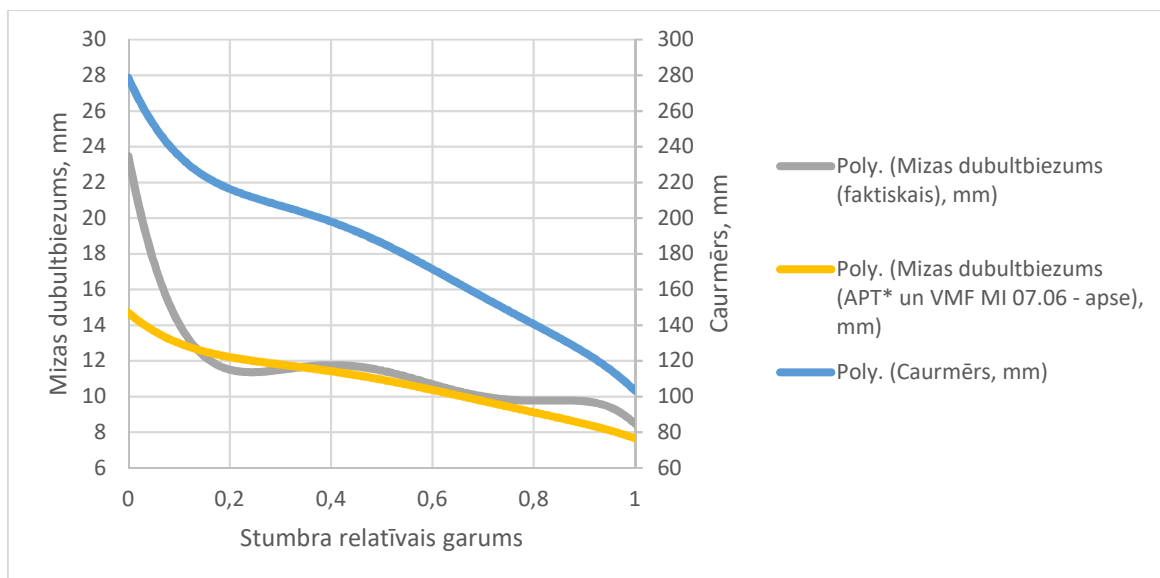


3.2. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 16 cm caurmēra pakāpē.

Zemākās bonitātes mežaudzēs (III bonitātes klase) galvenajā cirtē no 20 un 24 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes sagatavotiem bērza stumbra nogriežņiem (skat. 3.3. un 3.4. att.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot pirmo nogriezni (3 m), mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 1 mm. Pirmajam nogrieznim novērojama ievērojami biezāka miza, salīdzinot ar to kas tiek aprēķināta pēc APT* faila un VMF MI 07.06 instrukcijas lineārās funkcijas. Starpība resgaļa nogriežņiem svārstās robežās no 8 mm resgalī līdz 0 mm tievgalī.

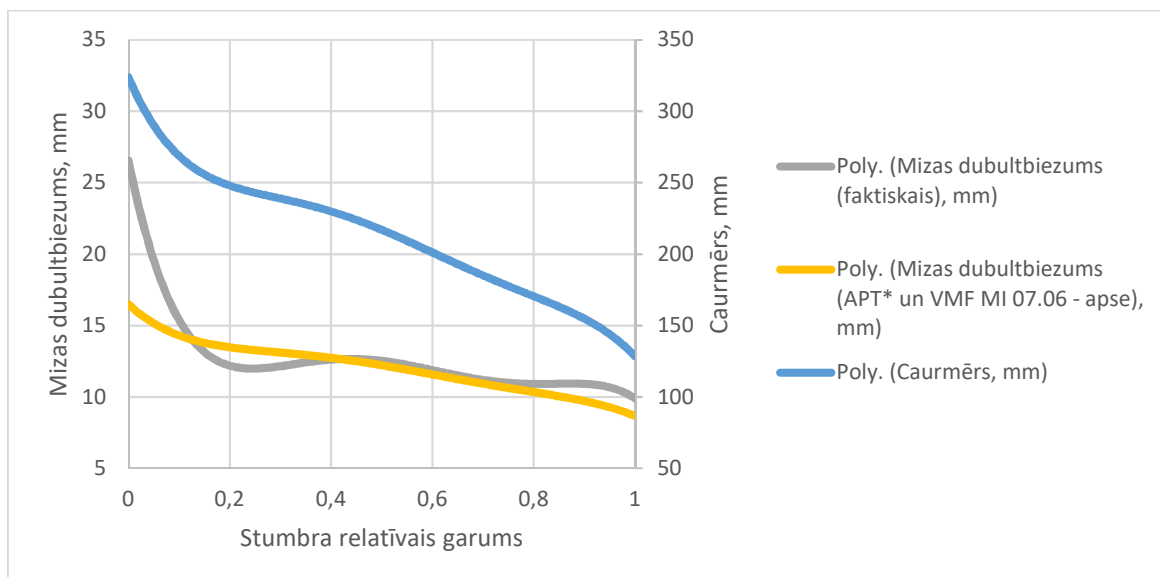


3.3. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 20 cm caurmēra pakāpē.

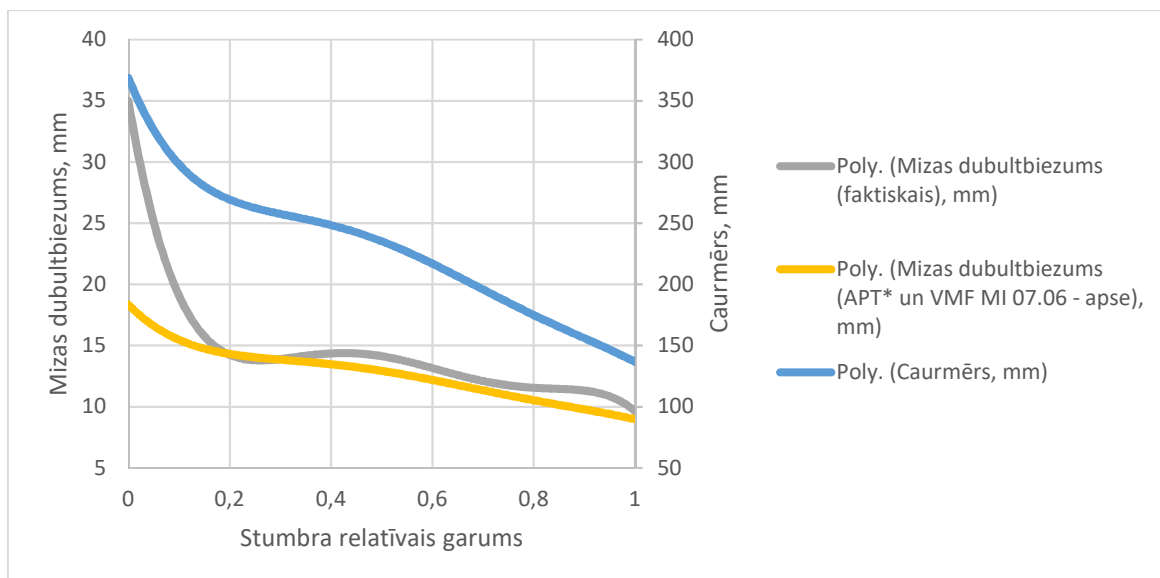


3.4. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 24 cm caurmēra pakāpē.

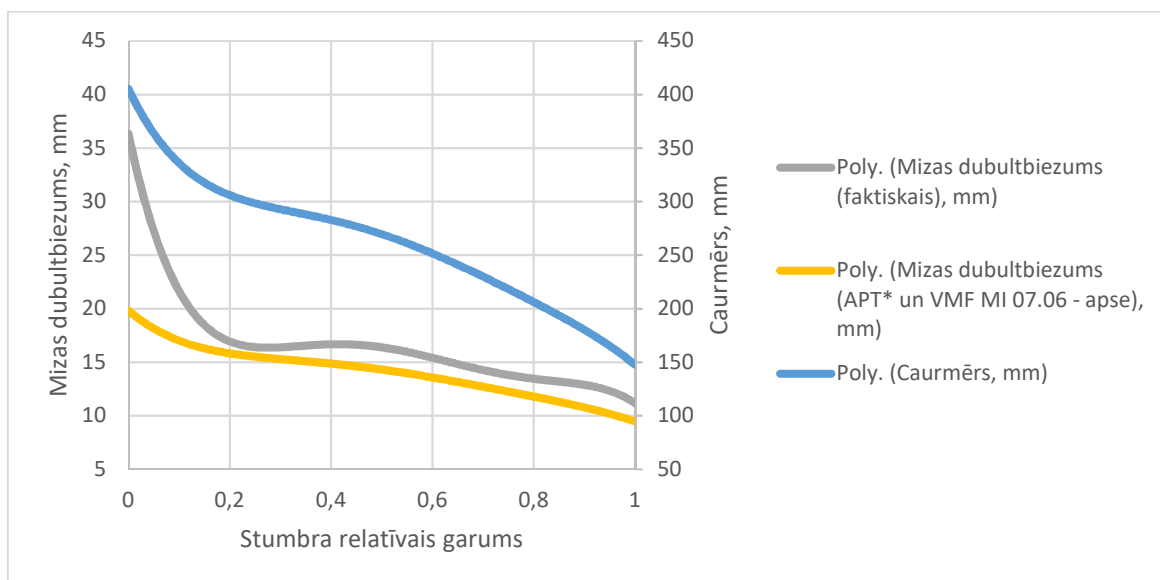
Mežaudzēs ar I un II bonitāti galvenajā cirtē no 28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 3.5. – 3.7. att.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot pirmo nogriezni (3 m), mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko sasniedz 1 – 2 mm. Arī šajā gadījumā pirmajam nogriežnim novērojama ievērojama biežāka miza, salīdzinot ar to kas tiek aprēķināta pēc APT* faila un VMF MI 07.06 instrukcijas lineārās funkcijas. Starpība resgaļā nogriežņiem svārstās robežās no 17 mm resgalī līdz 2 mm tievgalī.



3.5. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 28 cm caurmēra pakāpē.

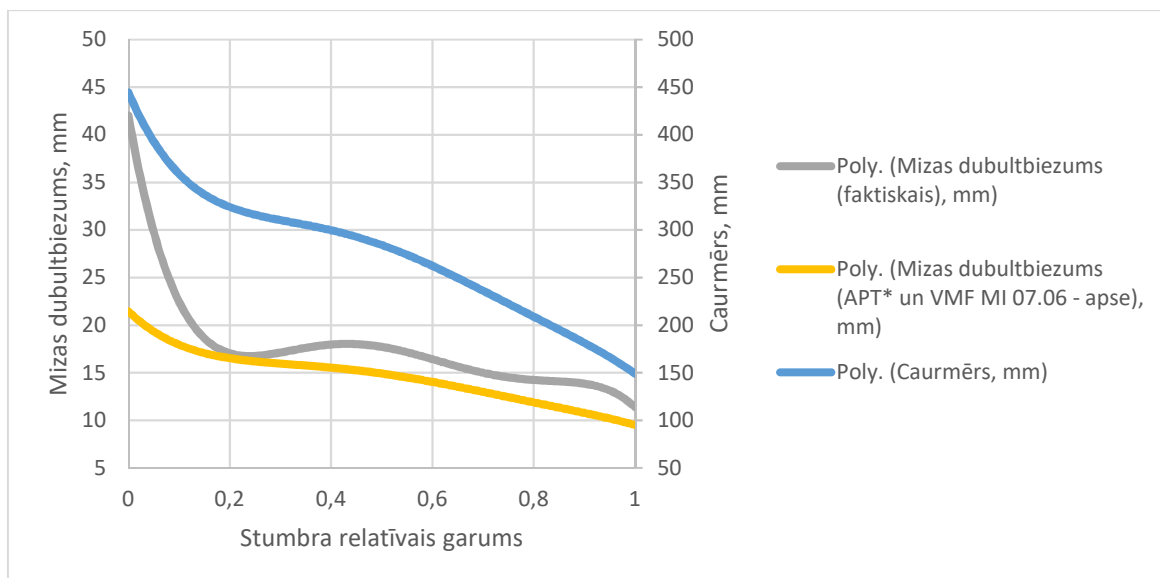


3.6. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 32 cm caurmēra pakāpē.

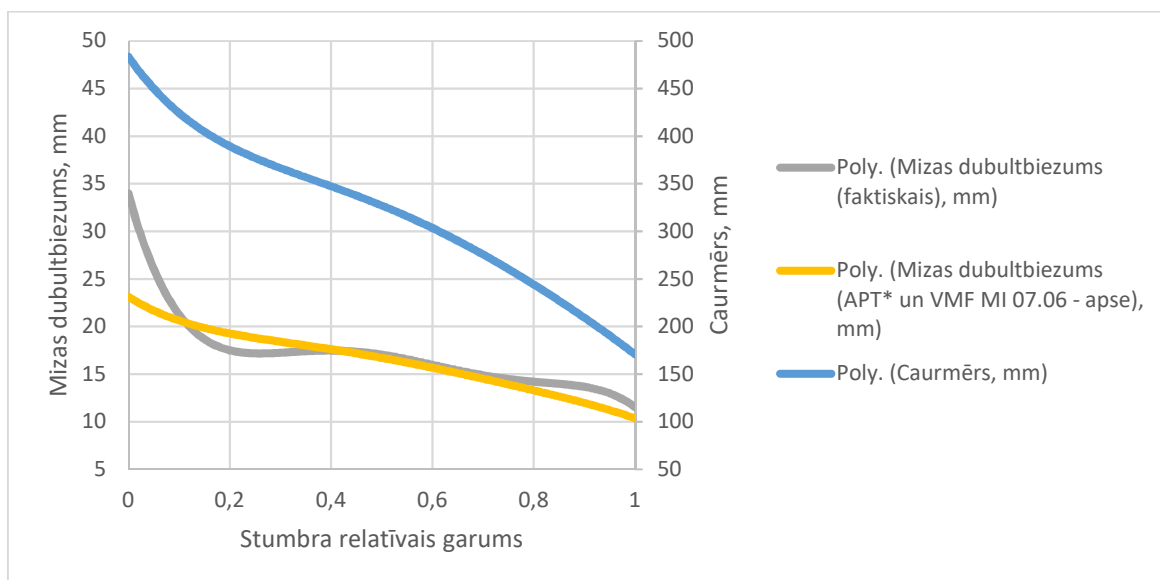


3.7. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 36 cm caurmēra pakāpē.

Veicot datu ievākšanu galvenā cirtē uzmanība tika pievērsta arī lielāku dimensiju koku stumbriem (40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes) mežaudzēs ar I bonitāti. Šo koku stumbru nogriežņiem (skat. 3.8. un 3.9. att.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot pirmo nogriezni (3 m), mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko sasniedz 0 – 3 mm. Arī lielāku dimensiju koku stumbriem pirmajam nogriežnim novērojama ievērojami biezāka miza, salīdzinot ar to kas tiek aprēķināta pēc APT* faila un VMF MI 07.06 instrukcijas lineārās funkcijas. Starpība svārstās robežās no 21 mm resgalī līdz 3 mm tievgalī.



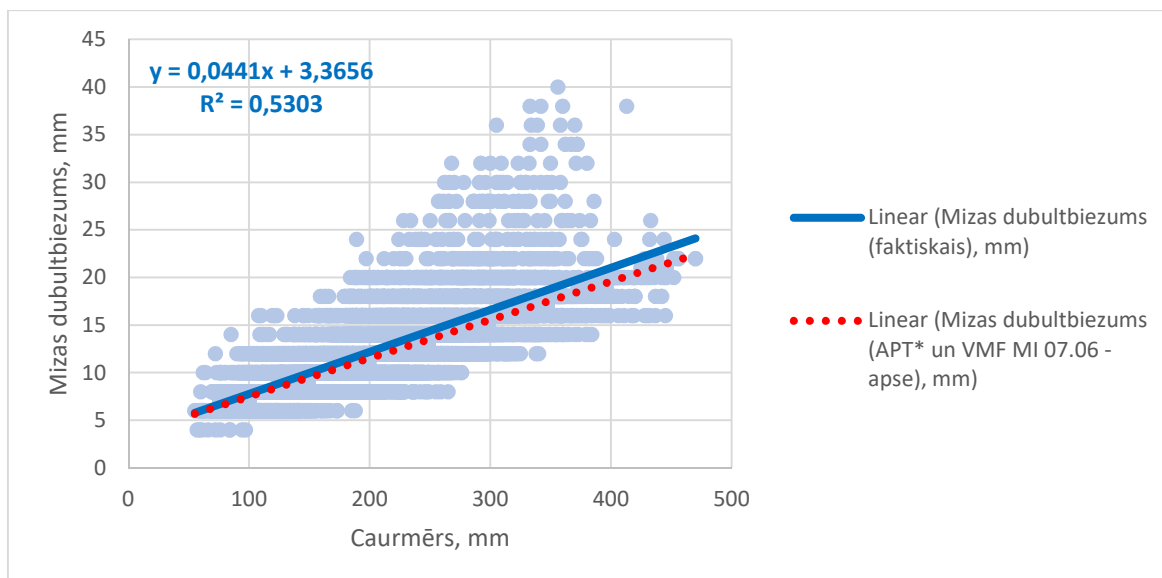
3.8. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 40 cm caurmēra pakāpē.



3.9. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 44 cm caurmēra pakāpē.

Pašreiz veicot mežizstrādi ar harvesteru bērza apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums aprēķina pēc ATP* failā norādīto lineāro funkciju, kuras koeficienti sakrīt VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem apses lineārās funkcijas koeficientiem (skat. 2.3. tab.).

Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kociem vislielākās atšķirības var novērot stumbra resgalī pirmajam nogriežnim starp faktisko un pēc lineārās funkcijas aprēķināto mizas dubultbiezumu. Stumbra resgaļa nogriežņiem tievgalī atšķirības nepārsniedz 3 mm, bet resgalī sasniedz 21 mm. Šī starpība ir aktuāla vietās, kur apaļo kokmateriālu uzmērīšanā tiek izmantota sekciju tipa uzmērīšana. Bez atšķirībām resgaļa sortimentiem novērojamas arī mizas dubultbiezuma atšķirības pārējā stumbra daļā (līdz 3 mm). Lai risinātu šo novirzi nepieciešams pārskatīt lineārās funkcijas koeficientus (skat. 3.10. att.)



3.10. att. Bērza mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

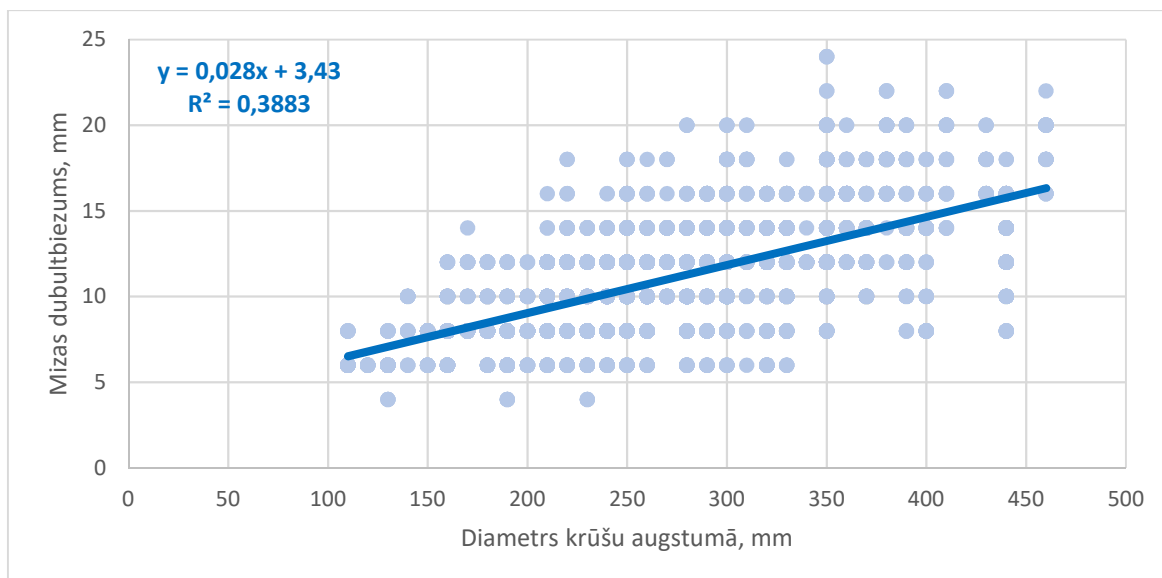
Kā redzams no 3.10. attēla, mizas dubultbiezuma starpība palielinās, palielinoties caurmēram. Tievajiem sortimentiem mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas sakrīt ar APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto funkciju prognozētiem, bet resnākiem sortimentiem pēc projektā iegūtās funkcijas ir lielāks par 2 mm.

Lai risinātu mizas dubultbiezuma novērtēšanas problēmas ar resgaļa sortimentiem, iespējams izmantot koeficientus mizas dubultbiezuma palielināšanai. Resgaļa sortimentiem ar kreves mizu virs 2/3 no sortimenta garuma iegūtais mizas dubultbiezums pēc lineārās funkcijas jāpareizina ar 1,5, bet resgaļa sortimentiem ar izteiktu kreves mizu visa sortimenta garumā iegūtais mizas dubultbiezums pēc lineārās funkcijas jāpareizina ar 2. Šādu paņēmieni iespējams īstenot pārstrādes vietās ar automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, bet ne mežizstrādē ar harvesteriem.

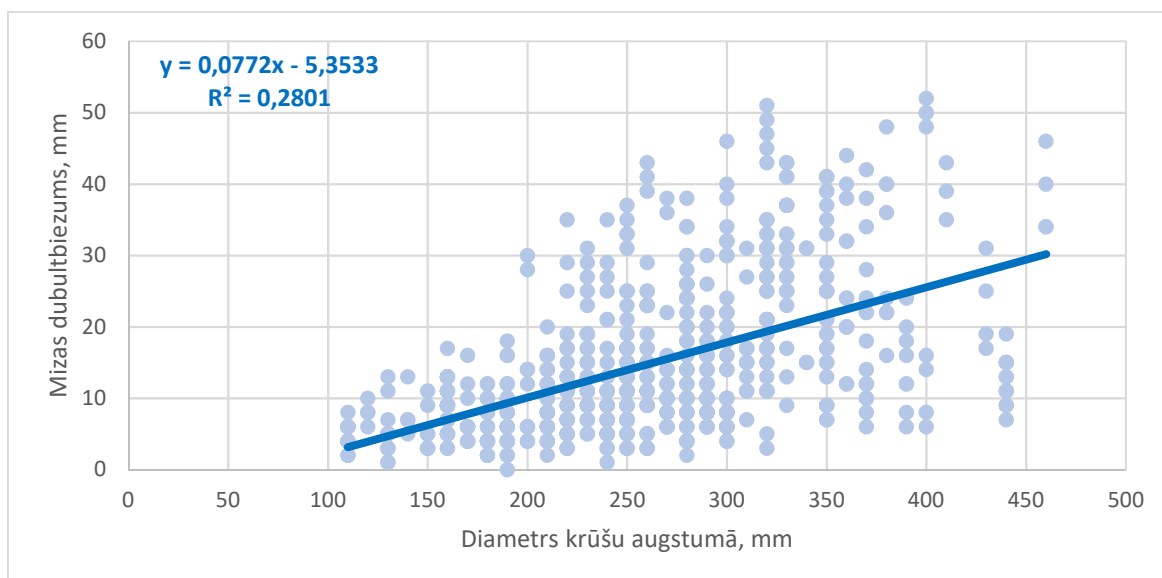
Tamdēļ šī projekta ietvaros tiek sagatavots mizas redukcijas algoritms harvesteram, lai optimāli veiktu mizas dubultbiezuma aprēķinu. Algoritmā kā ietekmējošie faktori tiek ietverti koka krūšaugstuma caurmērs un attālums no stumbra resgaļa.

Lai sagatavotu šādu mizas dubultbiezuma aprēķina algoritmu, vispirms jānovērtē mizas bāzes (pamata) dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma caurmēra un mizas dubultbiezuma svārstību amplitūda stumbra resgalī atkarībā no krūšaugstuma caurmēra (skat. 3.11. un 3.12 att.).

Šajā gadījumā mizas bāzes (pamata) dubultbiezums palielinās, palielinoties koka stumbra krūšaugstuma caurmēram. Līdzīga izmaiņu tendence novērojama arī mizas dubultbiezuma svārstību amplitūdai stumbra resgalī.



3.11. att. Bērza mizas dubultbiezuma bāzes (pamata) biežuma izmaiņas atkarībā no krūšaugsstuma caurmēra.



3.12. att. Bērza mizas dubultbiezuma svārstību amplitūda stumbra resgalī atkarībā no krūšaugsstuma caurmēra.

Izmatojot 3.11. un 3.12. attēlā attēlotās lineārās funkcijas tiek izveidots matemātisks algoritms bērza mizas dubultbiezuma novērtēšanai harvesteros. Šāds algoritms spēj objektīvāk raksturot kreves mizas dubultbiezumu stumbra resgalī (skat. 3.1. formulu).

$$MDB = 0,028 * D_{KA} + 3,43 + \frac{0,0772 * D_{KA} - 5,3533}{1,58^{(h * 0,01)}}, \quad (3.1.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{KA} – koka diametrs krūšu augstumā, mm;

h – attālums no stumbra resgaļa, cm.

Izmantojot šobrīd praksē izmantoto lineārās funkcijas mizas redukcijas algoritmu un projekta ietvaros uz šo brīdi sagatavotos matemātiskos algoritmus, novērtēta mizas redukcijas algoritma ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 3.2. tab.). Novērtējot mizas dubultbiezuma redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums tiek aprēķināts atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

3.2. tabula

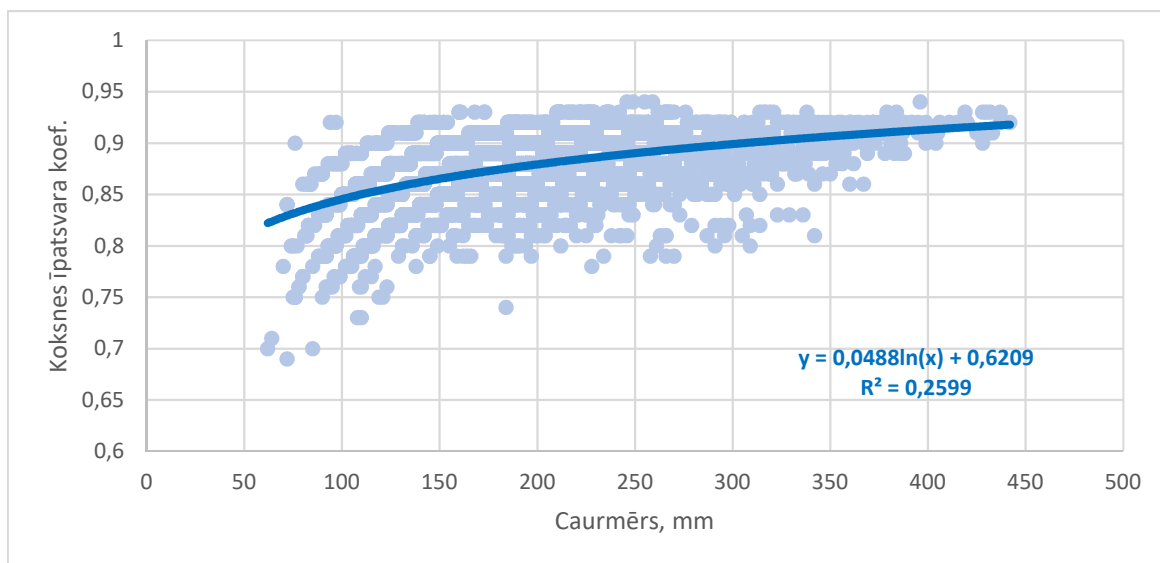
Tilpuma novirze pēc bērza mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze, %		
	APT* faila un VMF MI 07.06	P8_Bērzs_AUI	P8_Bērzs_HARV
12	-1,4	-2,0	-1,2
16	1,0	0,3	0,3
20	0,3	-0,5	-0,7
24	0,9	0,4	0,0
28	0,8	0,0	-0,5
32	1,9	1,1	0,1
36	2,4	1,7	0,7
40	2,7	1,9	0,5
44	0,4	-0,4	-1,1

Izvērtējot mizas redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, lielākās novirzes var novērot koku stumbriem ar krūšaugstuma caurmēra pakāpi 32, 36 un 40 cm, izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto funkciju un projekta ietvaros sagatavoto funkciju automatizētām uzmērīšanas ierīcēm (P8_Bērzs_AUI). Šajā gadījumā tilpuma novirzes skaidrojamas ar to, ka neatbilstošs mizas dubultbiezums tiek aprēķināts stumbra pirmajiem nogriežņiem. Šo novirzi iespējams novērst izmantojot mizas īpatsvara palielinājuma koeficientus veicot uzmērīšanu pārstrādes vietās. Šādu risinājumu nav iespējams īstenot sagatavojot bērza apaļos kokmateriālus ar harvesteru, tamdēļ projekta ietvaros tika sagatavots matemātisks algoritms mizas dubultbiezuma novērtēšanai (P8_Bērzs_HARV). Ar harvesteram paredzēto matemātisko algoritmu mizas dubultbiezuma novērtēšanai tilpuma novirze krūšaugstuma caurmēra pakāpju intervālā no 16 līdz 40 cm svārstās robežās no -0,7 līdz 0,7 %. Tikai krūšaugstuma caurmēra pakāpēs 12 un 44 cm tilpuma novirze pārsniedz 1 %.

3.2. Bērza koksnes īpatsvara koeficienta izvērtējums

Bez mizas dubultbiezuma bērza sortimentiem (finierklučiem) tiek izmantots arī koksnes īpatsvara koeficients, kuru izmanto, lai iegūtu apaļo kokmateriālu tilpumu bez mizas. Veicot bērza koksnes īpatsvara izmaiņu analīzi, tika izmantoti bērza stumbra nogriežņi no galvenās cirtes. Šajā analīzē nav iekļauti pirmie stumbra nogriežņi, lai iegūtu logaritmisku funkciju koksnes īpatsvara izmaiņu raksturošanai atkarībā no caurmēra. Vērtējot faktiskās bērza koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas atkarībā no caurmēra, var novērot, tā pakāpenisku palielināšanos palielinoties caurmēram (skat. 3.13. att.).



3.13. att. Bērza koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Izvērtējot bērza koksnes īpatsvara izmaiņas stumbra garumā, sagatavota jauna koksnes īpatsvara tabula bērza apaļiem kokmateriāliem, kurā norādīti vidējie koksnes īpatsvara koeficienti astoņiem caurmēra intervāliem (skat. 3.3. tab.). Mizas tilpums atkarībā no caurmēra svārstās robežās no 15 % (100 - 119 mm) līdz 8 % (420 mm un resnāki).

3.3. tabula

Projekta ietvaros sagatavotie koksnes īpatsvara koeficienti bērza finierklučiem.

Caurmērs, mm	Koksnes īpatsvara koeficients	Mizas tilpums, % *
100 - 119	0,85	15
120 - 149	0,86	14
150 - 189	0,87	13
190 - 229	0,88	12
230 - 279	0,89	11
280 - 339	0,90	10
340 - 419	0,91	9
420 -	0,92	8

*resgaļa sortimentiem ar kreves mizu virs 2/3 no sortimenta garuma mizas apjoms jāpareizina ar 1,5, bet resgaļa sortimentiem ar izteiktu kreves mizu visa sortimenta garumā mizas apjoms jāpareizina ar 2.

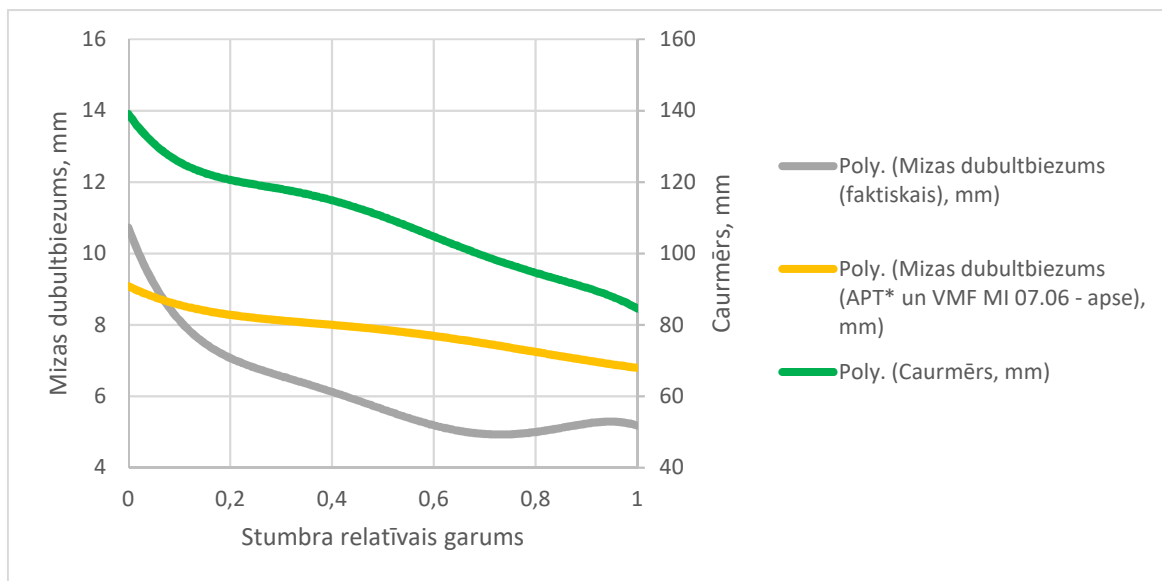
3.3. Apses faktiskā mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā

Veicot analīzi apses faktiskā mizas dubultbiezuma izmaiņām stumbra garumā ievērtēts cirtes veids (krājas kopšanas cirte vai galvenā cirte). Bonitātes klase šajā gadījumā netiks ievērtēta, jo apšu parauglaukumi (cirsma) ir izvietoti I un II bonitātes mežaudzēs.

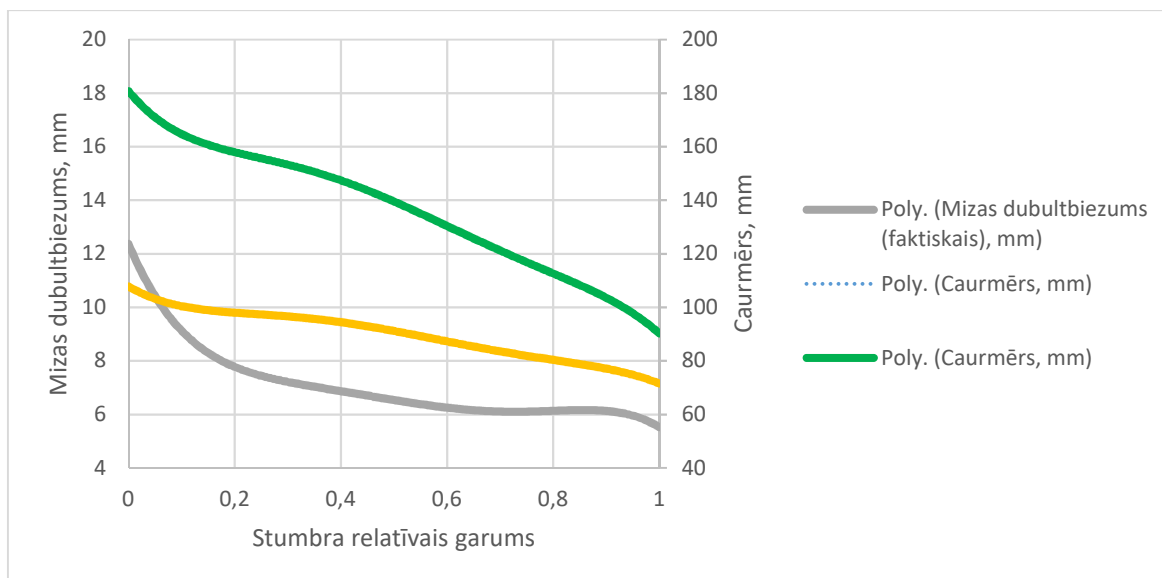
Apses mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficienti ATP* failā sakrīt ar VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem, tādēļ turpmākā datu analīze tie ir salikti kopā.

No 3.14. attēla līdz 3.23. attēlam apkopots faktiskais un pēc lineārās funkcijas koeficientiem aprēķinātais apses mizas dubultbiezums un tā izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, var novērot tā strauju samazināšanos no stumbra resgaļa līdz 20 % no stumbra relatīvā garuma, tālāk seko pakāpenisks samazinājums stumbra galotnes virzienā.

Krājas kopšanas cirtēs sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 3.14. un 3.15. att.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, 12 un 16 cm caurmēra pakāpē tiek aprēķināts vidēji par 2 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski.

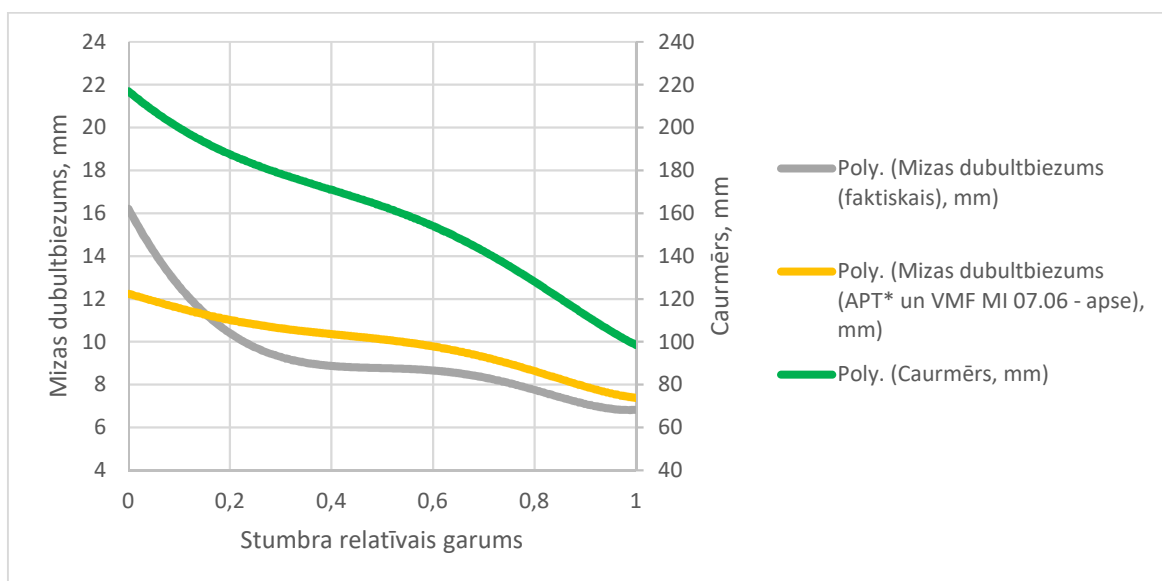


3.14. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 12 cm caurmēra pakāpē.

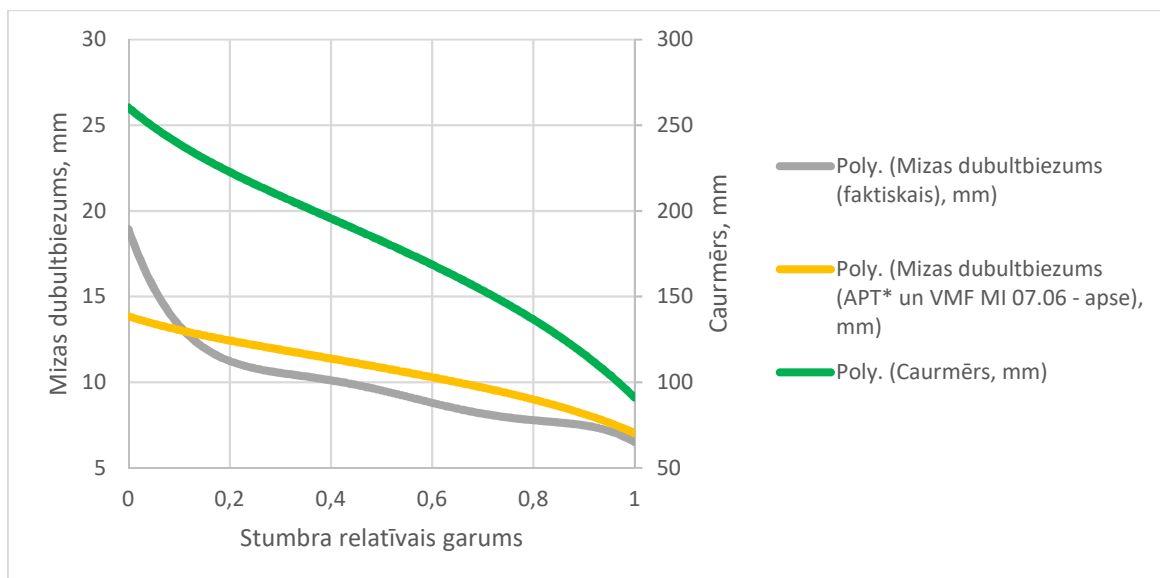


3.15. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 16 cm caurmēra pakāpē.

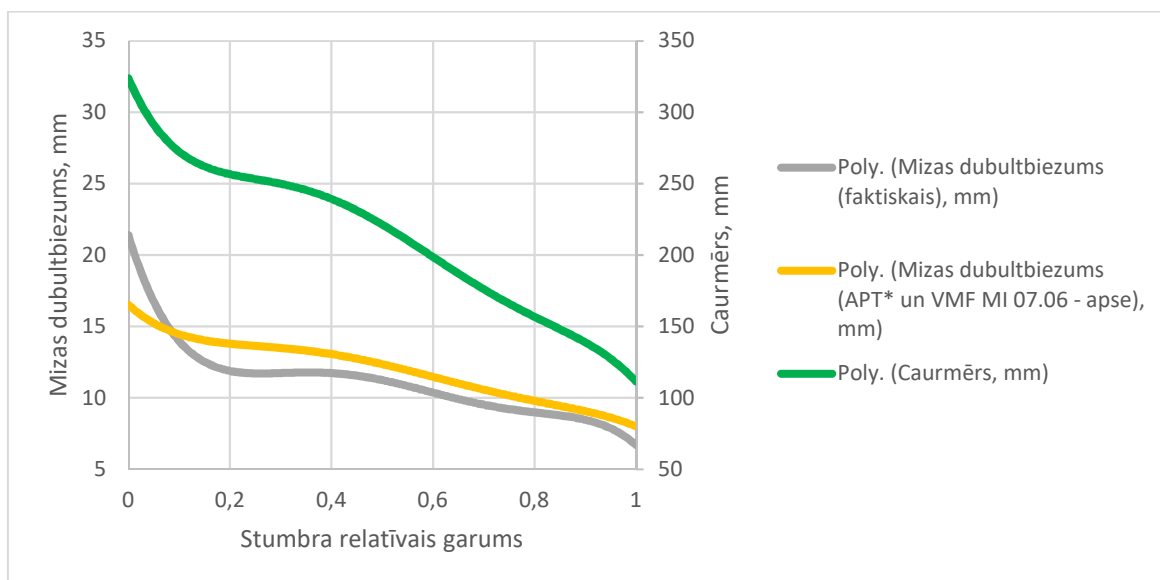
Apšu mežaudzēs ar I un II bonitāti galvenajā cirtē sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 3.16. – 3.19. att.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, 20, 24, 28 un 32 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs, nevērtējot pirmo nogriezni (3 m), mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko sasniedz 1 – 2 mm.



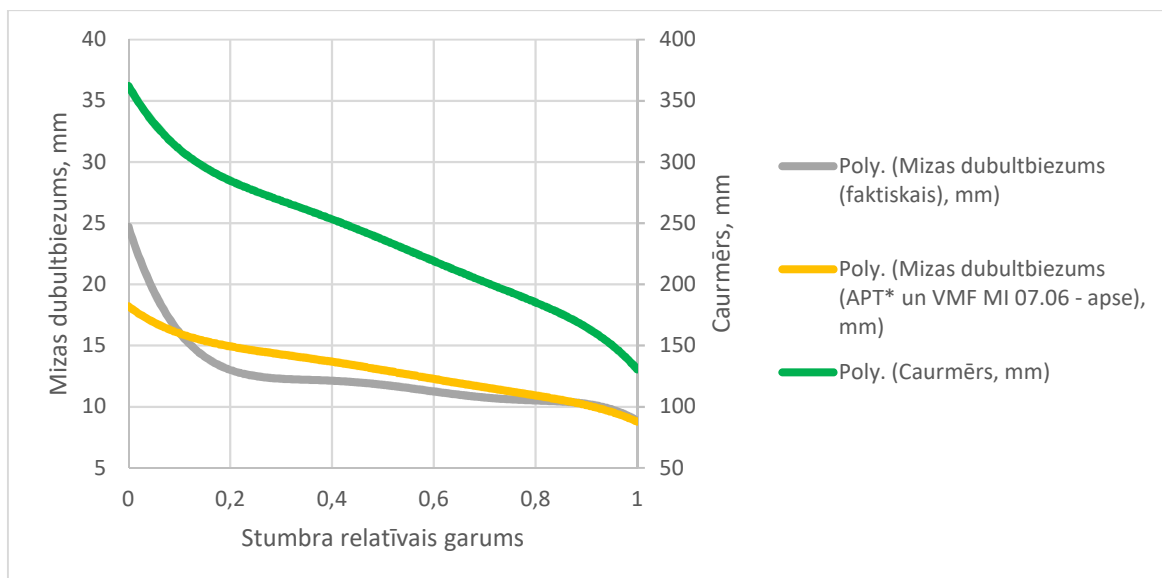
3.16. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 20 cm caurmēra pakāpē.



3.17. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 24 cm caurmēra pakāpē.

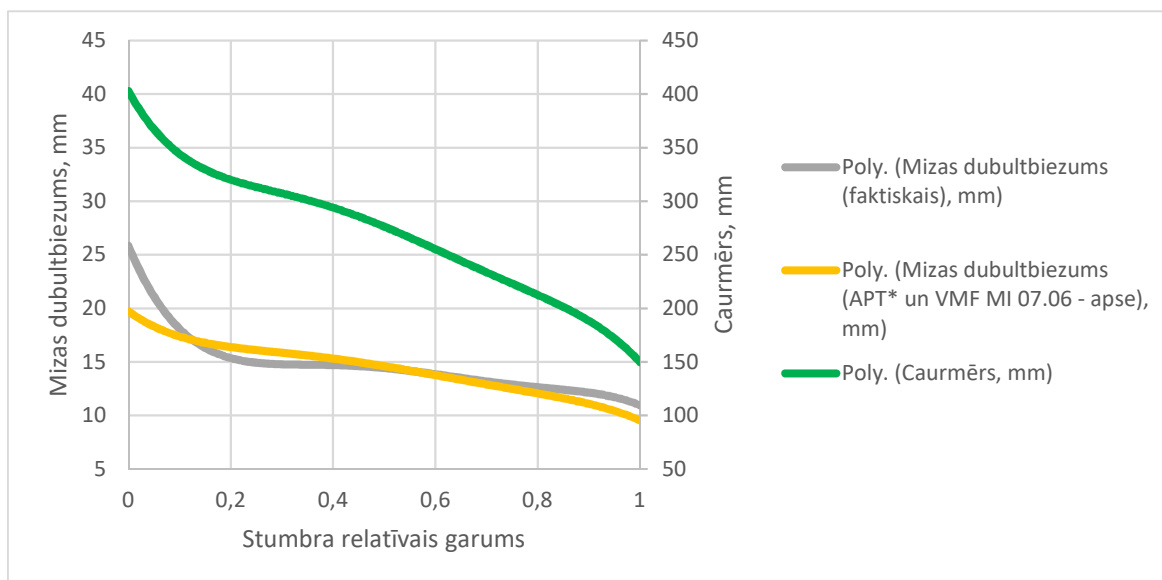


3.18. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 28 cm caurmēra pakāpē.

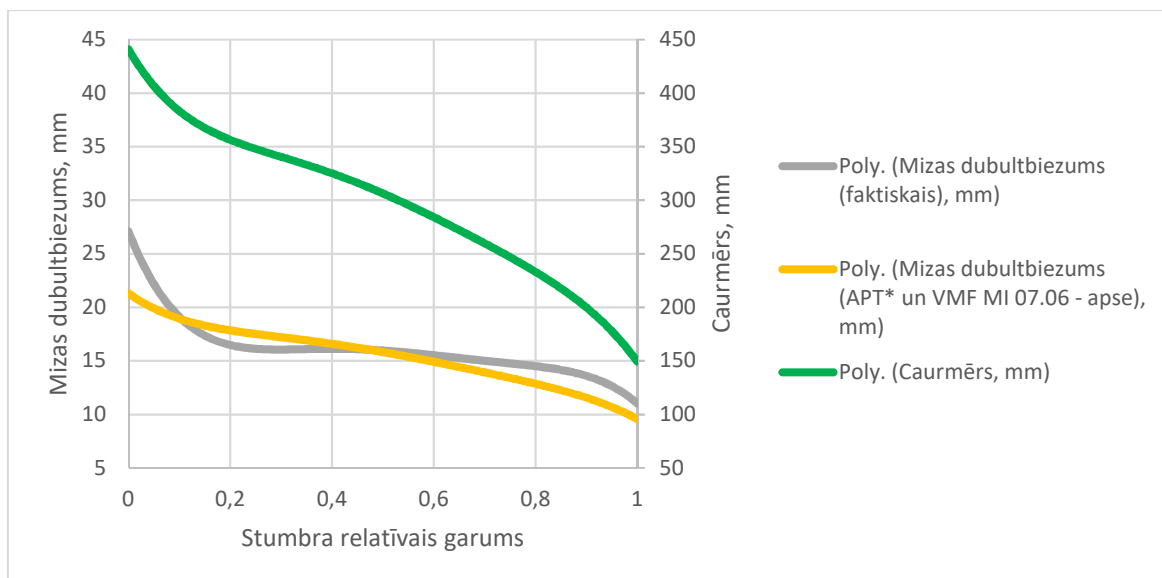


3.19. att. Vidējā bērza stumbra raksturlielumi 32 cm caurmēra pakāpē.

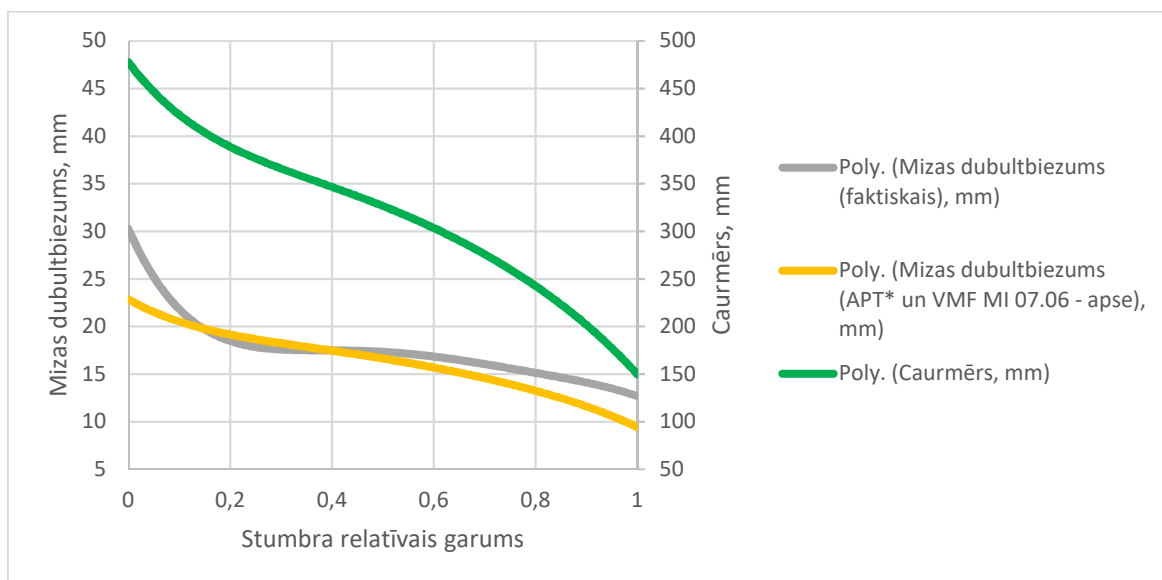
Veicot datu ievākšanu galvenā cirtē uzmanība tika pievērsta arī lielāku dimensiju apšu stumbriem mežaudzē (36, 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpē). Šo koku stumbru nogriežņiem (skat. 3.20. – 3.22. att.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot pirmo nogriezni (3 m), mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko vidēji nepārsniedz 1 mm. Šajā gadījumā stumbra galotnes daļā novērojama tendence palielinoties krūšaugstuma caurmēra pakāpei no 36 līdz 44 cm mizas dubultbiezuma starpība palielinās no 1 līdz 3 mm.



3.20. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 36 cm caurmēra pakāpē.



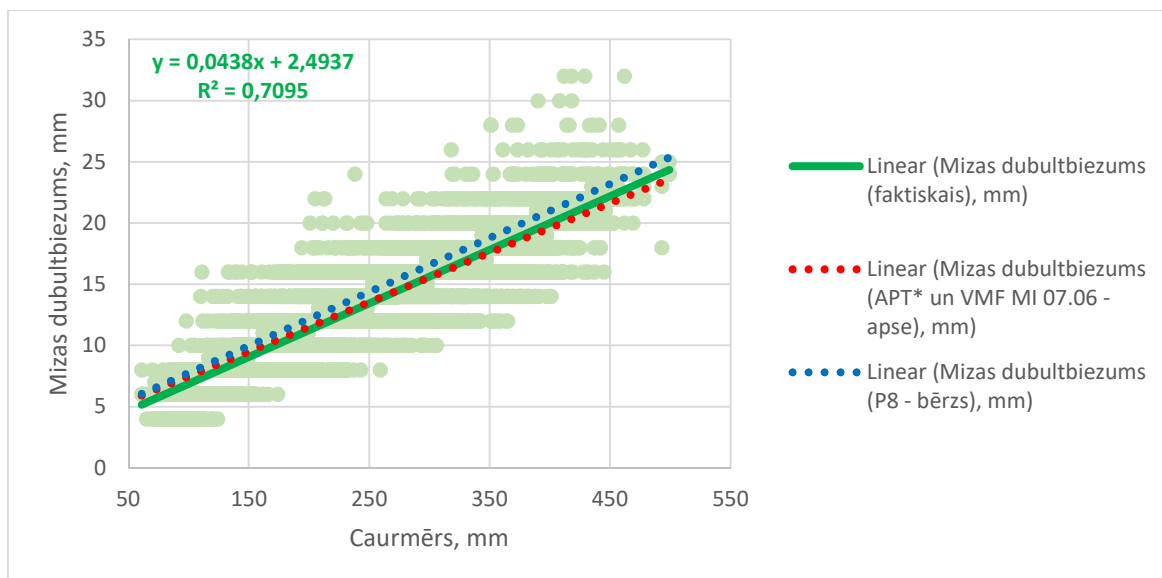
3.21. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 40 cm caurmēra pakāpē.



3.22. att. Vidējā apses stumbra raksturlielumi 44 cm caurmēra pakāpē.

Pašreiz veicot mežizstrādi ar harvesteru apses apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezumu aprēķina pēc ATP* failā norādītās lineārās funkcijas, kuras koeficienti sakrīt VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem apses lineārās funkcijas koeficientiem (skat. 2.3. tab.). Šo funkciju izmanto arī pārstrādes vietās apses apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma novērtēšanai, jo šajā gadījumā mizas dubultbiezums mainās atkarībā no kokmateriālu caurmēra.

Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kociem starpība starp faktisko un pēc līdz šim lietotās lineārās funkcijas aprēķināto var sasniegt 3 mm. Lai risinātu šo novirzi nepieciešams pārskatīt lineārās funkcijas koeficientus (skat. 3.23. att.)



3.23. att. Apses mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Kā redzams no 3.23. attēla, mizas dubultbiezuma starpība izmainās, palielinoties caurmēram. Tievajiem sortimentiem mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas ir par 1 mm mazāks salīdzinot ar APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto funkciju, bet resnākiem sortimentiem lielāks par 1 mm. Šajā gadījumā vērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no apaļo kokmateriāla caurmēra, nav novērojamas būtiskas atšķirības starp esošo lineāro funkciju un jaunizveidoto. Apses apaļiem kokmateriāliem izmantojot projekta ietvaros sagatavoto bērza mizas dubultbiezuma aprēķina algoritmu automatizētām uzmērīšanas ierīcēm var novērot tendenci ka tiek aprēķināts par 1 – 2 mm lielāks mizas dubultbiezums.

Izmantojot šobrīd praksē izmantoto lineārās funkcijas mizas redukcijas algoritmu un projekta ietvaros uz šo brīdi sagatavotos matemātiskos algoritmus, tiek novērtēta mizas redukcijas algoritma ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 3.4. tab.).

3.4. tabula

Tilpuma novirze pēc apses mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze, %		
	APT* fails un VMF MI 07.06	P8_Bērzs_AUI	P8_Apse_AUI_HARV
12	-3,2	-3,8	-2,1
16	-2,6	-3,3	-1,9
20	-0,4	-1	0,1
24	-0,7	-1,3	-0,3
28	-0,7	-1,4	-0,5
32	-0,4	-1,1	-0,3
36	0,3	-0,3	0,3
40	0,3	-0,5	0,2
44	0,7	0	0,7

Izvērtējot mizas redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, lielākās novirzes var novērot koku stumbriem ar krūšaugstuma caurmēra pakāpi 12 un 16 cm. Šajā gadījumā tilpuma novirzes skaidrojamas ar to ka neatbilstošs (lielāks) mizas dubultbiezums, tiek norēķināts koka stumbra nogriežņiem, kas sagatavoti krājas kopšanas cirtēs.

Ar jaunizveidoto funkciju (P8_Apse_AUI_HARV) ir iespējams uzlabot tilpuma noteikšanas precizitāti kokmateriāliem, kas sagatavoti krājas kopšanas cirtē. Uz stumbra nogriežņiem, kas sagatavoti galvenajā cirtē nav novērojama būtiska ietekme.

Secinājumi

1. Lai iegūtu augstāku uzmērīšanas precizitāti bērza un apses apaļiem kokmateriāliem ar automatizētām uzmērīšanas ierīcēm pārstrādes vietās un harvesteriem mežā, ieteicams izmantot projekta ietvaros uz šo brīdi izstrādātās matemātiskās funkcijas mizas apjoma novērtēšanai.
2. Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas bērza stumbra garumā, dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem, vislielākās atšķirības var novērot stumbra resgalī pirmajiem nogriežņiem starp faktisko un pēc pašreiz pielietotās lineārās funkcijas aprēķināto mizas dubultbiezumu.
3. Izvērtējot bērza koksnes īpatsvara izmaiņas stumbra garumā, sagatavota jauna koksnes īpatsvara tabula bērza apaļiem kokmateriāliem, kurā norādīti vidējie koksnes īpatsvara koeficienti astoņiem caurmēra intervāliem. Mizas tilpums atkarībā no caurmēra svārstās robežas no 15 % (100 - 119 mm) līdz 8 % (420 mm un resnāki).
4. Lai risinātu mizas apjoma novērtēšanas problēmas ar bērza resgaļa sortimentiem, iespējams izmantot koeficientus mizas apjoma palielināšanai. Resgaļa sortimentiem ar kreves mizu virs $\frac{2}{3}$ no sortimenta garuma iegūtais mizas apjoms jāpareizina ar 1,5, bet resgaļa sortimentiem ar izteiktu kreves mizu visa sortimenta garumā iegūtais mizas apjoms jāpareizina ar 2.
5. Projekta ietvaros sagatavots bērza mizas redukcijas algoritms harvesteram, lai optimāli veiktu mizas dubultbiezuma aprēķinu apaļo kokmateriālu sagatavošanas laikā. Algoritmā kā ietekmējošie faktori mizas dubultbiezuma aprēķināšanā tiek ietverti koka krūšaugstuma caurmērs un attālums no stumbra resgaļa.
6. Ar jaunizveidoto lineāro funkciju apsei ir iespējams uzlabot tilpuma noteikšanas precizitāti kokmateriāliem, kas sagatavoti krājas kopšanas cirtē. Galvenajā cirtē sagatavotiem stumbra nogriežņiem nav būtiska ietekme.

Izmantoto informācijas avotu saraksts

1. Hannrup, B., 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport från Skogforsk nr 575, 2004, Uppsala
2. Introduction to StanForD 2010. Pieejams: <https://www.skogforsk.se/contentassets/1a68cdce4af1462ead048b7a5ef1cc06/stanford-2010-introduction-150826.pdf>
3. Kopšanas ciršu rokasgrāmata - Latvijas valsts meži. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicācijas/KC-rokasgramata.pdf
4. PROCEDŪRA Nr. VKP1/2018 "Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)". Pieejams: http://site-417100.mozfiles.com/files/417100/Procedura_Nr_VKP1_2018_LV_ar_izmainam_18_03_2020.pdf
5. Procedūras Nr. VKP1/2018 1. Pielikums. Pieejams: http://site-417100.mozfiles.com/files/417100/1_Pielikums_Procedurai_Nr_VKP1_2018-1.pdf
6. Standard for Forest Data and Communication Appendix: Definitions of variables - General and country specific. Pieejams: https://www.skogforsk.se/contentassets/b063db555a664ff8b515ce121f4a42d1/appendix1_eng_120418.pdf
7. Stumbra sagarumošanas (APT*) failu uzstādījumu standarts. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/Profesionaliemi/Me%C5%BEizstr%C4%81de/Pielikumi/lvm-apt-standarts_15.pdf
8. VMF MI 07.06 instrukcija. Mizas aprēķina sakarība pēc mizas tipa.