



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

ATSKAITE

PĒTNIECĪBAS PROJEKTAM

**AUTOMATIZĒTO UZMĒRĪŠANAS IERĪČU
UN HARVESTERA PROGRAMMATŪRĀ
IETVERTO MIZAS VIENĀDOJUMU IZPĒTE**

Projekta numurs: 1.2.1.1/18/A/004_P8

Atskaiti sagatavoja: Mareks Millers

2021. gada jūnijs

Saturs

Ievads	3
1. Apaļo kokmateriālu mizas biezuma novērtēšana mežā.....	4
2. Apaļo kokmateriālu mizas biezuma novērtēšana pārstrādes vietās	14
3. Mizas dubultbiezuma un tilpuma noteikšanas precizitātes novērtēšana	16
4. Priedes mizas dubultbiezuma analīze.....	20
4.1. Priedes mizas dubultbiezuma ietekmējošie faktori	20
4.2. Priedes mizas redukcijas algoritmu izvērtējums	26
4.3. Priedes mizas redukcijas algoritmu sagatavošana.....	31
4.4. Priedes mizas redukcijas algoritmu ietekme uz tilpuma novirzi.....	36
5. Egles mizas dubultbiezuma analīze.....	40
5.1. Egles mizas dubultbiezuma ietekmējošie faktori	40
5.2. Egles mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā.....	46
5.3. Egles mizas dubultbiezuma izvērtējums	50
6. Bērza mizas dubultbiezuma analīze	53
6.1. Bērza mizas dubultbiezuma ietekmējošie faktori.....	53
6.2. Bērzu mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā	59
6.3. Bērzu mizas redukcijas algoritmu izvērtējums	63
6.4. Bērza koksnes īpatsvara koeficienti	66
7. Apses mizas dubultbiezuma analīze.....	67
8. Baltalkšņa mizas dubultbiezuma analīze.....	72
9. Melnalkšņa, ozola un oša mizas dubultbiezuma analīze.....	75
Secinājumi un priekšlikumi.....	81
Izmantoto informācijas avotu saraksts	83
Pielikumi	84

Ievads

Apaļo kokmateriālu caurmēru 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 dubultbiezuma un tilpuma novērtēšanai. Mizas dubultbiezumu var aprēķināt ar dažādiem vienādojumiem kā funkciju no caurmēra ar mizu. Šādos gadījumos nepieciešams akurāti un precīzi uzņēmums faktiskais caurmērs ar mizu un atbilstošs mizas reducēšanas algoritms. Neprecīza caurmēra bez mizas prognozēšanas dēļ rodas kļūdas apaļo kokmateriālu tilpuma aprēķinos.

Viensatvēriena harvesteriem un automatizētām uzņēmšanas ierīcēm nepieciešami precīzi mizas dubultbiezuma 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 uzņēmšanas ierīcēs, tādēļ īstenots pētījuma projekts "Automatizēto uzņēmšanas ierīču un harvestera programmatūrā ietvertu mizas vienādojumu izpēte", kura mērķis ir izvērtēt esošos mizas reducēšanas algoritmus, novērtējot to ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, un izstrādāt nepieciešamās korekcijas. Tāpat projekta ietvaros izstrādātas jaunas matemātiskas funkcijas mizas dubultbiezuma novērtēšanai, kā rezultātā būs iespējams uzlabot apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitāti bez mizas.

Šajā atskaitē apskatīts plašāk izplatīto un komerciāli nozīmīgo koku sugu (priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis, ozols, osis) faktiskais mizas dubultbiezums, kā arī izvērtēti tā ietekmējošie faktori - apaļo kokmateriālu caurmērs, vieta stumbrā, krūšaugstuma caurmērs, cirtes veids, bonitātes klase, augšanas reģions.

Izmantojot pētniecības projektā ievāktos datus, ir izvērtēti faktiski izmatotie un teorētiski iespējamie mizas reducēšanas vienādojumi harvesteriem un automatizētām uzņēmšanas ierīcēm. Izstrādāti provizoriski iespējamie harvesteru un automatizēto uzņēmšanas ierīču mizas reducēšanas vienādojumi, kā arī pārstrādāti pašlaik izmantoto lineāro funkciju koeficienti, kas uzlabotu apaļo kokmateriālu šķirošanu un tilpuma noteikšanas precizitāti.

1. Apaļo kokmateriālu mizas biezuma novērtēšana mežā

Pētniecības projekta ietvaros galvenā uzmanība vērsta uz Latvijā komerciāli izmantojamām koku sugām – priede, egles, bērzs, melnalksnis, apse, baltalksnis, ozols un osis. Lai novērtu mizas dubultbiezuma mainību paredzēts izvērtēt sekojošus ietekmējošos faktorus:

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

Apaļo 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 dubultbiezums, tādēļ ņemot vērā vecuma ietekmi, parauglaukumi tiks izveidoti gan galvenās cirtes, gan starpcirtes audzēs.

Priedei, ierīkojot parauglaukumus, atsevišķi izdalīta 1. krājas kopšanas cirte, 2. krājas kopšanas cirte un galvenā cirte. Egles un bērzam izdalīta kopšanas cirte un galvenā cirte, bet melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim cirtes veids netiek izdalīts.

Pētījuma gaitā ir paredzēts noskaidrot, vai mizas dubultbiezuma rādītājus priedei, egles un bērzam ietekmē augšanas reģions. Lai novērtētu šī faktora būtiskumu Latvija sadalīta rietumu (Kurzeme un Zemgale) un austrumu (Vidzeme un Latgale) reģionos (skat. 1.1. att.). Izvēlētajiem reģioniem dati ievākti pēc vienmērīga izvietojuma principa visā Latvijas teritorijā. Iekārtojot parauglaukumus abās Latvijas daļās ar līdzīgiem augšanas apstākļiem, tiek nodrošināts pētījumu atkārtojums un reģionu ietekmes salīdzinājums. Melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim augšanas reģions netiek izdalīts.



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

Priedei atsevišķi papildus izdalīta arī piejūras zemiene. Piejūras zemiene ir dabas apgabals Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē. Zemiene 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 zemienu 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 fiziogēogrāfiskie rajoni (piejūras zemiene).

Lai novērtētu meža augšanas apstākļu ietekmi uz mizas dubultbiezuma rādītājiem, pēc VMD statistikas datiem 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 izvēlēti plašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi pēc Valsts meža dienesta 2018. gada statistikas. Izvēloties meža augšanas apstākļu tipus 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 dubultbiezuma rādītājus, viens no metodikas uzdevumiem ir noteikt vajadzīgo apaļo kokmateriālu skaitu no dažādām stumbra daļām, lai novērtētu mizas biežuma izmaiņas stumbra garumā gan starpcirtē, gan galvenajā cirtē. Pie atbilstoša mērījuma apjoma katrā parauglaukumā (cīsmā) un reģionā ir iespējams novērtēt esošos mizas dubultbiezuma vienādojumus un nepieciešamības gadījumā izstrādāt jaunus precīzākus mizas dubultbiezuma 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

$\infty(1,96)$;

$\Delta_{\bar{x}}$ - robežkļūda, %;

$s\%$ - variācijas koeficients:

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

kur:

s – standartnovirze mērītās vienībās;

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

Formulā robežkļūda nosaka, cik lielā mērā paraugkopas vidējais aritmētiskais \bar{x} drīkst atšķirties no ģenerālkopas aritmētiskā vidējā μ . Plānojot n , robežkļūdu 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) aktivitātes Nr.1 “Individuālo tilpuma noteikšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru izpēte”, 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 dubultbiezuma izkliedes rādītājiem (standartnovirze un variācijas koeficients), ir aprēķināts paraugkopas minimālais apjoms vienā cīsmā, ievērtējot koku sugu, cirtes veidu, vietu stumbrā un iespējami pieļaujamo robežkļūdu (skat. 1.3. tab.). Šajā gadījumā pētījuma pasūtītāja noteiktā robežkļūda ir 10 – 15 % (uz mizas dubultbiezumu 10 mm pieļaujamā kļūda 1 – 1,5 mm).

Apažo kokmateriālu skaits parauglaukumā (cirsnā)

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 cirsnā novērtēts arī kopējais cirsmu (parauglaukumu) skaits, ievērtējot koku sugu, cirtes veidu, bonitātes klasi, augšanas reģionu un atkārtojumu skaits (skat. 1.4. tab.). Pētniecības projekta laikā ievērtējot izvirzītos kritērijus, uzmērīšana jāveic vismaz 211 cirsnās. Lielākais cirsmu skaits ir priedei (81), jo izvērtēti 3 ciršu veidi, 3 bonitātes klases un 3 reģioni. Ievērtējot 2 ciršu veidus, 2 bonitātes klases un 2 reģionus, eglei un bērzam apaļo kokmateriālu uzmērīšanu un mizas dubultbiezuma novērtēšanu veic 40 cirsnās. Melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim netiek vērtēta cirtes veida, bonitātes klašu un reģionu ietekme līdz ar to šīm koku sugām uzmērīšanu veic 10 cirsnās.

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

Lai noskaidrotu vai mizas dubultbiezumu priedei, eglei un bērzam ietekmē iepriekš minētie faktori un augšanas reģioni, cirsmas (parauglaukumi) izvēlēti katrā AS LVM reģionā. Faktiskais visu izvēlēto koku sugu parauglaukumu skaits un sadalījums pa AS LVM reģioniem attēlots 1.5. tabulā.

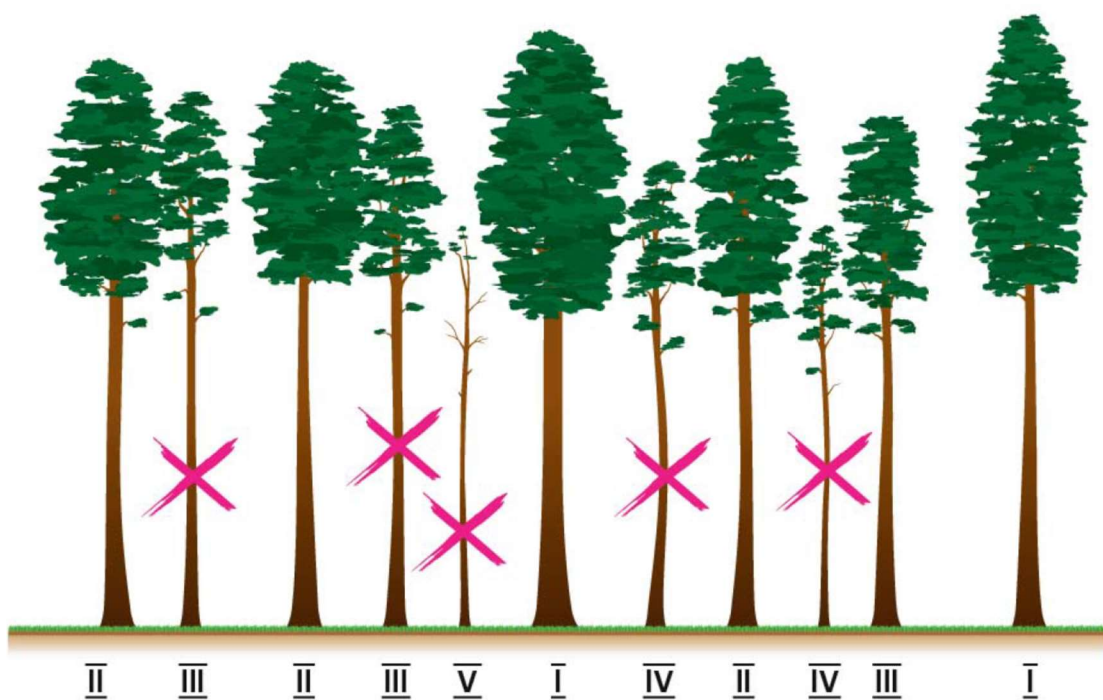
1.5. tabula

Uzmērīto parauglaukumu skaits pa AS LVM reģioniem

Koku suga	Rietumvidzeme	Dienvidlatgale	Vidusdaugava	Ziemeļkurzeme	Zemgale	Austrumvidzeme	Dienvidkurzeme	Ziemeļlatgale	Kopā
Priede	15	10	14	15	6	7	10	4	81
Egle	8	11	4	3	5	8	2	3	44
Bērzs	7	7	4	0	5	4	10	3	40
Melnalksnis	2	2	0	0	3	3	0	0	10
Apse	3	2	2	0	1	1	1	0	10
Baltalksnis	0	0	5	0	0	0	5	0	10
Ozols	0	0	0	0	5	0	5	0	10
Osis	0	0	0	0	1	0	9	0	10
Kopā	35	32	29	18	26	23	42	10	215

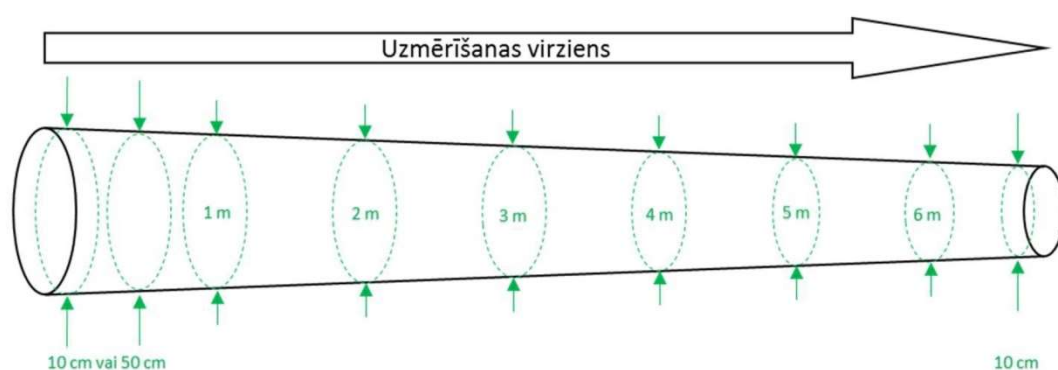
Galvenajā cirtē parauglaukumu iekārto vienā harvestera izstrādes slejā, kas vislabāk reprezentē visu audzi, un pētāmās koku sugas koku skaits tajā nebūtu mazāks par 100. Nepieciešamības gadījumā koki tiek iezīmēti vairākās slejās. Paraugkoku izvēli iespējams uzsākt tikai pēc visu koku apsekošanas parauglaukumā. 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 izvieta 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 Krafta klasēs (Kopšanas ciršu rokasgrāmata - LVM).

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



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

Mizas dubultbiežuma noteikšanai nepieciešams reģistrēt šādus datus:

- koku suga;
- vieta stumbrā;
- nogriežņa numurs pēc kārtas;
- sortimenta garums, cm;
- resgaļa caurmērs ar mizu, mm;
- mizas biežums resgalī, mm;
- caurmēri ar mizu un mizas biežums ik pēc 1 m no resgaļa gala plaknes, mm;
- tievgaļa caurmērs ar mizu, mm;
- mizas biežums tievgalī, mm.

Nominālais sekcijas garums ir 1 m, izņēmums ir pēdējā sekcija, kuras garums var būt no 15 cm līdz 114 cm. Mizas dubultbiežumu 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 un mizas biezuma novērtēšanai.

Pēc mizas dubultbiezuma noteikšanas, katrai koku sugai vai koku sugu grupai, ievērtējot izvēlētos faktoros (augšanas reģions, bonitātes klase, cirtes veids, krūšaugstuma caurmēra pakāpe un apaļā kokmateriāla caurmērs), tiek veikta deskriptīvā jeb aprakstošā statistika. Aprakstošās statistikas ietvaros nosaka aritmētiski vidējo, standartkļūdu, standartnovirzi, izkliedes intervālu, paraugkopas apjomu un ticamības intervālu.

Lai noteiktu, vai mizas dubultbiezums būtiski atšķiras starp izvēlētiem ietekmējošiem faktoriem, mizas dubultbiezuma vidējām vērtībām pieskaita un atņem divkārtšas standartkļūdu vērtības. Divu neatkarīgo paraugkopu vidējo vērtību ± 2 standartkļūdas raksturo (ietver) 95% ticamības intervālu. Ja divas neatkarīgas paraugkopas ar 95% ticamības intervālu pārklājas viena ar otru, tad to starpība nebūs statistiski būtiska. Datu analīze tika veikta, izmantojot IBM SPSS Statistics un MS Excel programmatūru.

2. Apaļo kokmateriālu mizas biezuma novērtēšana pārstrādes vietās

Arī pārstrādes vietās vērtētas galvenās Latvijā komerciāli izmantojamās koku sugas – priede, egle, bērzs, apse un melnalksnis. Lai novērtētu mizas biezuma mainību pārstrādes vietās ievērtēti sekojoši ietekmējošie faktori:

1. caurmērs (tūluma noteikšanā izmantotais);
2. koku suga;
3. vieta stumbrā;
4. faktiskais mizas nobrāzums (mizas daudzums);
5. sezona (no 1. marta līdz 31. jūlijam „sulu periods” un no 1. augusta līdz 28. februārim).

Mizas biezuma novērtēšanai pārstrādes vietās tiks izmantoti kontrolosortimenti, kurus uzmēra atbilstoši **procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tūluma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”**. Mizas biezuma novērtēšanai veicot kontrolosortimentu uzmērīšanu ar soli 1 m uzmērīts arī caurmērs ar mizu caurmēram.

Vērtējot apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezumu, vērtēta mizas biezuma starpība starp automatizētās uzmērīšanas ierīces un VMF LATVIA kontrolmērnīka mērījumiem, ievērtējot koku sugu, mizas tipu un caurmēra grupu.

Lai iegūtie rezultāti būtu objektīvi, viens no metodikas uzdevumiem ir noteikt pārmērīšanai nepieciešamo apaļo kokmateriālu skaitu pārstrādes vietās, lai novērtētu faktiskās mizas biezuma izmaiņas sortimentiem no dažādām stumbra daļām. Pie atbilstoša kokmateriālu apjoma katram uzmērīšanas paņēmienam un līnijas tipam ir iespējams izvērtēt esošos mizas biezuma vienādojumus un novērtēt mizas apjomu un sezonas ietekmi. Pārstrādes vietā nepieciešamo apaļo kokmateriālu skaitu n pa stumbra daļām un cirtes veidiem aprēķina pēc iepriekš apskatītās 1.1. un 1.2. formulas.

Arī šajā gadījumā mizas biezuma izkliedes rādītāji (standartnovirze un variācijas koeficients) iegūti no ERAF finansēta pētījuma projekta „Apaļo kokmateriālu tūluma individuālās uzmērīšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru un optimizācijas iespēju izpēte” (P13) aktivitātes Nr.2 „Stacionāro uzmērīšanas ierīču, līniju tūluma noteikšanas precizitātes izvērtēšana”, 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, ir aprēķināts paraugkopas minimālais apjoms. Aprēķinātais apaļo kokmateriālu skaits nepieciešams katram uzmērīšanas paņēmienam un automatizētās uzmērīšanas ierīces tipam (skat. 2.1. tab.). Lai ievērtētu dažādu fona faktoru ietekmi, pētījums jāveic vismaz 2 gadu garumā, nepieciešamo skaitu iegūstot katru gadu.

Sobrīd veicot kontrolmērījumus, tiek atsevišķi izdalīts 1. resgaļa nogrieznis. Pārējiem sortimentiem noteikt vietu stumbrā ir sarežģīti. Pētījuma laikā plānots izmantot koka stumbra veidules formu, lai noteiktu sortimenta vietu stumbrā balstoties uz caurmēra mērījumiem ar 1 m intervālu.

2.1. tabula

Apāļo kokmateriālu skaits katram uzmērīšanas paņēmienam un līnijas tipam gada garumā

Sezona (periods)	Koku suga	Vieta stumbrā	Vidējais mizas dubultbiezums, mm	Standartnovirze	Variācijas koeficients	Skaits, gab. pie noteiktas robežklūdas			
						$\Delta x=5\%$	$\Delta x=10\%$	$\Delta x=15\%$	$\Delta x=20\%$
no 1. marta līdz 31. jūlijam	Priede	Resgalis	9,7	6,8	70	753	188	84	47
		Vidusdaļa	4,8	3,6	75	864	216	96	54
		Galotnes daļa	3,5	1,8	51	400	100	44	25
	Egle	Resgalis	7,1	3,8	54	448	112	50	28
		Vidusdaļa	8,1	3,8	47	339	85	38	21
		Galotnes daļa	6,8	3,0	44	297	74	33	19
	Bērzs	Resgalis	9,7	5,4	56	482	120	54	30
		Vidusdaļa	9,6	5,1	53	432	108	48	27
		Galotnes daļa	8,1	3,8	47	339	85	38	21
	Apse un melnalksnis	Resgalis	12,0	7,6	63	610	152	68	38
		Vidusdaļa	11,2	5,9	53	432	108	48	27
		Galotnes daļa	11,4	5,6	49	369	92	41	23
no 1. augusta līdz 28. februārim	Priede	Resgalis	9,2	5,8	63	610	152	68	38
		Vidusdaļa	5,0	3,7	74	841	210	93	53
		Galotnes daļa	3,0	1,6	53	432	108	48	27
	Egle	Resgalis	7,3	4,0	55	465	116	52	29
		Vidusdaļa	8,1	4,0	49	369	92	41	23
		Galotnes daļa	6,7	3,0	45	311	78	35	19
	Bērzs	Resgalis	11,1	5,7	51	400	100	44	25
		Vidusdaļa	10,2	4,4	43	284	71	32	18
		Galotnes daļa	9,3	4,3	46	325	81	36	20
	Apse un melnalksnis	Resgalis	12,8	7,9	62	591	148	66	37
		Vidusdaļa	10,9	5,2	48	354	89	39	22
		Galotnes daļa	8,6	5,3	62	591	148	66	37

3. Mizas dubultbiezuma un tilpuma noteikšanas precizitātes novērtēšana

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

Lielākā daļa moderno harvesteru nosaka mizas biežumu, izmantojot četrus iebūvētos StanForD modeļus. Pielietojot dažādus mizas reducēšanas vienādojumus iespējams izmatot arī atšķirīgus tilpuma noteikšanas algoritmus (skat. 3.1. tab.).

3.1. 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 biežumu 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 uz caurmēru ar mizu (mm). Savukārt "Skogforsk" 2004. gadā izstrādātās mizas funkcijas priekš priedes un egles ietver plašāku ietekmējošu faktoru klāstu:

- attālums no stumbra resgaļa līdz vietai, kur jāaprēķina mizas biežums;
- koka caurmērs krūšu augstumā
- ģeogrāfiskais platums (skat. 3.2. 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 pielietotā apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma lineārā funkcija ir šāda:

$$MDB = b_0 + b_1 \times D_{tam}, \quad (3.1.)$$

kur:

MDB - mizas dubultbiezums (mm);

b_0 un b_1 - 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” (Versija 17.). APT* failos ir noteikti lietotāja koeficienti atbilstoši koku sugām:

- PRIEDE – 1.97 un 0.0354;
- EGLE, MELNALKSNIS, BALTALKSNIS, OSIS, LIEPA, LAPEGLE, MIKSTIE LK, CITI SK – 3.08 un 0.0404;
- BĒRZS, APSE, OZOLS, CIETIE LK – 3.45 un 0.0404.

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, kas norādīti VMF MI 07.06 (5. variants) instrukcijā. Šajā gadījumā mizas biezums tiek aprēķināts, balstoties uz tievgaļa caurmēru ar mizu, koku sugu vai koku sugu grupu un mizas tipu (skat. 3.3. tab.).

3.3. tabula

Mizas reducēšanas vienādojumi automatizētām uzmērīšanas ierīcēm

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

D_{tam} – tievgaļa caurmērs ar mizu

Kokmateriāliem var noteikt kopējo tilpumu ar mizu un no iegūtā tilpuma norēķināt mizas aizņemto tilpumu procentos. Mizas tilpumu izmaiņas var novērtēt katrā šķērsriezuma laukumā, nosakot mizas aizņemto laukumu procentos. Pārveidotā veidā izmantojama ļoti vienkārša formula koksnes īpatsvara noteikšanai:

$$K_{koksnes} = \frac{D_{bm}^2}{D_{am}^2}, \quad (3.2.)$$

kur:

D_{bm} – caurmērs bez mizas, mm;

D_{am} – caurmērs ar mizu, mm;

$K_{koksnes}$ - koksnes īpatsvara koeficients.

Bērza finierkļu tilpumu bez mizas iegūst, pareizinot finierkļu tilpumu ar mizu ar VMF MI 07.06 (5. variants) instrukcijā norādītiem koksnes īpatsvara koeficientiem, kas mainās atkarībā no finierkļu caurmēra. Mizas atskaitījumā izmanto tievgaļa caurmēru un nogriežņa tilpumu ar mizu.

$$V_{bm} = V_{am} \times K_{koksnes}, \quad (3.3.)$$

kur:

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

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

$K_{koksnes}$ - koksnes īpatsvara koeficients, atbilstoši 3.4. tabulai.

Koksnes īpatsvara koeficients bērza finierklučiem

Tievgaļa caurmērs, mm	K_{koksnes}	Mizas tilpums, % *
Līdz 189	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 iespējamus mizas redukcijas vienādojumus harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, novērtēta arī tilpuma noteikšanas precizitāte. Novērtējot mizas dubultbiezuma novērtēšanas algoritmu ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums un tilpuma novirze tiek aprēķināta atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)” un procedūras Nr. VKP1/2018 1. pielikumam.

4. Priedes mizas dubultbiezuma analīze

4.1. Priedes mizas dubultbiezuma ietekmējošie faktori

Priedes mizai raksturīga zvīņveida lobīšanās, stumbra apakšdaļā miza ir krevaina, pelēkbrūna, bet augšdaļā gluda, sarkanbrūna. Latvijas mežos priede ir visizplatītākā koku suga – sastopama visā valsts teritorijā, tamdēļ pētījuma gaitā izvērtēts, vai mizas dubultbiezumu priedei ietekmē augšanas reģions. Lai novērtētu šī faktora būtiskumu, Latvija tika sadalīta rietumu (Kurzeme un Zemgale) un austrumu (Vidzeme un Latgale) reģionos, kā arī atsevišķi izdalīta piejūras zemiene (skat. 4.1. tab.).

4.1. tabula

Priedes mizas dubultbiezums pa reģioniem

Reģions	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
Piejūras zemiene	0	37	995	12	0,4
	0,1	20	1028	8	0,2
	0,2	12	1228	5	0,1
	0,3	9	1103	4	0,1
	0,4	6	1158	2	0,1
	0,5	5	1150	2	0,1
	0,6	4	1132	1	0,0
	0,7	4	1234	1	0,0
	0,8	4	1161	1	0,0
	0,9	4	1123	1	0,0
Rietumu reģions	0	36	872	12	0,4
	0,1	21	864	8	0,3
	0,2	13	984	5	0,2
	0,3	8	946	4	0,1
	0,4	6	918	2	0,1
	0,5	5	1002	2	0,1
	0,6	5	958	1	0,0
	0,7	4	992	1	0,0
	0,8	4	1016	1	0,0
	0,9	4	956	1	0,0
Austrumu reģions	0	34*	936	12	0,4
	0,1	19*	930	7	0,2
	0,2	12	1090	5	0,1
	0,3	8	1053	3	0,1
	0,4	6	1029	3	0,1
	0,5	5	1051	2	0,1
	0,6	5	1062	1	0,0
	0,7	4	1046	1	0,0
	0,8	4	1110	1	0,0
	0,9	4	997	1	0,0
1	4	711	1	0,0	

* statistiski būtiski atšķiras vērtējot vidējo vērtību ar ± 2 standartklūdām un vietu stumburā

Neatkarīgi no reģiona novērojams būtisks priedes mizas dubultbiezuma samazinājums stumbra garavirzienā no 34-37 mm (resgalī) līdz 4-5 mm (galotnes daļā). Ievērtējot šīs mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā, var novērot, ka Latvijas austrumu daļā uzmērītām priedēm stumbra resgaļa daļā līdz 10% no stumbra garuma novērojams būtiski mazāks mizas dubultbiezums nekā piejūras zemienē un rietumu daļā. Tātad izvērtējot augšanas reģionu, var secināt, ka būtiski mazāks mizas dubultbiezums novērojams pirmajiem priedes stumbra nogriežņiem (3 m), kas sagatavoti Latvijas austrumu daļā.

Kā nākamais priedes mizas dubultbiezumu ietekmējošais faktors vērtēts audzes produktivitāti raksturojošs rādītājs – bonitātes klase. Priedes mizas dubultbiezums izvērtēts starp trīs bonitāšu klašu intervāliem (skat. 4.2. tab.).

4.2. tabula

Priedes mizas dubultbiezums pa bonitātes klasēm

Bonitāte	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
Ia-I	0	35	918	12	0,4
	0,1	20	930	7	0,2
	0,2	13	1066	5	0,1
	0,3	9	1021	3	0,1
	0,4	7	1033	3	0,1
	0,5	5	1043	2	0,1
	0,6	5	1038	1	0,0
	0,7	4	1098	1	0,0
	0,8	4	1053	1	0,0
	0,9	4	1059	1	0,0
II	1	4	719	1	0,0
	0	36	1227	12	0,3
	0,1	20	1236	8	0,2
	0,2	12	1480	5	0,1
	0,3	9	1336	4	0,1
	0,4	6	1382	2	0,1
	0,5	5	1396	2	0,0
	0,6	5	1382	1	0,0
	0,7	4	1436	1	0,0
	0,8	4	1420	1	0,0
III	0,9	4	1347	1	0,0
	1	4	930	1	0,0
	0	36	658	12	0,5
	0,1	21	656	8	0,3
	0,2	11	756	5	0,2
	0,3	8	745	4	0,1
	0,4	6	690	2	0,1
	0,5	5	764	2	0,1
	0,6	5	732	1	0,1
	0,7	4	738	1	0,0
III	0,8	4	814	1	0,0
	0,9	4	670	1	0,0
	1	4	516	1	0,0

Vērtējot bonitātes klasi un vietu stumbrā novērojama nebūtiska mizas dubultbiezuma palielināšanās stumbra resgaļa daļā zemākas bonitātes mežaudzēs. Statistiski būtiska ietekme bonitātes klasei nav uz mizas dubultbiezumu, bet zemākas bonitātes mežaudzēs novērojami mazāki stumbru un sagatavoto sortimentu dimensionālie raksturlielumi, līdz ar to var secināt, ka pie līdzīgiem mizas dubultbiezumiem zemākas bonitātes mežaudzēs pirmajiem priedes stumbru nogriežņiem būs lielāks mizas īpatsvars (skat. 4.3. tab.).

4.3. tabula

Priedes mizas īpatsvars pa bonitātes klasēm

Bonitāte	Attālums no stumbra resgaļa, %	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums (faktiskais), mm	Mizas īpatsvars, %
I	0	351	35	19
	10	301	20	13
	20	280	13	9
II	0	318	36	21
	10	272	20	14
	20	250	12	9
III	0	303	36	22
	10	261	21	15
	20	240	11	9

Izvēloties paraugkokus vienā vai nepieciešamības gadījumā divās harvesterā izstrādes slejās tiek piefiksēti arī to krūšaugstuma caurmēri, kas ņemti vērā, veicot datu analīzi. Datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes priedes krājas kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē. Krūšaugstuma caurmēra pakāpes (koku resnuma gradācijas ar 4 cm soli) lietošana nodrošina veikto mērījumu grupēšanu, tādējādi atvieglojot un vienkāršojot turpmāko datu apstrādi.

Analizējot mizas dubultbiezumu priedes stumbriem, datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes (12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 un 44 cm). Izvēlētās caurmēru pakāpes tiek sadalītas 3 grupās:

- krājas kopšanas cirtes – 12, 16, 20 un 24 cm;
- galvenā cirte - 28, 32 un 36 cm;
- galvenā cirte (Ia bonitāte un virsvaldaudzes koki) – 40 un 44 cm.

Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā praktiski visām krūšaugstuma caurmēra grupām (skat. 4.4 – 4.6. tab.), biezu mizu var novērot līdz 10–20 % no stumbra relatīvā garuma. Tālāk no 10–20 % līdz 30–40 % no stumbra relatīvā garuma novērojama vidēji bieza miza, bet atlikušajā stumbra daļā novēroja plāna miza.

Krājas kopšanas cirtēs būtiskākās mizas dubultbiezuma izmaiņas novērojamas no resgaļa līdz 40 % no stumbra relatīvā garuma. Šajā daļā mizas dubultbiezums būtiski atšķiras arī starp dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem. Lielāku dimensiju stumbriem novērojams arī lielāks mizas dubultbiezums stumbra resgaļa daļā (skat. 4.4. tab.).

Priedes mizas dubultbiezums krājas kopšanas cirtēs

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
12	0	22	83	6	0,6
	0,1	15	82	5	0,6
	0,2	10	78	5	0,5
	0,3	6	92	3	0,3
	0,4	5	48	2	0,3
	0,5	5	92	1	0,2
	0,6	3	36	1	0,2
	0,7	4	88	1	0,2
	0,8	3	68	1	0,2
	0,9	3	48	1	0,2
1	4	76	1	0,1	
16	0	24	131	6	0,5
	0,1	14	110	6	0,5
	0,2	8	140	4	0,3
	0,3	6	128	2	0,2
	0,4	4	102	2	0,2
	0,5	4	146	1	0,1
	0,6	4	132	1	0,1
	0,7	4	108	1	0,1
	0,8	3	148	1	0,1
	0,9	3	112	1	0,1
1	3	86	1	0,1	
20	0	30	257	10	0,6
	0,1	16	268	6	0,3
	0,2	9	316	3	0,2
	0,3	6	278	2	0,1
	0,4	5	288	2	0,1
	0,5	4	296	1	0,1
	0,6	4	290	1	0,1
	0,7	4	288	1	0,1
	0,8	4	333	1	0,0
	0,9	4	242	1	0,1
1	4	188	1	0,1	
24	0	32	424	9	0,5
	0,1	17	440	6	0,3
	0,2	10	552	4	0,2
	0,3	7	497	3	0,1
	0,4	5	509	2	0,1
	0,5	5	500	1	0,1
	0,6	4	502	1	0,0
	0,7	4	546	1	0,0
	0,8	4	516	1	0,0
	0,9	4	456	1	0,0

Vērtējot mizas dubultbiezumu priedes galvenajā cirtē, tika uzmērīti apaļie kokmateriāli no mežaudzes pirmā stāva valdaudzes un pārējiem mežaudzes kokiem, kuru augstums no valdaudzes vidējā koku augstuma atšķīrās ne vairāk kā par 20 procentiem.

Galvenajā cirtē būtiskākās mizas dubultbiezuma izmaiņas novērojamas no resgaļa (36 – 40 mm) līdz 30 % no stumbra relatīvā garuma (8 – 10 mm). Tālāk seko pakāpeniska vidējas mizas pāreja uz plānu mizu. Stumbru galotnes daļā starp dažādu krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem mizas dubultbiezums būtiski neatšķiras – tas svārstās robežās no 4 līdz 5 mm (skat. 4.5. tab.).

4.5. tabula

Priedes mizas dubultbiezums galvenajā cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartkļūda
28	0	36	500	10	0,5
	0,1	20	506	7	0,3
	0,2	11	644	4	0,1
	0,3	8	542	3	0,1
	0,4	6	580	2	0,1
	0,5	5	590	2	0,1
	0,6	4	594	1	0,0
	0,7	4	632	1	0,0
	0,8	4	614	1	0,0
	0,9	4	549	1	0,0
1	4	408	1	0,0	
32	0	36	624	11	0,4
	0,1	20	604	7	0,3
	0,2	13	708	4	0,2
	0,3	9	680	3	0,1
	0,4	6	710	2	0,1
	0,5	5	708	2	0,1
	0,6	5	698	1	0,0
	0,7	4	710	1	0,0
	0,8	4	736	1	0,0
	0,9	4	724	1	0,0
1	4	482	1	0,0	
36	0	40	420	13	0,6
	0,1	23	432	8	0,4
	0,2	15	470	5	0,2
	0,3	10	484	4	0,2
	0,4	7	460	3	0,1
	0,5	6	467	2	0,1
	0,6	5	496	2	0,1
	0,7	5	480	1	0,1
	0,8	4	470	1	0,0
	0,9	4	517	1	0,0
1	4	313	1	0,1	

Priedes galvenajā cirtē tika uzmērīti arī apaļie kokmateriāli, kas sagatavoti no lielāku dimensiju koku stumbriem (40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes) Ia bonitātes mežaudzēs vai arī no koku stumbriem, kuriem augstums lielāks vairāk nekā par 20 procentiem no valdaudzes vidējā koku augstuma.

Šiem lielāko dimensiju koku stumbriem mizas dubultbiezums būtiski atšķiras visa stumbra garumā, salīdzinot ar iepriekš apskatītiem galvenā cirtē sagatavotiem koku stumbriem ar zemākām krūšaugstuma caurmēra pakāpēm.

40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem lielākās mizas dubultbiezuma izmaiņas novērojamas no resgaļa (43 – 47 mm) līdz 40 % no stumbra relatīvā garuma (8 – 9 mm). Tālāk seko pakāpeniska vidējas mizas pāreja uz plānu mizu. Stumbru galotnes daļā starp abām krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem mizas dubultbiezums būtiski neatšķiras – 5 mm (skat. 4.6. tab.).

4.6. tabula

Priedes mizas dubultbiezums Ia bonitātes un virsvaldaudzes kokiem galvenajā cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
40	0	43	264	13	0,8
	0,1	25	274	8	0,5
	0,2	17	282	5	0,3
	0,3	12	295	4	0,2
	0,4	8	288	3	0,2
	0,5	6	304	2	0,1
	0,6	5	286	2	0,1
	0,7	5	304	1	0,1
	0,8	5	298	1	0,1
	0,9	5	302	1	0,1
1	5	202	1	0,1	
44	0	47	100	11	1,1
	0,1	28	106	8	0,8
	0,2	19	112	4	0,4
	0,3	13	106	3	0,3
	0,4	9	120	3	0,2
	0,5	7	100	2	0,2
	0,6	6	118	1	0,1
	0,7	5	116	1	0,1
	0,8	5	104	1	0,1
	0,9	5	126	1	0,1
1	5	78	1	0,1	

Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā dažādu ciršu veida un krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem, var novērot ka palielinoties stumbru dimensionāliem raksturlielumiem, palielinās arī mizas dubultbiezums visa stumbra garumā, bet īpaši stumbra resgaļa daļā. Izstrādājot mizas redukcijas algoritmus, harvesteriem šo attīstību tendenci iespējams izmantot, lai uzlabotu apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitāti bez mizas.

4.2. Priedes mizas redukcijas algoritmu izvērtējums

Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, izvērtēta arī šobrīd pieejamo un izmantoto mizas redukcijas algoritmu precizitāte. Līdzīgi kā iepriekš krājas kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē sagatavotie stumbra nogriežņi analizēti atsevišķi, lai izvērtētu mizas redukcijas algoritmu precizitāti dažādās cirtēs. Katrai koka krūšaugstuma caurmēra pakāpei noteikti sekojoši raksturlielumi stumbra garumā:

- caurmērs ar mizu;
- faktiskais mizas dubultbiezums;
- mizas dubultbiezums pēc ATP* failā norādītiem mizas parametriem;
- mizas dubultbiezums pēc “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotā algoritma;
- mizas dubultbiezums pēc VMF MI 07.06 instrukcijas.

Izvērtējot dažādus mizas redukcijas algoritmus, visprecīzāk mizas biežuma izmaiņu tendenci stumbra garumā attēlo mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās priedes (*Pinus sylvestris*). Mizas dubultbiežuma izmaiņu tendenci stumbra garumā šī harvesterā ietvertā funkcija aprēķina, pamatojoties uz koka krūšaugstuma caurmēru, attālumu no stumbra resgaļa un ģeogrāfisko platumu. Atkarībā no koka caurmēra pakāpes, vietas stumbrā un mizas tipa krājas kopšanas cirtēs tiek noteikts lielāks mizas dubultbiežums:

- biežai mizai no 1 līdz 5 mm;
- vidējai mizai no 2 līdz 4 mm;
- plānai mizai par 1 līdz 3 mm (skat. 4.7. tab.).

Šobrīd Latvijā harvesteros izmanto lineāro funkciju, kurā mizas dubultbiežums ir atkarīgs no caurmēra ar mizu un lietotāja noteiktiem koeficientiem. Latvijā (A/S “LVM”) šādi lietotāja noteikti koeficienti ir norādīti “STUMBRA SAGARUMOŠANAS (APT*) FAILU UZSTĀDĪJUMU STANDARTS”.

Izmantojot APT* failā norādītos koeficientus krājas kopšanas cirtēs stumbra resgaļa sortimentiem tiek noteikts vidēji par 6 – 9 mm mazāks mizas dubultbiežums salīdzinot ar faktisko, bet atlikušajā stumbra daļā tiek novērtēts vidēji par 1 – 4 mm lielāks mizas dubultbiežums salīdzinot ar faktisko.

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 dubultbiežuma aprēķinu vienādojumi, kas norādīti VMF MI 07.06 instrukcijā. Šajā gadījumā mizas dubultbiežums katram mizas tipam tiek rēķināts atsevišķi.

Biežas mizas funkciju izmantojot tikai resgaļa sortimenta tievgalī vidēji tiek noteikts par 1 – 4 mm mazāks mizas dubultbiežums salīdzinot ar faktisko, bet ja šo funkciju izmanto resgaļu sortimentu sekciju tipa uzmērīšanā tad šī starpība atsevišķā sekcijā var sasniegt 14 mm.

Aprēķinos izmantojot vidējas mizas funkciju, lielākoties aprēķinātā mizas dubultbiežuma novirze nepārsniedz 2 mm, salīdzinot ar faktisko. Līdzīga tendence novērojama plānas mizas funkcijai resnākiem sortimentiem, bet galotnes sortimentiem nav novērojamas novirzes no faktiskā mizas dubultbiežuma.

Priedes mizas redukcijas algoritmu izvērtējums krājas kopšanas cirtē

Krūšaugstum a caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm			
			Faktiskais	APT*	Skogforsk 2004	VMF MI 07.06
12	0	144	22	7	26	12
	0,1	126	15	6	19	11
	0,2	117	10	6	14	6
	0,3	108	6	6	10	6
	0,4	105	5	6	7	4
	0,5	100	5	6	8	4
	0,6	97	3	5	5	4
	0,7	91	4	5	6	4
	0,8	83	3	5	5	4
	0,9	79	3	5	5	3
1	74	4	5	5	3	
16	0	183	24	8	28	14
	0,1	159	14	8	19	13
	0,2	148	8	7	11	7
	0,3	140	6	7	8	7
	0,4	133	4	7	7	4
	0,5	127	4	6	6	4
	0,6	120	4	6	6	4
	0,7	111	4	6	5	4
	0,8	102	3	6	5	4
	0,9	92	3	5	5	4
1	82	3	5	5	3	
20	0	230	30	10	31	16
	0,1	195	16	9	19	15
	0,2	180	9	8	11	8
	0,3	171	6	8	8	8
	0,4	162	5	8	7	5
	0,5	153	4	7	6	5
	0,6	141	4	7	6	5
	0,7	132	4	7	6	4
	0,8	118	4	6	6	4
	0,9	104	4	6	6	4
1	90	4	5	6	4	
24	0	272	32	12	34	18
	0,1	231	17	10	21	16
	0,2	215	10	10	12	10
	0,3	204	7	9	9	9
	0,4	193	5	9	7	5
	0,5	183	5	8	7	5
	0,6	171	4	8	6	5
	0,7	157	4	8	6	5
	0,8	141	4	7	6	5
0,9	124	4	6	6	4	

Tālākajā analizē apskatīts mizas dubultbiezums priedei galvenā cirtē. Arī šajā gadījumā, vērtējot mizas dubultbiezumu stumbra garumā, izvērtēta šobrīd pieejamo un izmatoto mizas redukcijas algoritmu precizitāte. Vispirms analizēti galvenā cirtē sagatavotie stumbra nogriežņi 28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs (skat. 4.8. att. tab.).

4.8. tabula

Priedes mizas redukcijas algoritmu izvērtējums krājas kopšanas cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm			
			Faktiskais	APT*	Skogforsk 2004	VMF MI 07.06
28	0	314	36	13	37	20
	0,1	266	20	11	23	18
	0,2	246	11	11	13	11
	0,3	234	8	10	10	10
	0,4	222	6	10	8	6
	0,5	209	5	9	7	6
	0,6	196	4	9	7	6
	0,7	180	4	8	7	5
	0,8	161	4	8	7	5
	0,9	141	4	7	7	5
	1	116	4	6	7	4
32	0	352	36	14	40	22
	0,1	301	20	13	25	20
	0,2	281	13	12	15	12
	0,3	267	9	11	11	11
	0,4	254	6	11	9	7
	0,5	239	5	10	8	6
	0,6	224	5	10	7	6
	0,7	205	4	9	7	6
	0,8	184	4	8	7	5
	0,9	159	4	8	7	5
	1	130	4	7	7	4
36	0	392	40	16	44	24
	0,1	334	23	14	27	21
	0,2	313	15	13	18	13
	0,3	296	10	12	12	12
	0,4	281	7	12	10	7
	0,5	264	6	11	9	7
	0,6	246	5	11	8	6
	0,7	225	5	10	8	6
	0,8	197	4	9	8	6
	0,9	170	4	8	8	5
	1	135	4	7	8	4

“Skogforsk” 2004. gadā sagatavotai funkcijai galvenajā cirtē (28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs) ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, kas izskaidrojams ar to, ka šī funkcija sagatavota Zviedrijas apstākļiem. Atkarībā no koka

krūšaugstuma caurmēra pakāpes, vietas stumbrā un mizas tipa novērojamas šādas mizas dubultbiezuma atšķirības:

- biežai mizai no 1 līdz 5 mm;
- vidējai mizai no 2 līdz 3 mm;
- plānai mizai no 2 līdz 4 mm.

Izmantojot APT* failā norādītos koeficientus galvenajā cirtē stumbra resgaļa sortimentiem tiek noteikts vidēji par 7 – 9 mm mazāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko, bet atlikušajā stumbra daļā tiek novērtēts vidēji par 2 – 5 mm lielāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko.

Izmantojot biezas mizas funkciju (VMF MI 07.06) galvenajā cirtē sagatavotiem resgaļa sortimentiem tievgalī tiek noteikts līdz 2 mm mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko, bet ja šo funkciju izmanto resgaļu sortimentu sekciju tipa uzmērīšanā tad atsevišķā sekcijā (resgalī) var noteikt līdz 16 mm mazāku mizas dubultbiezumu.

Aprēķinos izmantojot vidējas mizas funkciju (VMF MI 07.06), galvenajā cirtē sagatavotiem stumbra vidusdaļas nogriežņiem aprēķinātā mizas dubultbiezuma novirze nepārsniedz 2 mm, salīdzinot ar faktisko. Galotnes un vidusdaļas sortimentiem ar plānu mizu, izmantojot plānas mizas funkciju (VMF MI 07.06), tiek aprēķināts līdz 2 mm lielāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko.

Veicot datu ievākšanu galvenā cirtē uzmanība tika pievērsta arī lielāku dimensiju priedes stumbriem. “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotai funkcijai galvenajā cirtē lielāku dimensiju stumbriem 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko. Atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes, vietas stumbrā un mizas tipa novērojamas šādas mizas dubultbiezuma atšķirības:

- biežai mizai no 4 līdz 9 mm;
- vidējai mizai no 3 līdz 8 mm;
- plānai mizai no 3 līdz 5 mm (skat. 4.9. tab.).

Izmantojot APT* failā norādītos koeficientus galvenajā cirtē 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes stumbra resgaļa sortimentiem tiek noteikts vidēji par 10 – 12 mm mazāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko, bet atlikušajā stumbra daļā tiek novērtēts vidēji par 2 – 7 mm lielāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko.

Izmantojot biezas mizas funkciju (VMF MI 07.06) galvenajā cirtē 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes koku stumbriem resgaļa sortimentiem tievgalī vidēji tiek noteikts par 2 – 3 mm mazāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko, bet ja šo funkciju izmanto resgaļu sortimentu sekciju tipa uzmērīšanā tad šī starpība atsevišķā sekcijā var sasniegt 19 mm.

Aprēķinos izmantojot vidējas mizas funkciju (VMF MI 07.06), galvenajā cirtē sagatavotiem stumbra vidusdaļas nogriežņiem novērojamā novirzes no faktiskā mizas dubultbiezumu nepārsniedz 2 mm.

Galotnes un vidusdaļas sortimentiem ar plānu mizu, izmantojot plānas mizas funkciju (VMF MI 07.06), tiek aprēķināts līdz 2 mm lielāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko.

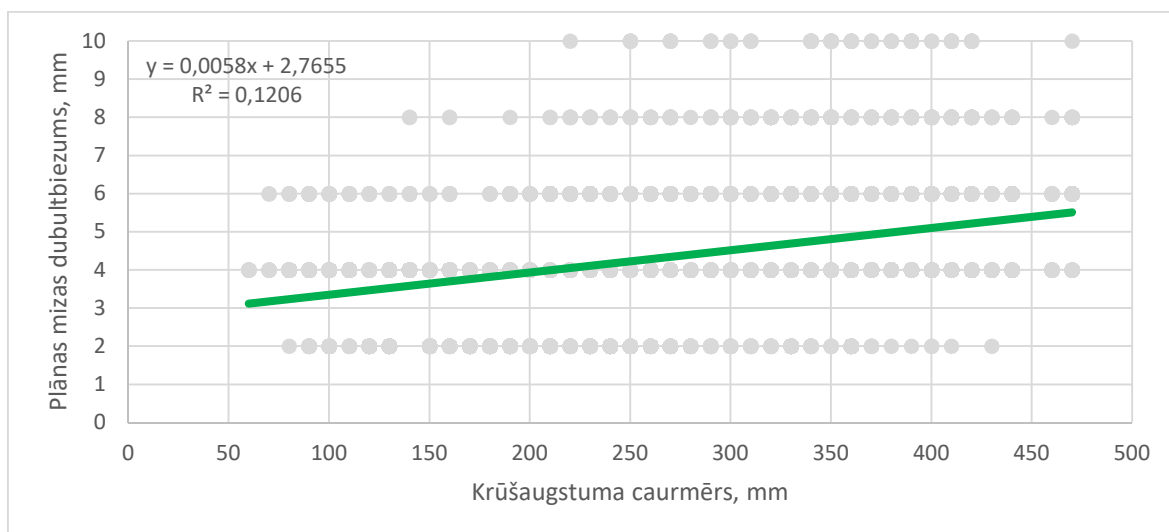
**Priedes mizas redukcijas algoritmu izvērtējums Ia bonitātes un virsvaldaudzes kociem
galvenajā cirtē**

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm			
			Faktiskais	APT*	Skogforsk 2004	VMF MI 07.06
40	0	429	43	17	47	26
	0,1	368	25	15	31	23
	0,2	343	17	14	21	14
	0,3	324	12	13	15	13
	0,4	307	8	13	12	7
	0,5	288	6	12	10	7
	0,6	268	5	11	9	7
	0,7	245	5	11	9	6
	0,8	218	5	10	8	6
	0,9	184	5	8	8	5
	1	146	5	7	8	5
44	0	472	47	19	52	28
	0,1	408	28	16	37	25
	0,2	385	19	16	27	16
	0,3	361	13	15	20	15
	0,4	346	9	14	16	8
	0,5	322	7	13	13	8
	0,6	301	6	13	11	7
	0,7	271	5	12	10	7
	0,8	249	5	11	10	6
	0,9	204	5	9	9	6
	1	166	5	8	9	5

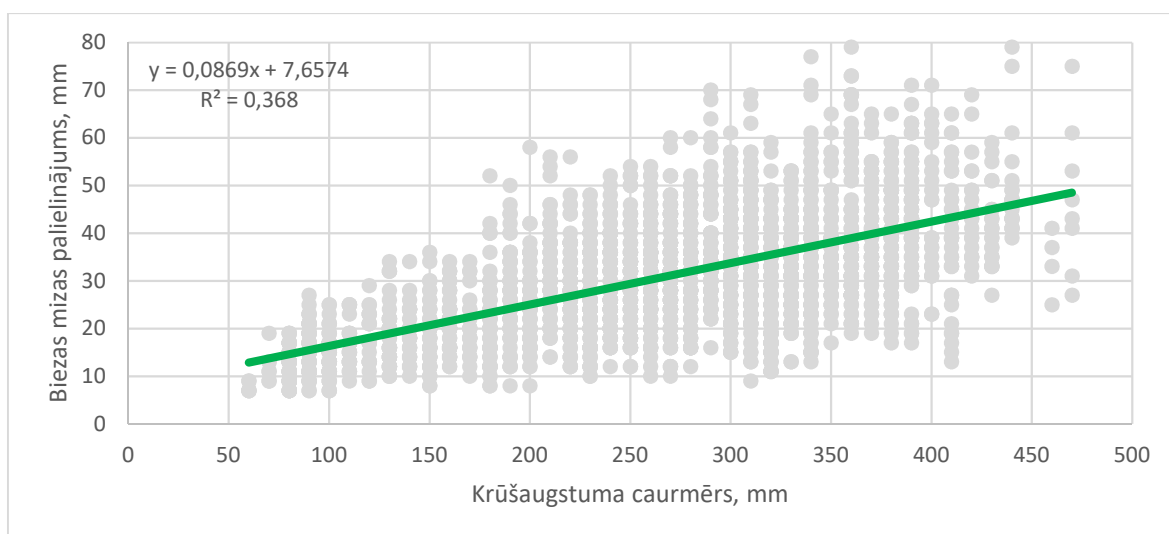
4.3. Priedes mizas redukcijas algoritmu sagatavošana

Latvijā harvesteriem izmantotais algoritms ar APT* failā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem aprēķina ievērojami plānāku mizas dubultbiezumu resgaļa sortimentiem pēc sekciju tipa uzmērīšanas salīdzinot ar faktisko, bet galotnes daļas sortimentiem biežāku mizas dubultbiezumu salīdzinot ar faktisko. “Skogforsk” 2004. gadā izstrādātā funkcija labi raksturo mizas dubultbiezuma izmaiņu tendenci stumbra garumā, bet tā nosaka lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, kas izskaidrojams ar to, ka šī funkcija sagatavota Zviedrijas apstākļiem.

Lai uzlabotu mizas dubultbiezuma ievērtēšanu, šī projekta ietvaros strādāts arī pie mizas redukcijas algoritma sagatavošanas harvesteriem. Algoritmā kā ietekmējošie faktori ietverti koka krūšaugstuma caurmērs un attālums no stumbra resgaļa. Lai sagatavotu šādu mizas dubultbiezuma aprēķina algoritmu, vispirms jānovērtē plānas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma caurmēra un biezas mizas dubultbiezuma palielinājums stumbra resgalī atkarībā no krūšaugstuma caurmēra, ievērtējot plānas mizas dubultbiezumu (skat. 4.1. un 4.2. att.).



4.1. att. Plānas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma caurmēra.



4.2. att. Biezas mizas dubultbiezuma palielinājums stumbra resgalī atkarībā no krūšaugstuma caurmēra.

Šajā gadījumā plānas mizas dubultbiezums palielinās, palielinoties koka stumbra krūšaugstuma caurmēram. Līdzīga izmaiņu tendence novērojama arī biezas mizas dubultbiezuma palielinājumam stumbra resgalī, ievērtējot plānas mizas apjomu.

Izmantojot 4.1. un 4.2. attēlā minētās lineārās funkcijas izveidots matemātisks algoritms priedes mizas dubultbiezuma novērtēšanai harvesteros. Šāds algoritms spēj objektīvāk raksturot kreves mizas dubultbiezumu stumbra resgalī (skat. 4.1. formulu). Šo mizas redukcijas algoritmu ir iespējams pielāgot automatizētām uzmērīšanas ierīcēm mizas dubultbiezuma raksturošanai priedes resgaļa sortimentiem.

$$MDB = 0,0058 * D_{KA} + 2,7655 + \left(\frac{0,0869 * D_{KA} + 7,6574}{1,38^{(h * 0,01)}} \right), \quad (4.1.)$$

kur

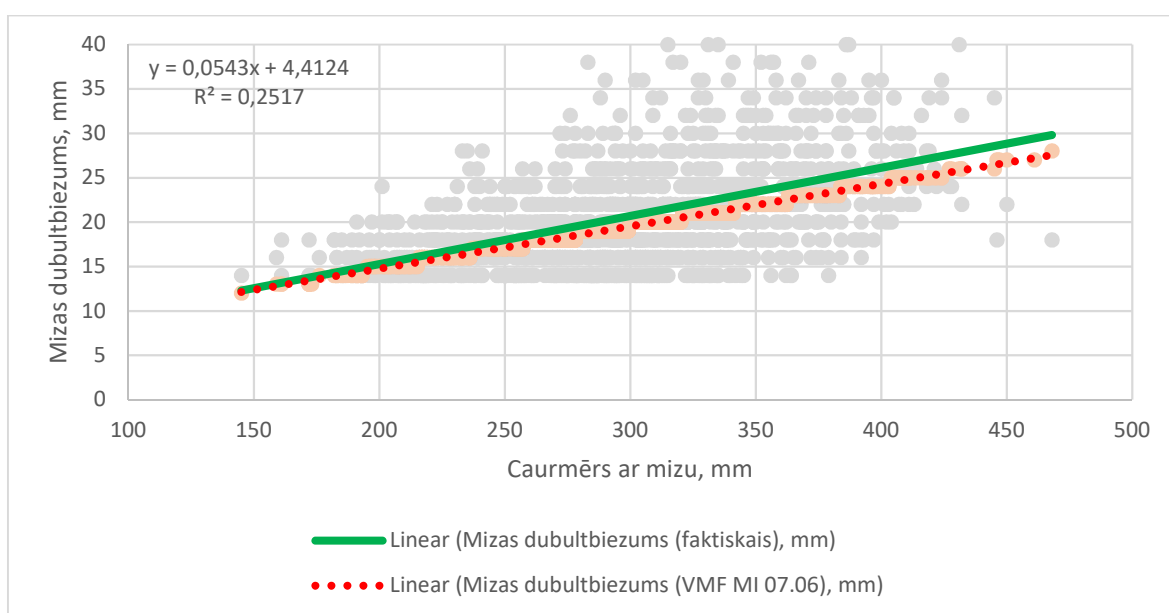
MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{KA} – koka krūšaugstuma caurmērs, mm;

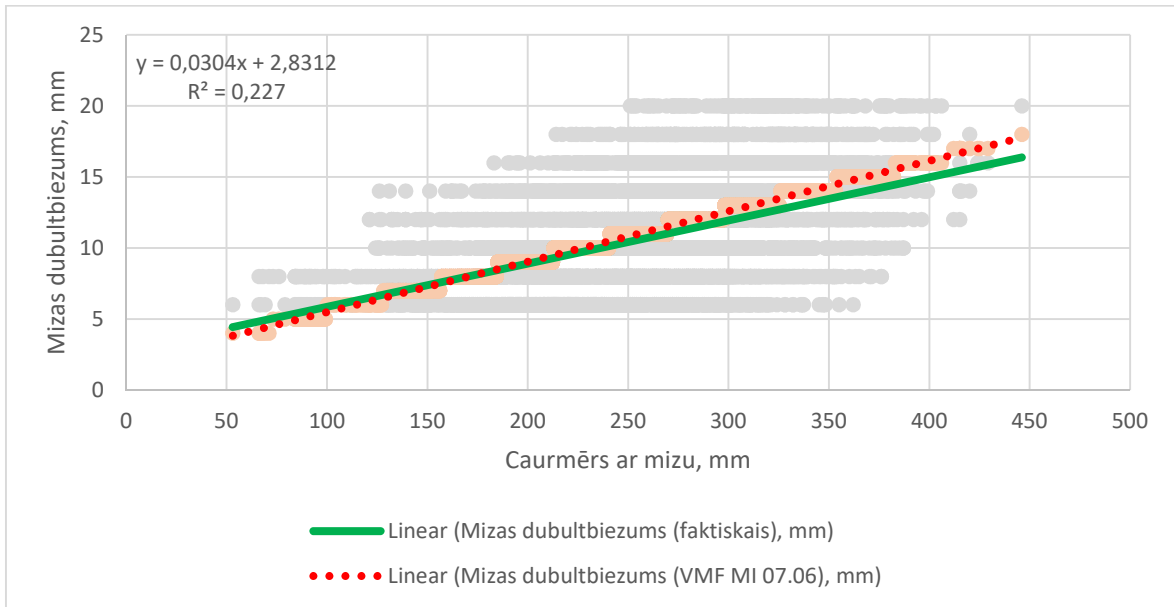
h – attālums no stumbra resgaļa, cm.

Automatizētām uzmērīšanas ierīcēm pārstrādes vietās priedes apaļo kokmateriālu šķirošanai un tilpuma noteikšanai, arī tiek izmantoti mizas dubultbiezuma aprēķinu vienādojumi katram mizas tipam, kas norādīti VMF MI 07.06 instrukcijā. Šīs lineārās funkcijas pamatā paredzētas mizas dubultbiezuma aprēķināšanai sortimenta tievgalī, bet praksē tiek pielietotas arī sekciju tipa uzmērīšanā.

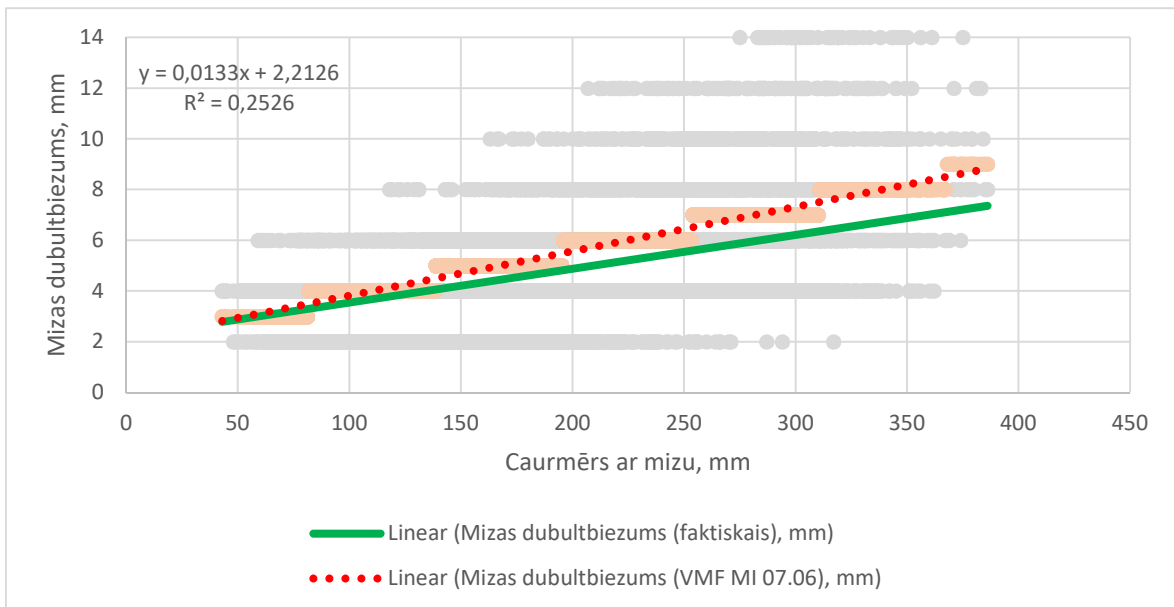
Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas, stumbra garumā dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem, vislielākās atšķirības var novērot stumbra resgalī pirmajiem nogriežņiem starp faktisko un pēc lineārās funkcijas aprēķināto mizas dubultbiezumu. Stumbra resgaļa nogriežņiem tievgalī atšķirības nepārsniedz 4 mm, bet resgalī sasniedz 19 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 2 mm). Lai risinātu šo novirzi nepieciešams pārskatīt lineārās funkcijas koeficientus (skat. 4.3. – 4.5. att.).



4.3. att. Priedes biezas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.



4.4. att. Priedes vidējas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.



4.5. att. Priedes plānas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Izmantojot no 4.3. līdz 4.5. attēlā attēlotās lineārās regresijas, ir sagatavoti jauni lineārās funkcijas koeficienti biezas (skat. 4.2. formulu), vidējas (skat. 4.3. formulu) un plānas (skat. 4.4. formulu) mizas dubultbiezuma novērtēšanas uzlabošanai.

$$MDB = 4,4124 + 0,0543 * Dt_{am} ; \quad (4.2.)$$

$$MDB = 2,8312 + 0,0304 * Dt_{am} ; \quad (4.3.)$$

$$MDB = 2,2126 + 0,0133 * Dt_{am} , \quad (4.4.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

Dt_{am} – apaļā kokmateriāla tievgaļa caurmērs ar mizu, mm.

Salīdzinot pārstrādātos lineārās funkcijas koeficientus (Projekts P8) ar līdz šim izmantotiem, biezas mizas dubultbiezuma starpība palielinās, palielinoties caurmēram (skat. 4.10. tab.). Pie nelieliem caurmēriem ar mizu mizas dubultbiezums pēc projektā pārstrādātās funkcijas neatšķiras vairāk par 1 mm salīdzinot ar VMF MI 07.06 (5. v.) instrukcijā norādīto funkcijas rezultātu, bet pie caurmēra 500 mm pēc projektā pārstrādātās funkcijas ir lielāks par 3 mm. Vidējas mizas dubultbiezums pēc projektā pārstrādātās funkcijas neatšķiras vairāk par 1 mm, salīdzinot ar VMF MI 07.06 (5. v.) instrukcijā norādītās funkcijas rezultātiem. Plānai mizai dubultbiezuma rādītāji pie 100 mm caurmēra sakrīt ar VMF MI 07.06 (5. v.) instrukcijā norādītās funkcijas rezultātiem, bet tālāk palielinoties caurmēram, mizas dubultbiezums pēc projektā pārstrādātās funkcijas ir mazāks.

4.10. tabula

Priedes mizas dubultbiezumi pēc redukcijas algoritmiem

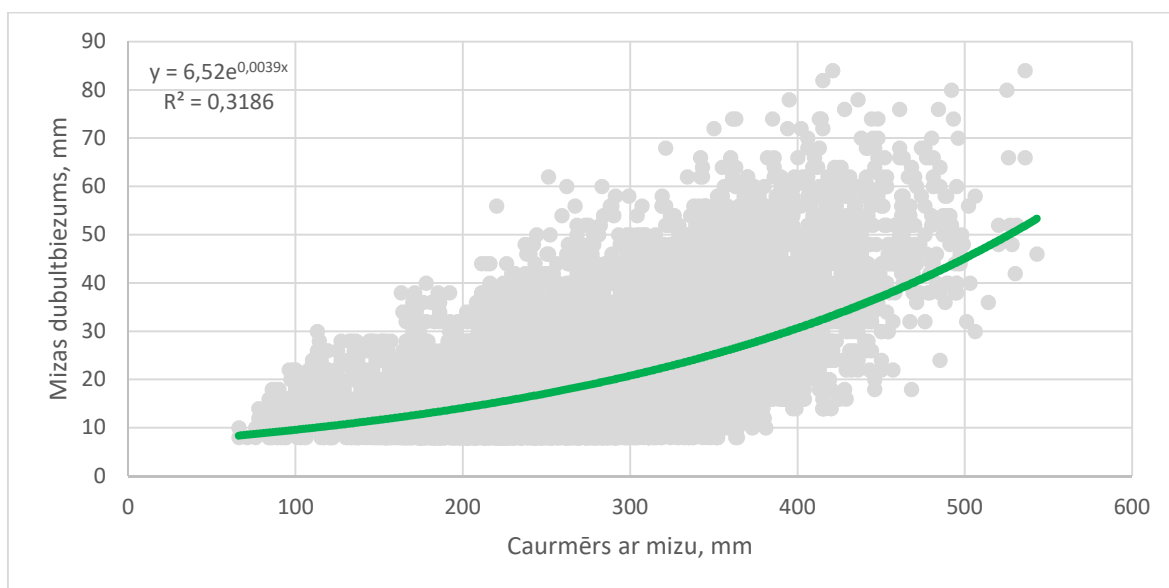
Caurmērs ar mizu mērīšanas vietā, mm	Mizas dubultbiezums dažādiem mizas tipiem, mm					
	Bieza miza		Vidēja miza		Plāna miza	
	Projekts P8	VMF MI 07.06 (5. v.)	Projekts P8	VMF MI 07.06 (5. v.)	Projekts P8	VMF MI 07.06 (5. v.)
50	---	---	---	---	3	3
100	---	---	6	6	4	4
150	13	12	7	7	4	5
200	15	15	9	9	5	6
250	18	17	10	11	6	6
300	21	20	12	13	6	7
350	23	22	13	14	7	8
400	26	24	15	16	---	---
450	29	27	17	18	---	---
500	32	29	---	---	---	---

Lai iegūtu augstāku uzmērīšanas precizitāti priedes sortimentiem no dažādām stumbra daļām ar dažādiem mizas tipiem, būtu ieteicams izmantot projekta ietvaros pārstrādātās biezas un plānas mizas funkcijas, kā rezultātā tilpuma novirze dēļ mizas redukcijas tiektos uz 0 %. Šajā gadījumā mizas dubultbiezuma noteikšanas precizitāti iespējams uzlabot, veicot sortimenta caurmēra uzmērīšanu tievgalī.

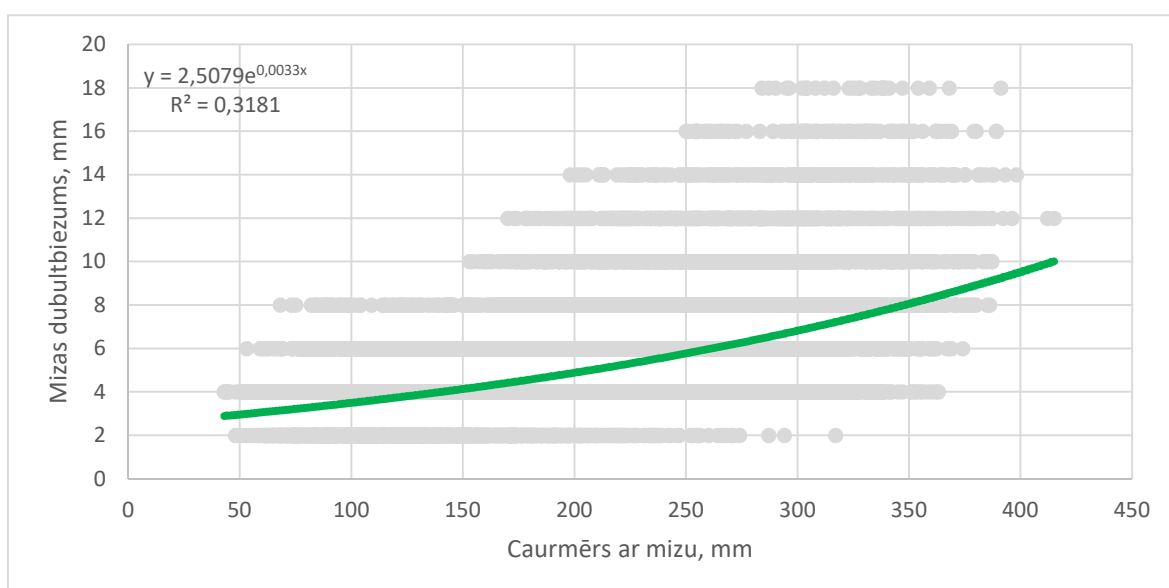
Lai uzlabotu mizas dubultbiezuma novērtēšanu pēc sekciju tipa uzmērīšanas, projekta ietvaros sagatavotas jaunas eksponentu funkcijas, ar kuru palīdzību var novērtēt mizas biežumu visa sortimenta garumā katrā caurmēra mērījuma vietā.

Vērtējot mizas biežumu pēc eksponentu funkcijām izdalīti 2 mizas tipi – plāna miza un bieža miza. Vidēju mizu neizdala, jo tā pamatā sastopama tikai uz 1 nogriezni (2. vai 3. nogrieznis

galvenā cirtē) un ar eksponenta funkcijas palīdzību šo pāreju no biezas mizas uz plānu mizu iespējams ievērtēt (skat. 4.6. un 4.7. att.).



4.6. att. Priedes biezas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra pēc eksponentu funkcijas.



4.7. att. Priedes plānas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra pēc eksponentu funkcijas.

Izmatojot 4.6. un 4.7. attēlā attēlotos eksponentu vienādojumus, ir sagatavoti jauni mizas reducēšanas algoritmi biežai (skat. 4.5. formulu) un plānai mizai (skat. 4.6. formulu).

$$MDB = 6,52 * e^{0,0039 * D_{am}}; \quad (4.5.)$$

$$MDB = 2,5079 * e^{0,0033 * D_{am}}, \quad (4.6.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu, mm.

4.4. Priedes mizas redukcijas algoritmu ietekme uz tilpuma novirzi

Izmantojot šobrīd praksē izmantotos mizas redukcijas algoritmus un projekta ietvaros sagatavotos matemātiskos algoritmus (P8_P_HARV un P8_P_AUI), novērtēta mizas redukcijas algoritmu ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti gan krājas kopšanas cirtēs sagatavotiem sortimentiem (skat. 4.11. tab.), gan galvenajā cirtē sagatavotiem sortimentiem (skat. 4.12. tab.). Novērtējot mizas dubultbiezuma redukcijas algoritmu ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpuma novirze aprēķināta atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

4.11. tabula

Tilpuma novirze krājas kopšanas cirtēs

Krūš- augstuma caurmēra pakāpe	Mizas tips /stumbra daļa	Tilpuma novirze, %					
		Harvesters			Automatizētā uzmērīšanas ierīce		
		Pēc APT* faila	Pēc Skogforsk, 2004	Pēc P8_P_HARV	Pēc VMF MI 07.06 (tievg. + raukums)	Pēc VMF MI 07.06 (sekcija)	Pēc P8_P_AUI
12 cm	Kopā	0	-3,8	-6,3	0	1,3	3,8
	Bieza miza	9,5	-4,8	-9,5	4,8	4,8	4,8
	Vidēja miza	0	0	-5,9	0	0	5,9
	Plāna miza	-4,8	-4,8	-4,8	-2,4	0	2,4
16 cm	Kopā	0,6	-2,9	-3,4	0	0,6	0,6
	Bieza miza	11,4	-5,7	-2,9	2,9	5,7	2,9
	Vidēja miza	0	-2,2	-6,7	0	0	0
	Plāna miza	-3,2	-2,1	-2,1	-1,1	-1,1	0
20 cm	Kopā	0,9	-2,2	-1,2	0	0,6	1,2
	Bieza miza	10,7	-3,6	-3,6	1,8	5,4	5,4
	Vidēja miza	2,2	-1,1	-1,1	0	0	-1,1
	Plāna miza	-2,8	-2,3	-0,6	-0,6	-0,6	1,1
24 cm	Kopā	-0,2	-2,3	-1	-0,4	0,6	1
	Bieza miza	9,6	-0,9	0	1,8	5,3	4,4
	Vidēja miza	0	-1	-2,1	-1	0	0
	Plāna miza	-4,3	-3,2	-1,1	-1,1	-1,1	0

Izmantojot APT* failā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, krājas kopšanas cirtēs stumbra resgaļa sortimentiem noteikts mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko, līdz ar

to tilpuma starpība svārstās robežās no 9,5 līdz 11,4 %. Stumbra daļā ar vidēju mizu tiek novērtēts tāds pats vai nedaudz mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko līdz ar to, tilpuma starpība svārstās robežās no 0,0 līdz 2,2 %. Atlikušajā stumbra daļā ar plānu mizu lielāku dimensiju apaļiem kokmateriāliem novērtēts lielāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko, un līdz ar to tilpuma starpība svārstās robežās no -2,8 līdz -4,8 %.

Izvērtējot Zviedrijas institūta "Skogforsk" 2004. gadā izstrādāto priedes mizas funkciju, harvesteriem ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte atkarībā no krūšaugstuma caurmēra pakāpes un mizas tipa svārstās robežās no -1,9 līdz -9,5%. Izmantojot "Skogforsk" 2004. gadā sagatavoto mizas funkciju, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes krājas kopšanas cirtē svārstās robežās no 0 līdz -5,7 %.

Vērtējot projekta ietvaros sagatavoto priedes mizas redukcijas algoritmu harvesteriem (P8_P_HARV), novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte atkarībā no krūšaugstuma caurmēra pakāpes un mizas tipa svārstās robežās no 0 līdz -9,5 %. Izmantojot projekta ietvaros sagatavoto mizas redukcijas algoritmu, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes krājas kopšanas cirtē svārstās robežās no -1,0 līdz -6,3 %.

Izvērtējot VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto mizas funkciju ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti pēc sekciju tipa (1 m) uzmērīšanas paņēmiena, var novērot, ka resgaļa sortimentiem ar biezu mizu tā svārstās robežas no 4,8 līdz 5,7 %, bet pēc tievgaļa un raukuma uzmērīšanas paņēmiena tilpuma uzmērīšanas precizitāte svārstās robežās no 1,8 līdz 4,8 %. Sortimentiem ar vidēji biezu mizu un plānu mizu neatkarīgi no uzmērīšanas paņēmiena tilpuma novirze svārstās robežas no 0 līdz -2,4 %. Izmantojot VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās mizas funkcijas katram mizas tipam, kopējā stumbra tilpuma novirze pēc tievgaļa caurmēra un raukuma atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes krājas kopšanas cirtē svārstās robežās no 0,0 līdz -0,4 %. Savukārt kopējā stumbra tilpuma novirze pēc sekciju tipa uzmērīšanas atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes krājas kopšanas cirtē svārstās robežās no 0,6 līdz 1,3 %.

Vērtējot projekta ietvaros sagatavotās eksponenta priedes mizas redukcijas funkcijas (P8_P_AUI) ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, var novērot, ka resgaļa sortimentiem ar biezu mizu tā svārstās robežas no 2,9 līdz 5,4 %. Tālākā stumbra daļā sortimentiem ar vidēji biezu mizu tilpuma novirze svārstās robežas no -1,1 līdz 5,9 %, bet sortimentiem ar plānu mizu tilpuma novirze svārstās robežās no 0 līdz 2,4 %. Izmantojot projekta ietvaros sagatavotās mizas redukcijas funkcijas 2 mizas tipiem, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes krājas kopšanas cirtē svārstās robežās no 0,6 līdz 3,0 %.

Izmantojot APT* failā norādītos lineārās funkcijas koeficientus stumbra resgaļa sortimentiem galvenajā cirtē (skat. 4.12. tab.) noteikts mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko, līdz ar to tilpuma starpība svārstās robežās no 7,5 līdz 9,8 %. Stumbra daļā ar vidēju mizu tilpuma starpība svārstās robežās no -0,6 līdz 0,2 %, bet atlikušajā stumbra daļā ar plānu mizu tilpuma starpība svārstās robežās no -3,8 līdz -4,3 %, tātad tiek norēķināts lielāks mizas dubultbiezums par faktisko. Kopējā stumbra tilpuma novirze atkarība no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežās no -0,6 līdz 0,1 %. Tātad ja vērtē katru stumbra daļu atsevišķi tilpuma novirze ir būtiska (pārsniedz 3 %), bet vērtējot stumbra kopumā tilpuma novirzes ar harvesteriem izmanto mizas funkciju ir nebūtiskas.

Tilpuma novirze galvenajā cirtē

Krūš- augstuma caurmēra pakāpe	Mizas tips /stumbra daļa	Tilpuma novirze, %					
		Harvesters			Automatizētā uzmērīšanas ierīce		
		Pēc APT* faila	Pēc Skogforsk, 2004	Pēc P8_P_HARV	Pēc VMF MI 07.06 (tievg. + raukums)	Pēc VMF MI 07.06 (sekcija)	Pēc P8_P_AUI
28 cm	Kopā	-0,1	-2,5	-0,7	-0,6	0,1	0,4
	Bieza miza	9,8	-1,3	0	3,3	5,9	3,9
	Vidēja miza	-0,6	-1,8	-1,2	-1,8	-1,2	-1,8
	Plāna miza	-3,9	-3,4	-0,8	-1,6	-1,6	0
32 cm	Kopā	-0,6	-2,3	-0,5	-0,1	0,3	0
	Bieza miza	7,5	-4	-1,5	2	4	1,5
	Vidēja miza	0	-0,7	0	-0,4	-0,4	-0,7
	Plāna miza	-4,3	-2,4	-0,4	-0,8	-0,8	-0,2
36 cm	Kopā	-0,3	-2,5	0,1	-0,1	0,5	0
	Bieza miza	8,4	-3,6	-0,4	2,4	4,8	1,2
	Vidēja miza	-0,3	-1,5	0	-0,6	-0,6	-1,2
	Plāna miza	-3,8	-2,5	0,3	-0,8	-0,6	0,2
40 cm	Kopā	0,1	-3	0,4	0,3	0,9	0,1
	Bieza miza	7,5	-3,9	0,3	2,6	4,1	0
	Vidēja miza	0	-2,6	1,3	-0,5	0	0,5
	Plāna miza	-4,1	-2,8	0	-0,4	-0,4	0
44 cm	Kopā	0	-3,8	0,6	0,4	0,9	-0,3
	Bieza miza	7,5	-4,6	0,2	2,5	4,4	-0,8
	Vidēja miza	0,2	-3,7	1,8	0,2	0,2	0,2
	Plāna miza	-4,3	-3,4	0,1	-0,7	-0,7	-0,3

Izvērtējot Zviedrijas institūta "Skogforsk" 2004. gadā izstrādāto priedes mizas funkciju, harvesteriem ir novērojama tendence galvenā cirtē noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte atkarībā no krūšaugstuma caurmēra pakāpes un mizas tipa svārstās robežās no -0,7 līdz -4,6 %. Izmantojot "Skogforsk" 2004. gadā sagatavoto mizas funkciju, kopējā stumbru tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežās no -2,3 līdz -3,8 %. Lai arī šai mizas funkcijai ir lielāka tilpuma novirze, salīdzinot

ar Latvijā izmantotiem ATP* failā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem, bet vērtīgāko resgaļu sortimentu tilpuma novirzes ir ievērojami mazākas. Līdz ar to Latvijā no šobrīd pieejamām mizas redukcijas funkcijām harvesteriem būtu rekomendējama Zviedrijas institūta "Skogforsk" 2004. gadā izstrādātā priedes mizas funkcija.

Vērtējot projekta ietvaros sagatavoto mizas redukcijas algoritmu harvesteriem (P8_P_HARV), galvenā cirtē novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko krūšaugstuma caurmēra pakāpju intervālā no 28 līdz 32 cm, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte svārstās robežās no -0,5 līdz -0,7%. Savukārt krūšaugstuma caurmēra pakāpju intervālā no 36 līdz 44 cm novērojama tendence noteikt tādu pašu vai mazāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte svārstās robežās no 0,1 līdz 0,6%. Izmantojot projekta ietvaros sagatavoto mizas redukcijas algoritmu, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -0,7 līdz 0,6 %. Turpmākajā gaitā pilnveidojot projekta ietvaros izveidoto mizas redukcijas algoritmu, tas būtu rekomendējams harvesteriem Latvijā mizas dubultbiezuma novērtēšanai.

Izvērtējot VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto mizas funkciju ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti pēc sekciju tipa (1 m) uzmērīšanas paņēmiena, var novērot, ka galvenā cirtē sagatavotiem resgaļu sortimentiem ar biezu mizu tā svārstās robežas no 4,0 līdz 5,9%, bet pēc tievgaļa un raukuma uzmērīšanas paņēmiena tilpuma uzmērīšanas precizitāte svārstās robežās no 2 līdz 3,3 %. Sortimentiem ar vidēji biezu mizu un plānu mizu neatkarīgi no uzmērīšanas paņēmiena tilpuma novirze svārstās robežas no -1,8 līdz 0,2 %. Izmantojot VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās mizas funkcijas katram mizas tipam, kopējā stumbra tilpuma novirze pēc tievgaļa caurmēra un raukuma atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -0,6 līdz 0,4 %. Savukārt kopējā stumbra tilpuma novirze pēc sekciju tipa uzmērīšanas atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -0,1 līdz 0,9 %.

Vērtējot projekta ietvaros sagatavotās eksponenta mizas redukcijas funkcijas (P8_P_AUI) ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, var novērot, ka galvenajā cirtē sagatavotiem resgaļu sortimentiem ar biezu mizu tā svārstās robežas no -0,8 līdz 3,9 %. Tālākā stumbra daļā sortimentiem ar vidēji biezu mizu tilpuma novirze svārstās robežas no -1,8 līdz 0,5 %, bet sortimentiem ar plānu mizu tilpuma novirze svārstās robežas no -0,3 līdz 0,2 %. Izmantojot projekta ietvaros sagatavotās mizas redukcijas funkcijas 2 mizas tipiem, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -0,3 līdz 0,4 %.

5. Egles mizas dubultbiezuma analīze

5.1. Egles mizas dubultbiezuma ietekmējošie faktori

Jaunām eglēm krājas kopšanas cirtē miza ir plāna, gluda, pelēcīgi brūna krāsā, savukārt, sasniedzot galvenās cirtes vecumu, miza kļūst biezāka un zvīņaināka.

Lai izvērtētu vai augšanas reģions būtiski ietekmē mizas dubultbiezumu egles stumbra nogriežņiem Latvija tika sadalīta rietumu (Kurzeme un Zemgale) un austrumu (Vidzeme un Latgale) reģionos (skat. 5.1. tab.).

Neatkarīgi no reģiona novērojams būtisks egles mizas dubultbiezuma samazinājums stumbra garavirzienā no 16-17 mm (resgalī) līdz 7-9 mm (galotnes daļā). Ievērtējot šīs mizas dubultbiezuma izmaiņu tendences stumbra garumā, var novērot, ka Latvijas austrumu daļā uzmērītiem egļu stumbru nogriežņiem novērojams būtiski lielāks dubultbiezums nekā rietumu daļā, bet šī starpība, ievērtējot vietu stumbrā, nepārsniedz 2 mm.

5.1. tabula

Egles mizas dubultbiezums pa reģioniem

Reģions	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartkļūda
Austrumu reģions	0	17*	676	5	0,2
	0,1	13*	676	3	0,1
	0,2	12*	750	3	0,1
	0,3	11*	760	3	0,1
	0,4	11*	702	3	0,1
	0,5	11*	750	3	0,1
	0,6	11*	718	3	0,1
	0,7	10*	784	3	0,1
	0,8	10*	753	3	0,1
	0,9	9*	742	3	0,1
	1	8*	487	2	0,1
Rietumu reģions	0	16	546	6	0,2
	0,1	12	584	3	0,1
	0,2	11	609	3	0,1
	0,3	10	617	3	0,1
	0,4	10	604	3	0,1
	0,5	9	594	3	0,1
	0,6	9	613	3	0,1
	0,7	9	616	2	0,1
	0,8	8	650	2	0,1
	0,9	8	560	2	0,1
	1	7	424	2	0,1

* statistiski būtiski atšķiras vērtējot vidējo vērtību ar ± 2 standartkļūdām un vietu stumbrā

Kā nākamais egles mizas dubultbiezumu ietekmējošais faktors vērtēts audzes produktivitāti raksturojošs rādītājs – bonitātes klase. Vērtējot bonitātes klases ietekmi uz mizas dubultbiezuma izmaiņām stumbra garumā atsevišķās stumbra daļās Ia un I bonitātes kokiem novērojams būtiski lielāks mizas dubultbiezums nekā II un III bonitātes kokiem. Šī mizas dubultbiezuma starpība stumbra garumā nepārsniedz 1 mm (skat. 5.2. tab.).

5.2. tabula

Egles mizas dubultbiezums pa bonitātes klasēm

Bonitāte	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
Ia - I	0	16	798	5	0,2
	0,1	13*	821	4	0,1
	0,2	11	885	3	0,1
	0,3	11*	901	3	0,1
	0,4	11*	860	3	0,1
	0,5	10	890	3	0,1
	0,6	10	863	3	0,1
	0,7	10*	906	3	0,1
	0,8	9	913	3	0,1
	0,9	9*	854	3	0,1
	1	8	591	3	0,1
II - III	0	16	424	5	0,2
	0,1	12	439	3	0,1
	0,2	11	474	3	0,1
	0,3	10	476	3	0,1
	0,4	10	446	3	0,1
	0,5	10	454	3	0,1
	0,6	10	468	3	0,1
	0,7	9	494	2	0,1
	0,8	9	490	2	0,1
	0,9	8	448	2	0,1
	1	8	320	2	0,1

* statistiski būtiski atšķiras vērtējot vidējo vērtību ar ± 2 standartklūdām un vietu stumbrā

Vērtējot egles mizas dubultbiezumu, datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes (12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, un 48 cm) krājas kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē. Izvēlētās caurmēru pakāpes turpmākajā datu analīzē tiek sadalītas 3 grupās:

- 1. krājas kopšanas cirte – 12 un 16 cm;
- 2. krājas kopšanas cirte un II stāva koki galvenā cirtē – 20 un 24 cm;
- galvenā cirte - 28, 32 un 36 cm;
- galvenā cirte (Ia bonitāte un virsvaldaudzes koki) – 40, 44 un 48 cm.

Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā 1. krājas kopšanas cirtē var novērot tā svārstību amplitūdu no 8 – 11 mm resgaļa daļā līdz 5 – 6 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumburā, starp abām krūšaugstuma caurmēra pakāpēm nepārsniedz 1 mm (skat. 5.3. tab.).

5.3. tabula

Egles mizas dubultbiezums 1. krājas kopšanas cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standart- novirze	Standart- kļūda
12	0	10	46	2	0,3
	0,1	8	69	1	0,1
	0,2	6	42	1	0,2
	0,3	6	62	1	0,1
	0,4	6	38	1	0,2
	0,5	6	52	1	0,2
	0,6	6	38	2	0,3
	0,7	5	62	1	0,2
	0,8	5	42	1	0,2
	0,9	5	36	1	0,2
	1	5	44	1	0,2
16	0	11	114	3	0,3
	0,1	9	106	2	0,2
	0,2	7	112	2	0,1
	0,3	7	124	2	0,2
	0,4	7	104	1	0,1
	0,5	7	108	1	0,1
	0,6	6	96	1	0,1
	0,7	6	108	1	0,1
	0,8	6	136	1	0,1
	0,9	6	80	1	0,1
	1	5	80	1	0,2

Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā 2. krājas kopšanas cirtē un II stāva kokiem galvenā cirtē var novērot tā svārstību amplitūdu no 10 – 14 mm resgaļa daļā līdz 6 – 7 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumbrā, starp abām krūšaugstuma caurmēra pakāpēm nepārsniedz 1 mm (skat. 5.4. tab.).

5.4. tabula

Egles mizas dubultbiezums 2. krājas kopšanas cirtē un II stāva kokiem galvenā cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standart- novirze	Standart- kļūda
20	0	13	154	3	0,2
	0,1	10	159	2	0,2
	0,2	9	157	2	0,1
	0,3	8	176	1	0,1
	0,4	8	152	2	0,1
	0,5	8	168	1	0,1
	0,6	7	160	1	0,1
	0,7	7	174	1	0,1
	0,8	7	174	2	0,1
	0,9	6	144	1	0,1
	1	6	106	2	0,2
24	0	14	150	3	0,3
	0,1	11	156	2	0,2
	0,2	10	178	2	0,1
	0,3	9	155	2	0,1
	0,4	9	162	2	0,2
	0,5	9	170	2	0,1
	0,6	8	168	2	0,1
	0,7	8	168	2	0,1
	0,8	8	192	2	0,1
	0,9	7	144	2	0,1
	1	7	110	2	0,2

Izanalizējot un savstarpēji salīdzinot egles stumbra nogriežņus 1. krājas kopšanas cirtē ar egles stumbra nogriežņiem 2. krājas kopšanas cirtē un II stāva kokiem galvenā cirtē var novērot būtiskas mizas dubultbiezuma atšķirības stumbra garumā.

Vērtējot faktisko egles mizas dubultbiezumu stumbra garumā galvenajā cirtē var novērot tā svārstību amplitūdu no 12 – 18 mm resgala daļā līdz 8 – 11 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumbrā, starp 28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēm nepārsniedz 3 mm (skat. 5.5. tab.).

5.5. tabula

Egles mizas dubultbiezums galvenā cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standart- novirze	Standart- kļūda
28	0	17	198	4	0,3
	0,1	12	210	2	0,2
	0,2	11	248	2	0,1
	0,3	10	222	2	0,1
	0,4	10	222	2	0,1
	0,5	10	222	2	0,1
	0,6	9	247	2	0,1
	0,7	9	230	2	0,1
	0,8	9	234	2	0,1
	0,9	8	220	2	0,1
	1	8	161	2	0,1
32	0	17	204	4	0,3
	0,1	13	216	3	0,2
	0,2	12	246	3	0,2
	0,3	12	230	2	0,2
	0,4	11	228	2	0,1
	0,5	11	220	2	0,1
	0,6	10	232	2	0,1
	0,7	10	242	2	0,1
	0,8	10	242	2	0,1
	0,9	9	246	2	0,1
	1	9	158	2	0,1
36	0	18	124	4	0,4
	0,1	14	118	2	0,2
	0,2	13	136	2	0,2
	0,3	13	140	1	0,1
	0,4	13	140	2	0,1
	0,5	12	140	2	0,2
	0,6	12	126	2	0,2
	0,7	11	150	2	0,1
	0,8	11	130	2	0,2
	0,9	11	156	2	0,1
	1	10	90	2	0,2

Vērtējot faktisko egles mizas dubultbiezumu stumbra garumā galvenajā cirtē Ia bonitātes mežaudzes un virsvaldaudzes kokiem var novērot tā svārstību amplitūdu no 15 – 23 mm resgaļa daļā līdz 10 – 11 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumbrā, starp 40, 44 un 48 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēm nepārsniedz 3 mm (skat. 5.6. tab.).

5.6. tabula

Egles mizas dubultbiezums galvenā cirtē (Ia bonitāte un virsvaldaudzes koki)

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standart- novirze	Standart- kļūda
40	0	20	114	6	0,5
	0,1	15	98	3	0,3
	0,2	14	112	3	0,2
	0,3	14	128	2	0,2
	0,4	13	128	2	0,2
	0,5	13	128	2	0,2
	0,6	13	128	2	0,2
	0,7	12	124	2	0,2
	0,8	11	123	2	0,2
	0,9	10	130	2	0,2
	1	10	78	2	0,2
44	0	22	48	5	0,8
	0,1	17	52	3	0,4
	0,2	15	50	3	0,4
	0,3	15	54	2	0,3
	0,4	14	54	2	0,3
	0,5	14	54	2	0,3
	0,6	13	52	2	0,3
	0,7	13	58	2	0,2
	0,8	12	48	2	0,3
	0,9	11	54	2	0,3
	1	11	34	2	0,3
48	0	23	70	5	0,6
	0,1	17	76	2	0,3
	0,2	16	78	2	0,2
	0,3	15	86	2	0,2
	0,4	15	78	2	0,2
	0,5	14	82	2	0,2
	0,6	14	84	2	0,3
	0,7	14	84	2	0,3
	0,8	12	82	2	0,2
	0,9	11	92	2	0,2
	1	10	50	2	0,3

Izanalizējot un savstarpēji salīdzinot egles stumbra nogriežņus visās 4 krūšaugstuma caurmēra grupās, var novērot tendenci, ka palielinoties krūšaugstuma caurmēram palielinās arī mizas dubultbiezums visa stumbra garumā. Starp analizētām krūšaugstuma caurmēra grupām pastāv būtiskas mizas dubultbiezuma atšķirības.

5.2. Egles mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā

Eglei mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficienti ir identiski ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā, tādēļ turpmākā datu analīze tie netiks izdalīti atsevišķi. No 5.7. līdz 5.10. tabulai apkopota faktiskā un pēc dažādiem matemātiskiem algoritmiem aprēķinātā egles mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā.

1. krājas kopšanas cirtē sagatavotiem egļu stumbra nogriežņiem (skat. 5.7. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, tiek aprēķināts vidēji par nepilniem 2 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski.

5.7. tabula

Egles mizas redukcijas algoritmu izvērtējums 1. krājas kopšanas cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	Skogforsk 2004	APT* un VMF MI 07.06
12	0	146	10	7	9
	0,1	129	7	7	8
	0,2	123	6	7	8
	0,3	117	6	6	8
	0,4	117	6	6	8
	0,5	109	6	6	8
	0,6	108	6	6	7
	0,7	100	5	6	7
	0,8	93	5	5	7
	0,9	86	5	5	7
	1	80	5	5	6
16	0	186	11	9	11
	0,1	165	9	9	10
	0,2	156	7	8	9
	0,3	149	7	8	9
	0,4	145	7	8	9
	0,5	139	7	8	9
	0,6	130	6	7	8
	0,7	121	6	7	8
	0,8	111	6	7	8
	0,9	99	6	6	7
	1	88	5	6	7

Izmantojot "Skogforsk" 2004. gadā sagatavoto funkciju, 1. krājas kopšanas cirtē sagatavotiem egļu stumbra nogriežņiem arī ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, bet šī starpība nepārsniedz 1 mm.

Galvenajā cirtē II stāva un 2. krājas kopšanas cirtes koku stumbru nogriežņiem (skat. 5.8. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus mizas dubultbiezuma starpība stumbra garumā nepārsniedz 3 mm, salīdzinot ar faktisko mizas dubultbiezumu.

Izmantojot “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto funkciju, galvenajā cirtē sagatavotiem audzes II stāva un 2. krājas kopšanas cirtes koku stumbra nogriežņiem arī ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, bet šī starpība nepārsniedz 2 mm.

Izvērtējot pašreiz izmantotās, APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās lineārās funkcijas un teorētiski iespējamo “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto funkciju var secināt, ka šīm funkcijām ir tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu (līdz 3 mm) stumbru nogriežņiem, kas sagatavoti galvenajā cirtē no II stāva un 2. krājas kopšanas cirtes kokiem.

5.8. tabula

Egles mizas redukcijas algoritmu izvērtējums 2. krājas kopšanas cirtē un II stāva kokiem galvenā cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	Skogforsk 2004	APT* un VMF MI 07.06
20	0	236	13	12	13
	0,1	209	10	11	12
	0,2	198	9	10	11
	0,3	187	8	10	11
	0,4	182	8	10	10
	0,5	169	8	9	10
	0,6	157	7	9	9
	0,7	146	7	8	9
	0,8	129	7	8	8
	0,9	111	6	7	8
24	1	95	6	7	7
	0	271	14	13	14
	0,1	233	11	12	12
	0,2	219	10	12	12
	0,3	211	9	11	12
	0,4	199	9	11	11
	0,5	189	9	10	11
	0,6	176	9	10	10
	0,7	159	8	9	10
	0,8	140	8	9	9
0,9	121	7	8	8	
1	102	7	7	7	

Galvenajā cirtē sagatavotiem egļu stumbru nogriežņiem (skat. 5.9. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, vidēji aprēķinātais mizas dubultbiezums stumbra garumā atkarībā no krūšaugstuma caurmēra pakāpes ir lielāks par 1 – 3 mm. Stumbru galotnes daļā mizas dubultbiezuma starpība nepārsniedz 1 mm. Izmantojot “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto funkciju, galvenajā cirtē sagatavotiem koku stumbru nogriežņiem arī ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko. Šī starpība stumbra garumā atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežās no 1 – 4 mm.

5.9. tabula

Egles mizas redukcijas algoritmu izvērtējums galvenā cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	Skogforsk 2004	APT* un VMF MI 07.06
28	0	312	17	15	16
	0,1	269	12	14	14
	0,2	254	11	13	13
	0,3	244	10	13	13
	0,4	229	10	12	12
	0,5	216	10	12	12
	0,6	199	9	11	11
	0,7	180	9	11	10
	0,8	159	9	10	9
	0,9	137	8	9	9
	1	113	8	8	8
32	0	356	17	18	17
	0,1	309	13	16	16
	0,2	289	12	15	15
	0,3	275	12	15	14
	0,4	259	11	14	14
	0,5	245	11	14	13
	0,6	226	10	13	12
	0,7	206	10	12	11
	0,8	179	10	11	10
	0,9	157	9	10	9
	1	128	9	9	8
36	0	392	18	19	19
	0,1	339	14	18	17
	0,2	323	13	17	16
	0,3	307	13	16	15
	0,4	292	13	16	15
	0,5	270	12	15	14
	0,6	251	12	14	13
	0,7	226	11	13	12
	0,8	197	11	12	11
	0,9	165	11	11	10
	1	131	10	10	8

Galvenajā cirtē (Ia bonitāte un virsvaldaudzes koki) sagatavotiem egļu stumbru nogriežņiem (skat. 5.10. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, vidēji aprēķinātais mizas dubultbiezums stumbra garumā atkarībā no krūšaugstuma caurmēra pakāpes ir lielāks par 1 – 4 mm. Stumbra galotnes daļā mizas dubultbiezuma starpība nepārsniedz 1 mm.

5.10. tabula

**Egles mizas redukcijas algoritmu izvērtējums galvenā cirtē
(Ia bonitāte un virsvaldaudzes koki)**

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	Skogforsk 2004	APT* un VMF MI 07.06
40	0	426	20	21	20
	0,1	375	15	19	18
	0,2	358	14	19	18
	0,3	338	14	18	17
	0,4	317	13	17	16
	0,5	294	13	16	15
	0,6	269	13	15	14
	0,7	239	12	14	13
	0,8	210	11	13	12
	0,9	174	10	12	10
44	1	135	10	11	9
	0	469	22	23	22
	0,1	412	17	21	20
	0,2	382	15	20	19
	0,3	369	15	20	18
	0,4	342	14	19	17
	0,5	320	14	18	16
	0,6	295	13	17	15
	0,7	268	13	16	14
	0,8	234	12	15	13
48	0,9	199	11	14	11
	1	168	11	12	10
	0	509	23	25	24
	0,1	451	17	23	21
	0,2	429	16	22	20
	0,3	402	15	21	19
	0,4	376	15	21	18
	0,5	348	14	19	17
	0,6	313	14	18	16
	0,7	278	14	17	14
48	0,8	233	12	15	12
	0,9	183	11	14	10
	1	144	10	12	9

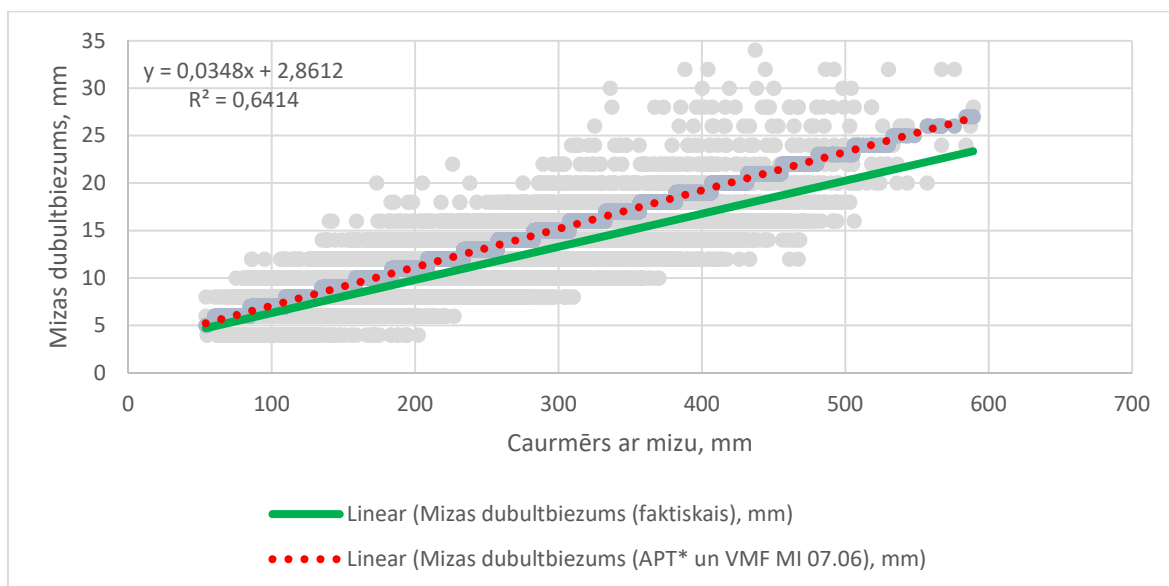
Izmantojot “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto funkciju, galvenajā cirtē sagatavotiem koku stumbru nogriežņiem arī ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko.

Šī starpība stumbra garumā atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežas no 1 līdz 6 mm.

Izvērtējot pašreiz izmantotās APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās lineārās funkcijas un teorētiski iespējamo “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto funkciju var secināt, ka šīm funkcijām galvenā cirtē sagatavotiem stumbru nogriežņiem ir tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko (īpaši stumbra 2. un 3. nogriežņiem). “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotai funkcijai priekš parastās egles (*Picea abies*) tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko skaidrojama ar to ka šī funkcija sagatavota Zviedrijas apstākļiem.

5.3. Egles mizas dubultbiezuma izvērtējums

Izvērtējot iepriekš apskatītās egles mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā, var novērot tendenci noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās lineārās funkcijas. Lai mazinātu iespējamo tilpuma novirzi dēļ mizas redukcijas, būtu jāveic lineārās funkcijas koeficientu korekcija, kuras rezultātā novērtētu mazāku mizas dubultbiezumu – atbilstošāku faktiskajam (skat. 5.1. att.).



5.1. att. Egles mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Izmantojot 5.1. attēlā attēloto lineāro regresiju, ir sagatavoti jauni lineārās funkcijas koeficienti egles mizas dubultbiezuma novērtēšanas uzlabošanai (skat. 5.1. formulu).

$$MDB = 2,8612 + 0,0348 * D_{am} , \quad (5.1.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu, mm.

Šajā gadījumā vērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no apaļo kokmateriāla caurmēra, ir novērojamas būtiskas atšķirības starp esošo lineāro funkciju un pārstrādāto funkciju lielāku dimensiju egļu apaļiem kokmateriāliem (skat. 5.11. tab.).

Egles mizas dubultbiezumi

Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
	Projekts P8	VMF MI 07.06 (5. v.)
50	5	5
100	6	7
150	8	9
200	10	11
250	12	13
300	13	15
350	15	17
400	17	19
450	19	21
500	20	23
550	22	25

Kā redzams no 5.11. tabulas, mizas dubultbiezuma starpība palielinās, palielinoties caurmēram. Pie caurmēra ar mizu 50 mm mizas dubultbiezuma starpība ar VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto funkciju ir 0 mm, bet pie caurmēra 550 mm pēc projektā pārstrādātās funkcijas mizas dubultbiezums ir mazāks par 3 mm.

Izmantojot šobrīd praksē izmantoto APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto lineāro funkciju, teorētiski iespējamo "Skogforsk" 2004. gadā sagatavoto funkciju un projekta ietvaros uz šo brīdi pārstrādāto lineāro funkciju, tiek novērtēta mizas redukcijas algoritmu ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 5.12. tab.).

Tilpuma novirze pēc egles mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze, %		
	APT* un VMF MI 07.06	Skogforsk, 2004	P8_Egle_HARV_AUI
1. krājas kopšanas cirte			
12	-4,7	-1,2	-4,7
16	-2,3	-2,3	-2,3
2. krājas kopšanas cirte un galvenā cirte II stāva koki			
20	-1,2	-0,6	-0,6
24	-1,6	-1,8	-0,4
Galvenā cirte			
28	-1,2	-1,5	0
32	-1,6	-2,1	-0,1
36	-1,4	-2,1	0,2
Galvenā cirtē (Ia bonitāte un virsvaldaudzes koki)			
40	-1,2	-1,9	0,3
44	-1,2	-2,4	0
48	-1,6	-2,9	-0,3

Izmantoto APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto lineāro funkciju tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežās no -1,2 līdz -4,7 %. Lielākās tilpuma novirzes pēc šīs lineāras funkcijas veidojas 1. krājas kopšanas cirtes koku stumbru nogriežņiem. Galvenās cirtes koku stumbru nogriežņiem tilpuma novirze svārstās robežās no -1,2 līdz -1,6%, kas pamato nepieciešamību pārstrādāt šobrīd pielietotās lineārās funkcijas koeficientus.

Arī “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotai funkcijai ir novērojama tendence noteikt lielākus mizas dubultbiezumus par faktiskajiem. Līdz ar to tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežās no -0,6 līdz -2,9%.

Egles apaļo kokmateriālu mizas redukcijai izmantojot projekta ietvaros pārstrādāto lineāro funkciju (P8_Egle_HARV_AUI), tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes svārstās robežās no -4,7 līdz 0,3%. Galvenās cirtes koku stumbru nogriežņiem tilpuma novirze svārstās robežās no -0,3 līdz 0,3%. Lai iegūtu atbilstošāku mizas dubultbiezumu un mazākas tilpuma novirzes dēļ mizas redukcijas, turpmāk būtu jāizmanto projekta ietvaros pārstrādātā lineārā mizas funkcija.

6. Bērza mizas dubultbiezuma analīze

6.1. Bērza mizas dubultbiezuma ietekmējošie faktori

Arī bērzam lai izvērtētu vai augšanas reģions būtiski ietekmē mizas dubultbiezumu stumbru nogriežņiem Latvija tika sadalīta rietumu (Kurzeme un Zemgale) un austrumu (Vidzeme un Latgale) reģionos, bet šajā gadījumā šis faktors netika ņemts vērā jo būtiskākās mizas dubultbiezuma atšķirības ir starp bērzu sugām (skat. 6.1. tab.).

Āra bērzam mizas dubultbiezums stumbra garumā svārstās robežās no 29 mm resgalī līdz 11 mm galotnes daļā. Savukārt purva bērzam mizas dubultbiezums stumbra garumā svārstās robežās no 19 mm resgalī līdz 9 mm galotnes daļā. Pēc mizas dubultbiezuma vidējo vērtību un ± 2 standartklūdu izvērtēšanas, var secināt, ka starp bērza sugām pastāv būtiskas atšķirības.

6.1. tabula

Bērzu sugu mizas dubultbiezums

Suga	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
ĀRA BĒRZS	0	29*	418	12	0,6
	0,1	18*	528	7	0,3
	0,2	15*	461	4	0,2
	0,3	14*	518	4	0,2
	0,4	14*	502	4	0,2
	0,5	13*	470	4	0,2
	0,6	13*	480	3	0,2
	0,7	13*	516	4	0,2
	0,8	12*	466	3	0,2
	0,9	11*	452	3	0,1
1	11*	308	3	0,2	
PURVA BĒRZS	0	19	364	9	0,5
	0,1	13	409	4	0,2
	0,2	12	426	3	0,1
	0,3	11	480	3	0,1
	0,4	11	371	3	0,1
	0,5	11	419	3	0,1
	0,6	11	370	3	0,1
	0,7	10	440	2	0,1
	0,8	10	446	2	0,1
	0,9	9	366	2	0,1
1	9	226	2	0,2	

* statistiski būtiski atšķiras vērtējot vidējo vērtību ar ± 2 standartklūdām un vietu stumbrā

Kā nākamais bērza mizas dubultbiezumu ietekmējošais faktors vērtēts audzes produktivitāti raksturojošs rādītājs – bonitātes klase. Vērtējot bonitātes klases ietekmi uz mizas dubultbiezuma izmaiņām stumbra garumā Ia un I bonitātes kokiem novērojams būtiski lielāks mizas dubultbiezums nekā II un III bonitātes kokiem. Šī mizas dubultbiezuma atšķirības skaidrojamas ar koku sugu. Ia un I bonitātes mežaudzēs lielākoties dominē āra bērzs, bet II un III bonitātes mežaudzēs lielākoties dominē purva bērzs (skat. 6.2. tab.).

6.2. tabula

Bērzu mizas dubultbiezums pa bonitātes klasēm

Bonitāte	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
Ia - I	0	28*	393	12	0,6
	0,1	18*	494	7	0,3
	0,2	15*	445	4	0,2
	0,3	14*	480	4	0,2
	0,4	14*	476	3	0,2
	0,5	13*	450	3	0,2
	0,6	13*	444	3	0,2
	0,7	13*	488	3	0,2
	0,8	12*	440	3	0,1
	0,9	11*	432	3	0,1
	1	11*	284	3	0,2
II - III	0	21	389	10	0,5
	0,1	14	443	5	0,2
	0,2	12	442	3	0,1
	0,3	11	518	3	0,1
	0,4	12	397	3	0,2
	0,5	11	439	3	0,1
	0,6	11	406	3	0,1
	0,7	10	468	3	0,1
	0,8	10	472	3	0,1
	0,9	9	386	2	0,1
	1	9	250	2	0,1

* statistiski būtiski atšķiras vērtējot vidējo vērtību ar ± 2 standartklūdām un vietu stumbrā

Kā nākamais mizas dubultbiezumu ietekmējošai faktors tiek vērtēts koku krūšaugstumu caurmērs. Bērzu mizas dubultbiezumu datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes (12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 un 44 cm) krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē. Izvēlētās caurmēru pakāpes turpmākajā datu analīzē tiek sadalītas 3 grupās:

- kopšanas cirte – 12 un 16 cm;
- krājas kopšanas cirte un III bonitātes koki galvenā cirtē – 20 un 24 cm;
- galvenā cirte - 28, 32 un 36 cm;
- galvenā cirte – 40, 44 un 48 cm.

Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu bērzu stumbru garumā krājas kopšanas cirtē var novērot tā svārstību amplitūdu no 9 – 15 mm resgaļa daļā līdz 6 – 8 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība stumbra garumā, ievērtējot vietu stumbrā, starp abām krūšaugstuma caurmēra pakāpēm sasniedz 3 mm (skat. 6.3. tab.).

6.3. tabula

Bērzu mizas dubultbiezums krājas kopšanas cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
12	0	13	20	3	0,7
	0,1	9	22	2	0,4
	0,2	7	18	1	0,3
	0,3	7	28	1	0,2
	0,4	7	14	1	0,3
	0,5	7	16	1	0,3
	0,6	7	14	1	0,3
	0,7	6	22	0	0,1
	0,8	6	22	0	0,1
	0,9	6	16	1	0,3
1	6	14	1	0,2	
16	0	15	58	5	0,6
	0,1	12	50	3	0,4
	0,2	10	50	1	0,2
	0,3	10	72	1	0,2
	0,4	9	44	1	0,2
	0,5	9	51	1	0,2
	0,6	9	48	1	0,2
	0,7	9	50	2	0,2
	0,8	8	68	1	0,2
	0,9	8	44	1	0,2
1	8	32	2	0,3	

Vērtējot faktisko bērzu mizas dubultbiezumu stumbra garumā krājas kopšanas cirtē un III bonitātes kokiem galvenā cirtē var novērot tā svārstību amplitūdu no 12 – 22 mm resgaļa daļā līdz 8 – 9 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumbrā, starp abām krūšaugstuma caurmēra pakāpēm svārstās robežās no 1 līdz 5 mm (skat. 6.4. tab.).

6.4. tabula

Bērzu mizas dubultbiezums krājas kopšanas cirtē un III bonitātes kokiem galvenā cirtē

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartkļūda
20	0	17	104	7	0,7
	0,1	12	111	3	0,3
	0,2	11	116	2	0,2
	0,3	10	134	2	0,2
	0,4	10	99	2	0,2
	0,5	10	118	2	0,2
	0,6	9	110	2	0,2
	0,7	9	112	2	0,2
	0,8	9	128	2	0,1
	0,9	8	100	2	0,2
	1	8	60	2	0,2
24	0	22	178	9	0,7
	0,1	14	226	3	0,2
	0,2	12	208	2	0,2
	0,3	12	218	2	0,2
	0,4	12	208	2	0,2
	0,5	11	210	2	0,1
	0,6	11	192	2	0,2
	0,7	10	236	2	0,1
	0,8	10	192	2	0,2
	0,9	9	188	2	0,1
	1	9	120	2	0,2

Vērtējot faktisko bērzu mizas dubultbiezumu stumbra garumā galvenajā cirtē 28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs, var novērot tā svārstību amplitūdu no 15 – 33 mm resgaļa daļā līdz 10 – 12 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumbrā, starp 28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēm svārstās robežās no 1 līdz 9 mm (skat. 6.5. tab.).

6.5. tabula

Bērzu mizas dubultbiezums galvenā cirtē (28, 32 un 36 cm)

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartklūda
28	0	24	158	10	0,8
	0,1	15	186	4	0,3
	0,2	13	178	2	0,2
	0,3	13	214	2	0,1
	0,4	12	170	2	0,2
	0,5	12	192	2	0,2
	0,6	12	166	2	0,2
	0,7	12	184	2	0,2
	0,8	11	208	2	0,1
	0,9	10	164	2	0,2
1	10	106	2	0,2	
32	0	31	128	12	1,1
	0,1	19	156	7	0,6
	0,2	15	159	3	0,2
	0,3	15	158	2	0,2
	0,4	14	156	3	0,2
	0,5	13	150	3	0,2
	0,6	13	144	2	0,2
	0,7	13	174	2	0,2
	0,8	12	138	3	0,2
	0,9	11	144	2	0,2
1	10	96	3	0,3	
36	0	33	72	11	1,3
	0,1	21	96	7	0,7
	0,2	18	80	4	0,5
	0,3	17	98	4	0,4
	0,4	16	94	3	0,3
	0,5	16	80	4	0,5
	0,6	15	96	3	0,3
	0,7	15	90	4	0,4
	0,8	14	80	3	0,4
	0,9	12	84	3	0,3
1	12	60	3	0,3	

Vērtējot faktisko bērzu mizas dubultbiezumu stumbra garumā galvenajā cirtē 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs, var novērot tā svārstību amplitūdu no 21 – 37 mm resgaļa daļā līdz 12 – 13 mm galotnes daļā. Mizas dubultbiezuma starpība, ievērtējot vietu stumbkā, starp 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēm nepārsniedz 1 mm, izņemot stumbra resgali, kur starpība sasniedz 7 mm (skat. 6.6. tab.).

6.6. tabula

Bērzu mizas dubultbiezums galvenā cirtē (40 un 44 cm)

Caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Vidējā vērtība, mm	Mērījumu skaits	Standartnovirze	Standartkļūda
40	0	37	38	17	2,7
	0,1	22	50	9	1,3
	0,2	18	48	2	0,3
	0,3	18	44	3	0,4
	0,4	17	50	3	0,4
	0,5	17	46	3	0,4
	0,6	17	42	3	0,4
	0,7	16	56	3	0,4
	0,8	15	42	3	0,5
	0,9	13	48	4	0,5
	1	12	26	4	0,7
44	0	30	26	11	2,2
	0,1	21	40	7	1,1
	0,2	18	30	2	0,3
	0,3	18	32	3	0,5
	0,4	17	38	3	0,4
	0,5	16	26	2	0,4
	0,6	16	38	2	0,4
	0,7	16	32	3	0,5
	0,8	15	34	3	0,5
	0,9	13	30	3	0,6
	1	13	20	5	1,0

Izanalizējot un savstarpēji salīdzinot bērzu stumbra nogriežņus visās 4 krūšaugstuma caurmēra grupās, var novērot tendenci, ka palielinoties krūšaugstuma caurmēram palielinās arī mizas dubultbiezums visa stumbra garumā. Starp analizētām krūšaugstuma caurmēra grupām pastāv būtiskas mizas dubultbiezuma atšķirības.

5.2. Bērzu mizas dubultbiezuma analīze stumbra garumā

Bērzu 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.

Krājas kopšanas cirtēs sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 6.7. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, 12 cm caurmēra pakāpē, nevērtējot stumbra resgali, tiek aprēķināts par 1 – 2 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski. Savukārt 16 cm caurmēra pakāpē, nevērtējot stumbra resgali, mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 1 mm.

6.7. tabula

Bērzu mizas redukcijas algoritma izvērtējums krājas kopšanas cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06
12	0	153	13	10
	0,1	129	9	9
	0,2	122	7	9
	0,3	114	7	8
	0,4	109	7	8
	0,5	103	7	8
	0,6	100	7	8
	0,7	94	6	7
	0,8	88	6	7
	0,9	77	6	6
	1	73	6	6
16	0	189	15	11
	0,1	165	12	10
	0,2	153	10	10
	0,3	145	10	9
	0,4	141	9	9
	0,5	131	9	9
	0,6	125	9	8
	0,7	117	9	8
	0,8	109	8	8
	0,9	95	8	7
	1	91	8	7

Zemākās bonitātes mežaudzēs (III bonitātes klase) galvenajā cirtē un krājas kopšanas cirtē no 20 un 24 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes sagatavotiem bērzu stumbra nogriežņiem (skat. 6.8. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot stumbra resgali, mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 1 mm. Pirmajam nogriežnim 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.

6.8. tabula

Bērzu mizas redukcijas algoritma izvērtējums krājas kopšanas cirtē un III bonitātes kokiem galvenā cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06
20	0	231	17	13
	0,1	199	12	11
	0,2	187	11	11
	0,3	175	10	10
	0,4	166	10	10
	0,5	158	10	10
	0,6	148	9	9
	0,7	137	9	9
	0,8	122	9	8
	0,9	107	8	8
	1	92	8	7
24	0	270	22	14
	0,1	233	14	13
	0,2	221	12	12
	0,3	207	12	12
	0,4	197	12	11
	0,5	184	11	11
	0,6	174	11	10
	0,7	158	10	10
	0,8	142	10	9
	0,9	126	9	9
	1	106	9	8

Mežaudzēs ar I un II bonitāti galvenajā cirtē no 28, 32 un 36 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpes sagatavotiem stumbriem nogriežņiem (skat. 6.9. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot stumbra resgali, mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 2 mm. Arī šajā gadījumā pirmajam nogriežnim 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 14 mm resgalī līdz 2 mm tievgalī.

6.9. tabula

Bērzu mizas redukcijas algoritma izvērtējums galvenā cirtē (28, 32 un 36 cm)

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06
28	0	313	24	16
	0,1	268	15	14
	0,2	253	13	14
	0,3	240	13	13
	0,4	228	12	13
	0,5	216	12	12
	0,6	202	12	12
	0,7	190	12	11
	0,8	173	11	10
	0,9	153	10	10
	1	133	10	9
32	0	353	31	18
	0,1	297	19	15
	0,2	274	15	14
	0,3	260	15	14
	0,4	245	14	13
	0,5	234	13	13
	0,6	219	13	12
	0,7	200	13	11
	0,8	180	12	11
	0,9	156	11	10
	1	139	10	9
36	0	391	33	19
	0,1	337	21	17
	0,2	309	18	16
	0,3	297	17	15
	0,4	279	16	15
	0,5	267	16	14
	0,6	254	15	14
	0,7	233	15	13
	0,8	211	14	12
	0,9	183	12	11
	1	158	12	10

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. 6.10. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, nevērtējot stumbra resgali, mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 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 16 mm resgalī līdz 4 mm tievgalī.

6.10. tabula

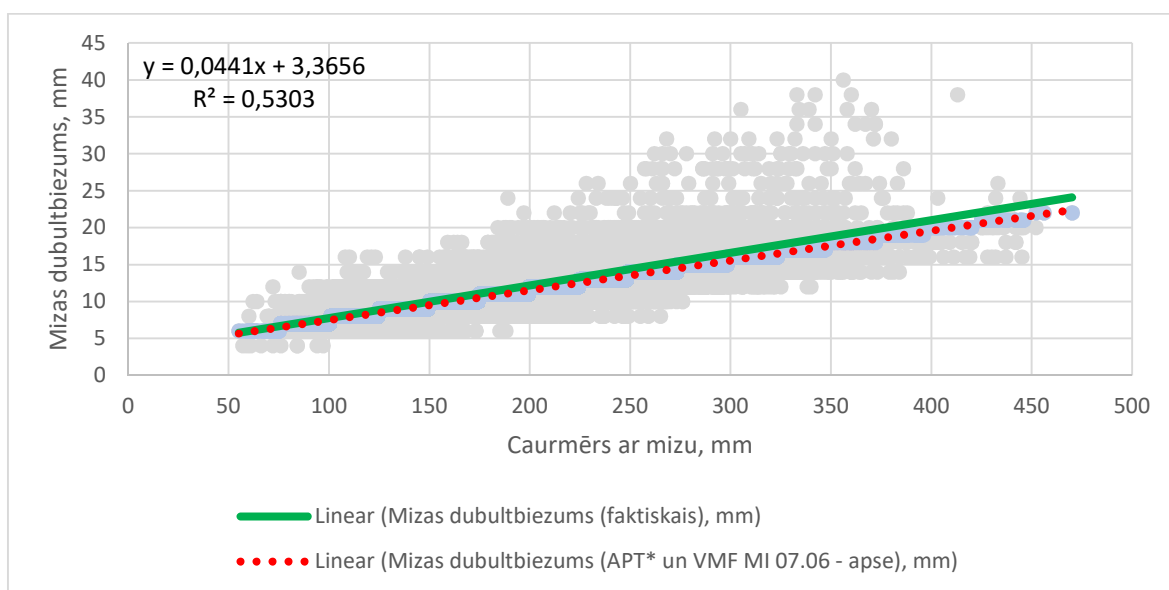
Bērzu mizas redukcijas algoritma izvērtējums galvenā cirtē (40 un 44 cm)

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06
40	0	426	37	21
	0,1	354	22	18
	0,2	330	18	17
	0,3	314	18	16
	0,4	299	17	15
	0,5	279	17	15
	0,6	268	17	14
	0,7	242	16	13
	0,8	213	15	12
	0,9	179	13	11
	1	156	12	10
44	0	472	30	23
	0,1	420	21	20
	0,2	394	18	19
	0,3	367	18	18
	0,4	348	17	18
	0,5	325	16	17
	0,6	302	16	16
	0,7	284	16	15
	0,8	245	15	13
	0,9	211	13	12
	1	185	13	11

6.3. Bērzu mizas redukcijas algoritmu izvērtējums

Pašreiz veicot mežizstrādi ar harvesteru bērza apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums aprēķina pēc ATP* failā norādītās lineārās funkcijas, kuras koeficienti sakrīt VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem apses lineārās funkcijas koeficientiem (skat. 3.3. tab.).

Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem, vislielākās atšķirības var novērot stumbra resgalī pirmajam nogriežnim starp faktisko un pēc lineārās funkcijas aprēķināto mizas dubultbiezumu. Stumbru resgaļa nogriežņiem tievgalī atšķirības nepārsniedz 4 mm, bet resgalī sasniedz 16 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. 6.1. att.)



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

Izmantojot 6.1. attēlā attēloto lineāro regresiju, ir sagatavoti jauni lineārās funkcijas koeficienti bērza mizas dubultbiezuma novērtēšanas uzlabošanai (skat. 6.1. formulu).

$$MDB = 3,3656 + 0,0441 * Dt_{am} , \quad (6.1.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

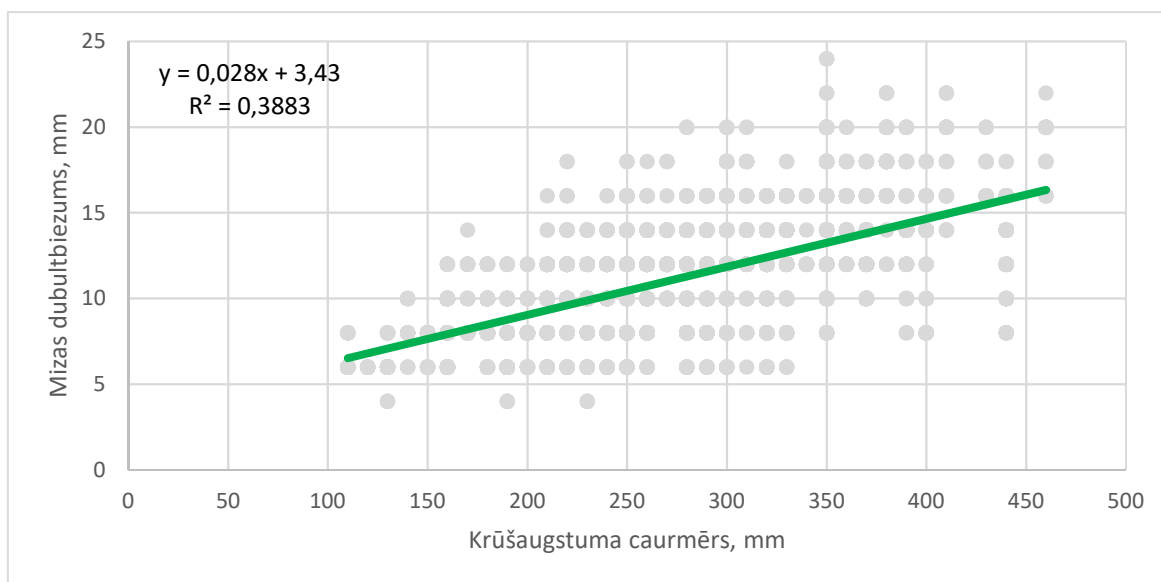
Dt_{am} – apaļā kokmateriāla tievgalā caurmērs ar mizu, mm.

Lai risinātu mizas dubultbiezuma novērtēšanas problēmas ar resgaļa sortimentiem, iespējams izmantot rādītājus mizas dubultbiezuma palielināšanai (skat. 6.12. tab.). Šādu paņēmieni iespējams īstenot pārstrādes vietās ar automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, bet ne mežizstrādē ar harvesteriem.

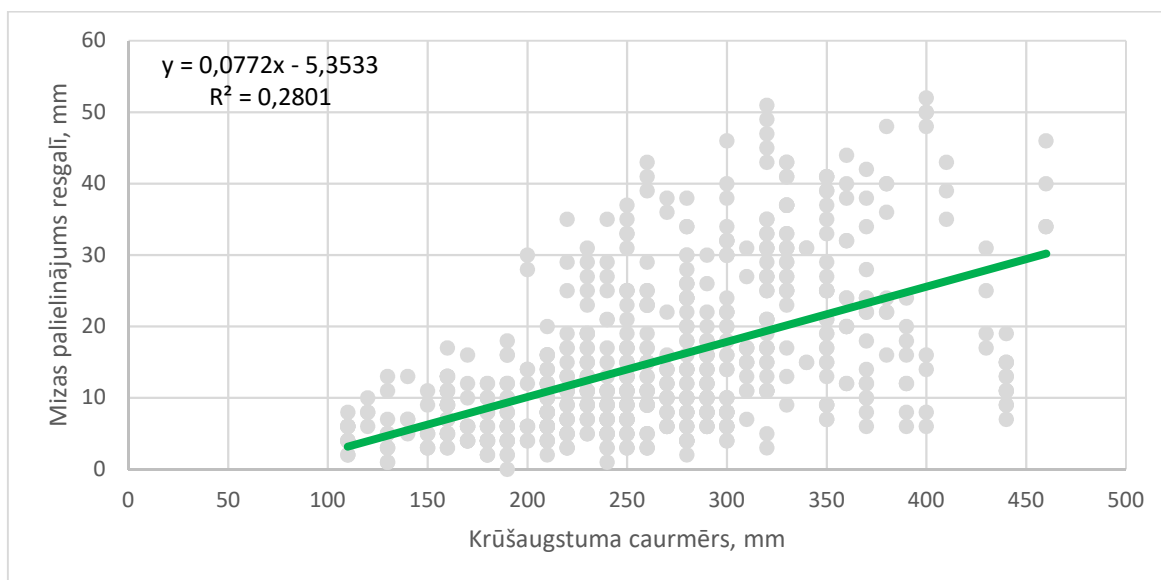
Tamdēļ šī projekta ietvaros sagatavots mizas redukcijas algoritms harvesteram, lai optimāli veiktu mizas dubultbiezuma aprēķinu. Algoritmā tiek ietverts koka krūšaugstuma caurmērs un attālums no stumbra resgaļa, kas iepriekš veiktajā analizē tika raksturoti kā mizas dubultbiezumu būtiski ietekmējošie faktori.

Lai sagatavotu šādu mizas dubultbiezuma aprēķina algoritmu, vispirms jānovērtē mizas dubultbiezums bez palielinājuma resgalī un tā izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma caurmēra, tāpat jānovērtē mizas dubultbiezuma palielinājuma izmaiņas stumbra resgalī atkarībā no krūšaugstuma caurmēra (skat. 6.2. un 6.3 att.).

Šajā gadījumā mizas dubultbiezums palielinās, palielinoties koka stumbra krūšaugstuma caurmēram. Līdzīga izmaiņu tendence novērojama arī mizas dubultbiezuma palielinājumam stumbra resgalī.



6.2. att. Bērzu mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma caurmēra.



6.3. att. Bērzu mizas dubultbiezuma palielinājums stumbra resgalī atkarībā no krūšaugstuma caurmēra.

Izmantojot 6.2. un 6.3. attēlā attēlotās lineārās funkcijas, izveidots matemātisks algoritms bērzu mizas dubultbiezuma novērtēšanai harvesteros. Šāds algoritms spēj objektīvāk raksturot kreves mizas dubultbiezumu stumbra resgalī (skat. 6.2. formulu). Nepieciešamības gadījumā šo algoritmu var pielāgot automatizētām uzmērīšanas ierīcēm resgaļu sortimentu uzmērīšanai.

$$MDB = 0,028 * D_{KA} + 3,43 + \left(\frac{0,0772 * D_{KA} - 5,3533}{1,58^{(h*0,01)}} \right), \quad (6.2.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{KA} – koka krūšaugstuma caurmērs, mm;

h – attālums no stumbra resgaļa, cm.

Izmantojot šobrīd praksē izmantoto lineārās funkcijas mizas redukcijas algoritmu un projekta ietvaros sagatavotos matemātiskos algoritmus, novērtēta mizas redukcijas algoritma ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 6.11. tab.). Novērtējot mizas dubultbiezuma redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpumu novirze tiek aprēķināta atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

6.11. tabula

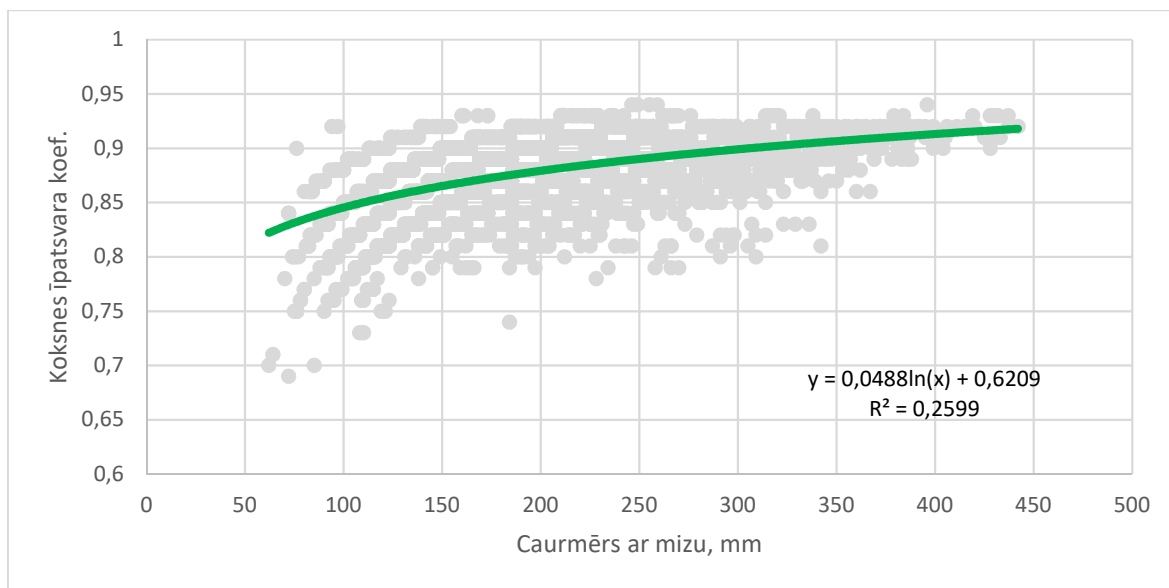
Tilpuma novirze pēc bērza mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze, %		
	APT* faila un VMF MI 07.06	P8_Bērzs_AUI	P8_Bērzs_HARV
12	0,0	0,0	0,0
16	1,8	1,8	0,6
20	0,3	-0,7	-1,0
24	0,4	0,0	0,0
28	0,6	-0,5	-0,6
32	1,6	0,6	0,2
36	1,9	1,3	0,7
40	2,4	1,7	0,7
44	0,4	-0,3	-0,9

Izvērtējot mizas redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, lielākās novirzes var novērot koku stumbriem ar krūšaugstuma caurmēra pakāpi 16, 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 svārstās robežās no -1,0 līdz 0,7 %.

6.4. Bērza koksnes īpatsvara koeficienti

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. 6.4. att.).



6.4. 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. 6.12. tab.). Mizas tilpums atkarībā no caurmēra svārstās robežas no 15 % (100 - 119 mm) līdz 8 % (420 mm un resnāki).

6.12. tabula

Projekta ietvaros sagatavotie koksnes īpatsvara koeficienti bērza finierklučiem.

Caurmērs, mm	Koksnes īpatsvara koeficients	Mizas tilpums, %	Mizas atskaitījums resgaļa nogriežņiem*	
			Līdz 3 m	Virs 3 m
100 - 119	0,85	15	150 %	125 %
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 nogriežņiem ar izteiktu krevi mizu visa sortimenta garumā dubulto mizas atskaitījumu

7. Apses mizas dubultbiezuma analīze

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.

Krājas kopšanas cirtēs sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 7.1. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, lielākoties tiek aprēķināts par 1 - 3 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski. Savukārt pēc projekta ietvaros sagatavotiem lineārās funkcijas koeficientiem bērziem (P8_Bērzs_AUI) lielākoties tiek aprēķināts par 2 - 3 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski.

7.1. tabula

Apses mizas redukcijas algoritmu izvērtējums krājas kopšanas cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06	P8_Bērzs_AUI
12	0	138	10	9	9
	0,1	125	8	9	9
	0,2	122	8	8	9
	0,3	118	7	8	9
	0,4	112	6	8	8
	0,5	114	6	8	8
	0,6	107	5	8	8
	0,7	100	5	7	8
	0,8	96	5	7	8
	0,9	90	5	7	7
	1	84	5	7	7
16	0	177	12	11	11
	0,1	165	9	10	11
	0,2	159	8	10	10
	0,3	154	7	10	10
	0,4	146	7	9	10
	0,5	140	6	9	9
	0,6	129	6	9	9
	0,7	122	6	8	9
	0,8	115	6	8	8
	0,9	101	6	8	8
	1	91	6	7	7
20	0	213	15	12	13
	0,1	198	13	12	12
	0,2	191	11	11	12
	0,3	182	9	11	11
	0,4	168	9	10	11
	0,5	162	9	10	11
	0,6	152	9	10	10
	0,7	146	9	10	10
	0,8	131	8	9	9
	0,9	110	7	8	8
	1	93	7	7	7

Apšu mežaudzēs ar I un II bonitāti galvenajā cirtē sagatavotiem stumbra nogriežņiem (skat. 7.2. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, 24, 28 un 32 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs, nevērtējot stumbra resgali, lielākoties tiek aprēķināts no 1 līdz 2 mm lielāks mizas dubultbiezums. Savukārt pēc projekta ietvaros sagatavotiem lineārās funkcijas koeficientiem bērziem lielākoties tiek aprēķināts par 1 - 3 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski.

7.2. tabula

Apses mizas redukcijas algoritmu izvērtējums galvenā cirtē (24, 28 un 32 cm)

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06	P8_Bērzs_AUI
24	0	257	17	14	15
	0,1	235	14	13	14
	0,2	231	12	13	14
	0,3	207	10	12	12
	0,4	194	10	11	12
	0,5	183	9	11	12
	0,6	169	9	10	11
	0,7	153	8	10	10
	0,8	141	8	9	10
	0,9	117	7	8	9
28	1	93	7	7	7
	0	308	19	16	17
	0,1	271	13	14	15
	0,2	258	13	14	15
	0,3	252	12	14	14
	0,4	240	12	13	14
	0,5	219	11	12	13
	0,6	200	10	11	12
	0,7	178	10	11	11
	0,8	162	9	10	11
32	0,9	138	8	9	9
	1	119	7	8	9
	0	349	23	18	19
	0,1	305	15	16	17
	0,2	291	13	15	16
	0,3	271	13	14	15
	0,4	251	12	14	14
	0,5	235	11	13	14
	0,6	222	11	12	13
	0,7	204	11	12	12
0,8	188	10	11	12	
0,9	165	10	10	11	
1	143	10	9	10	

Veicot datu ievākšanu galvenā cirtē uzmanība tika pievērsta arī lielāku dimensiju apšu stumbriem mežaudzē (36, 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpe). Šo koku stumbru nogriežņiem (skat. 7.3. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus un nevērtējot stumbra resgali, 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. Savukārt pēc projekta ietvaros sagatavotiem lineārās funkcijas koeficientiem bērziem mizas dubultbiezuma noteikšanas precizitāte svārstās 1 – 2 mm robežas salīdzinot ar faktisko faktiski.

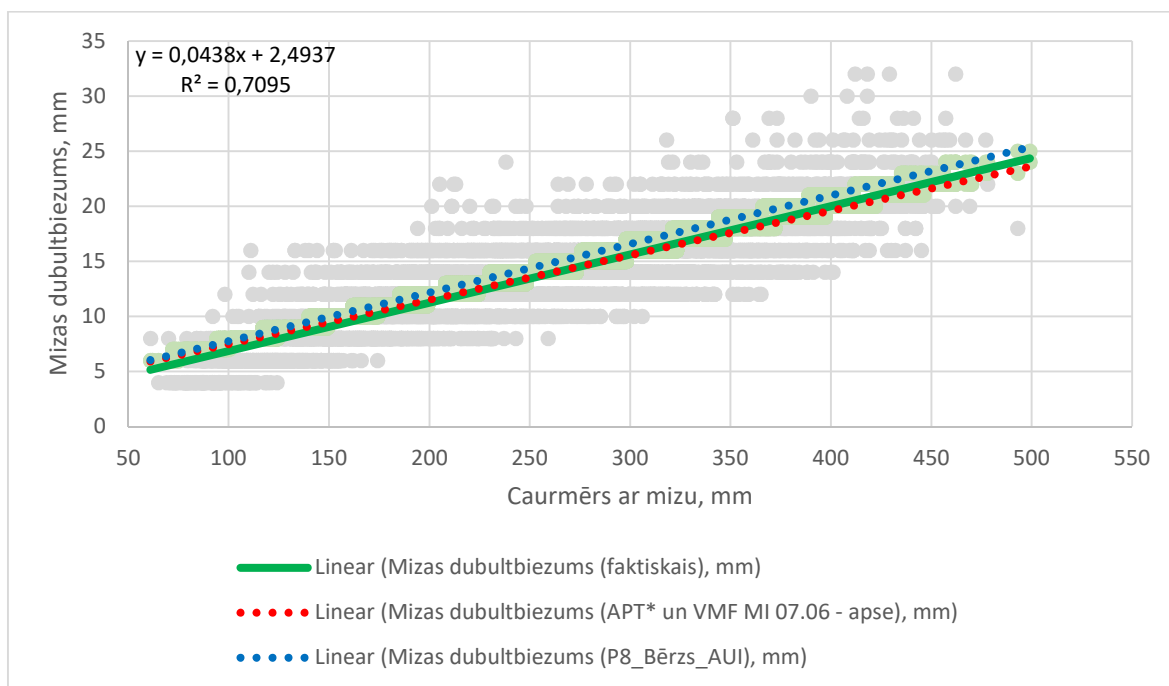
7.3. tabula

Apses mizas redukcijas algoritmu izvērtējums galvenā cirtē (36, 40 un 44)

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06	P8_Bērzs_AUI
36	0	387	24	19	20
	0,1	343	18	17	19
	0,2	322	16	16	18
	0,3	310	15	16	17
	0,4	293	14	15	16
	0,5	274	14	15	15
	0,6	257	14	14	15
	0,7	238	13	13	14
	0,8	215	13	12	13
	0,9	190	12	11	12
40	0	426	25	21	22
	0,1	382	18	19	20
	0,2	361	17	18	19
	0,3	342	16	17	18
	0,4	324	16	17	18
	0,5	306	16	16	17
	0,6	285	16	15	16
	0,7	262	15	14	15
	0,8	238	15	13	14
	0,9	199	13	11	12
	1	163	12	10	11
44	0	465	28	22	24
	0,1	419	21	20	22
	0,2	393	19	19	21
	0,3	370	18	18	20
	0,4	345	17	17	19
	0,5	324	17	17	18
	0,6	304	17	16	17
	0,7	279	17	15	16
	0,8	245	15	13	14
	0,9	206	14	12	12
	1	163	13	10	11

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. 3.3. tab.). Šo funkciju izmanto arī pārstrādes vietās apses apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma novērtēšanai 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 novērstu šo novirzi iespējams pārskatīt lineārās funkcijas koeficientus (skat. 7.1. att.)



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

Izmantojot 7.1. attēlā attēloto lineāro regresiju, ir sagatavoti jauni lineārās funkcijas koeficienti apses mizas dubultbiezuma novērtēšanas uzlabošanai (skat. 7.1. formulu).

$$MDB = 2,4937 + 0,0438 * D_{am} , \quad (7.1.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu, mm.

Kā redzams no 7.1. attēla, mizas dubultbiezuma starpība izmainās, palielinoties caurmēram. Tievajiem sortimentiem mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas ir par 1 mm mazāks salīdzinot ar ATP* 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. 7.4. tab.).

7.4. tabula

Tilpuma novirze pēc mizas redukcijas algoritmiem

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

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 cirtē.

Ar pārstrādātiem lineārās funkcijas koeficientiem (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.

Pārstrādātās apses lineārās funkcijas koeficientus (P8_Apse_AUI_HARV) ir iespējams izmantot arī bērza apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma novērtēšanai.

8. Baltalkšņa mizas dubultbiezuma analīze

Veicot analīzi baltalkšņa faktiskā mizas dubultbiezuma izmaiņām stumbra garumā circes veids (krājas kopšanas cirte vai galvenā cirte) un bonitātes klase netiks ievērtēta.

Mežizstrādē ar harvesteru un pārstrādes vietās baltalkšņu apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma novērtēšanai tiek izmantots egles mizas redukcijas algoritms. Egles 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. Vēl bez pašreiz izmantotiem mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficientiem tiks apskatīti arī projekta ietvaros sagatavotie lineārās funkcijas koeficienti eglei (skat. 5.1. formulu).

Tālākā datu analīzē apkopots faktiskais un pēc lineārās funkcijas koeficientiem aprēķinātais baltalkšņa mizas dubultbiezums un tā izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, var novērot tā pakāpenisku samazinājumu stumbra galotnes virzienā.

Baltalkšņa stumbra nogriežņiem (skat. 8.1. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos egles lineārās funkcijas koeficientus, 12, 16, 20 un 24 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs lielākoties tiek aprēķināts par 1 - 3 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski.

8.1. tabula

Baltalkšņa mizas redukcijas algoritmu izvērtējums

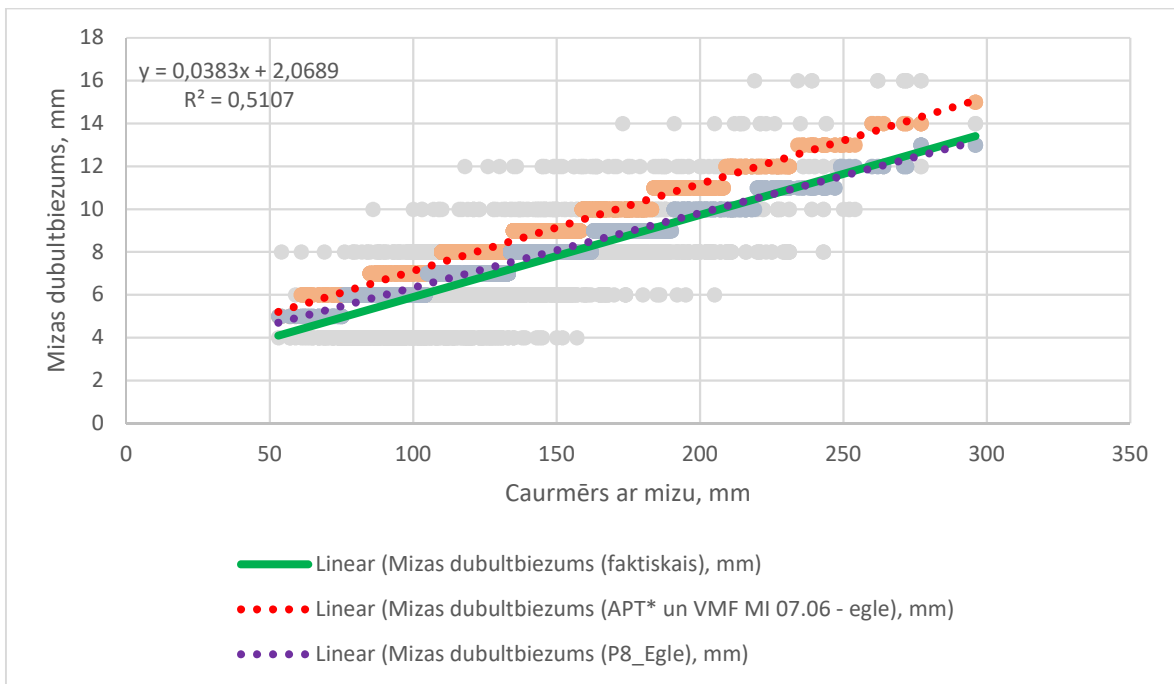
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06 - egle	P8_Egle
12	0	141	8	9	8
	0,1	127	7	8	7
	0,2	116	6	8	7
	0,3	113	6	8	7
	0,4	111	6	8	7
	0,5	101	6	7	6
	0,6	103	6	7	6
	0,7	99	6	7	6
	0,8	90	6	7	6
	0,9	89	6	7	6
	1	84	5	6	6
16	0	180	9	10	9
	0,1	162	8	10	8
	0,2	152	8	9	8
	0,3	142	7	9	8
	0,4	138	7	9	8
	0,5	131	7	8	7
	0,6	125	7	8	7
	0,7	118	7	8	7
	0,8	107	6	7	7
	0,9	100	7	7	6
	1	91	6	7	6

8.1. tabulas turpinājums

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm		
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06 - egle	P8_Egle
20	0	211	11	12	10
	0,1	194	10	11	10
	0,2	182	8	11	9
	0,3	174	8	10	9
	0,4	161	8	9	8
	0,5	156	8	9	8
	0,6	147	8	9	8
	0,7	138	8	9	8
	0,8	132	8	8	8
	0,9	113	7	8	7
	1	112	7	8	7
24	0	259	14	14	12
	0,1	237	11	13	11
	0,2	224	9	12	11
	0,3	210	9	11	10
	0,4	202	8	11	10
	0,5	196	8	11	10
	0,6	186	8	11	9
	0,7	173	8	10	9
	0,8	150	8	9	8
	0,9	127	7	8	7
	1	107	6	7	7

Savukārt pēc projekta ietvaros sagatavotiem lineārās funkcijas koeficientiem eglei, 12, 16 un 20 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs tiek aprēķināts līdz 1 mm lielāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko faktiski, bet 24 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpē lielākoties tiek aprēķināts par 1 - 2 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas ir faktiski.

Šajās apskatītajās mizas redukcijas funkcijās mizas dubultbiezumu mežizstrādē un pārstrādes vietās nosaka atkarībā no kokmateriālu caurmēra ar mizu. Izvērtējot baltalkšņu mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem starpība starp faktisko un pēc līdz šim lietotās egles lineārās funkcijas aprēķināto var sasniegt 3 mm, bet pēc projekta ietvaros pārstrādātās egles lineārās funkcijas starpība var sasniegt 2 mm. Lai novērstu šo novirzi iespējams izvērtēt lineārās funkcijas koeficientus, kurus labāk piemērot baltalkšņa apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma novērtēšanai (skat. 8.1. att.)



8.1. att. Baltalkšņa mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Kā redzams no 8.1. attēla, mizas dubultbiezuma starpība izmainās, palielinoties caurmēram. Tievajiem baltalkšņa sortimentiem mizas dubultbiezums pēc APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās egles funkcijas koeficientiem tiek aprēķināts par 1 mm lielāks, bet resnākiem sortimentiem par 2 mm lielāks. Baltalkšņa apaļiem kokmateriāliem, izmantojot projekta ietvaros sagatavotos egles mizas dubultbiezuma aprēķina funkcijas koeficientus, starpība ar faktisko mizas dubultbiezumu nepārsniedz 1mm.

Izmantojot šobrīd praksē izmantoto egles lineārās funkcijas mizas redukcijas algoritmu un projekta ietvaros uz šo brīdi sagatavoto egles matemātisko algoritmu, novērtēta mizas redukcijas algoritma ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 8.2. tab.).

8.2. tabula

Tilpuma novirze baltalkšņa stumbra nogriežņiem pēc egles mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze, %	
	APT* fails un VMF MI 07.06 (egle)	P8_Egle
12	-2,8	-1,4
16	-1,4	0
20	-2,4	-0,8
24	-2,4	-0,5

Ar projekta ietvaros sagatavotiem egles lineārās funkcijas koeficientiem baltalkšņa apaļiem kokmateriāliem iespējams iegūt augstāku uzmērīšanas precizitāti, salīdzinot ar līdz šim izmantotiem egles lineārās funkcijas koeficientiem.

9. Melnalkšņa, ozola un oša mizas dubultbiezuma analīze

Melnalksnis, ozols un osis nav Latvijā plaši izplatītas koku sugas, bet tās joprojām ir komerciāli nozīmīgas tamdēļ projekta ietvaros uzmanība tika pievērsta šo koku sugu mizas dubultbiezumam, lai darījumos ar apliem kokmateriāliem varētu novērtēt objektīvu kokmateriālu tilpumu bez mizas.

Melnalksnim miza ir plēkšņaini krevaina, ozolam krevaina un osim smalki krevaina, dēļ šī mizas raksturojuma visas šīs koku sugas tika apvienotas vienā koku sugu grupā.



9.1. att. Ozola apaļie kokmateriāli.

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

No pašreiz izmantotiem mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficientiem ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā biežāko mizu lapu koku sugām iespējams aprēķināt ar bērza un apses koeficientiem, kuri tiks izmantoti tālākā datu analīzē, lai veiktu salīdzināšanu.

No 9.1. līdz 9.3. tabulā apkopots faktiskais un pēc bērza un apses lineārās funkcijas koeficientiem aprēķinātais melnalkšņa, ozola un oša mizas dubultbiezums un tā izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, var novērot tā pakāpenisks samazinājums stumbra galotnes virzienā.

Krājas kopšanas cirtē sagatavotiem melnalkšņa, ozola un oša stumbra nogriežņiem (skat. 8.1. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos bērza un apses lineārās funkcijas koeficientus, noteiktā mizas dubultbiezums starpība nepārsniedz 2 mm salīdzinot ar faktisko.

9.1. tabula

Melnalkšņa, ozola un oša mizas redukcijas algoritma izvērtējums krājas kopšanas cirtē

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06 (bērzs un apse)
12	0	138	10	9
	0,1	118	9	8
	0,2	106	7	8
	0,3	106	6	8
	0,4	97	6	7
	0,5	97	6	7
	0,6	93	6	7
	0,7	88	6	7
	0,8	84	6	7
	0,9	75	6	6
	1	71	5	6
16	0	191	14	11
	0,1	161	12	10
	0,2	153	12	10
	0,3	143	11	9
	0,4	138	11	9
	0,5	133	11	9
	0,6	127	11	9
	0,7	120	11	8
	0,8	108	10	8
	0,9	94	9	7
	1	88	9	7
20	0	231	15	13
	0,1	199	12	12
	0,2	190	12	11
	0,3	179	12	11
	0,4	173	12	10
	0,5	162	12	10
	0,6	152	11	10
	0,7	143	11	9
	0,8	125	9	9
	0,9	112	9	8
	1	94	8	7

Galvenajā cirtē sagatavotiem melnalkšņa, ozola un oša stumbra nogriežņiem (skat. 9.2. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos bērza un apses lineārās funkcijas koeficientus, 24, 28 un 32 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpēs, tiek novērtēts līdz 4 mm mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko.

9.2. tabula

**Melnalkšņa, ozola un oša mizas redukcijas algoritma izvērtējums galvenajā cirtē
(24, 28 un 32 cm)**

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06 (bērzs un apse)
24	0	268	17	14
	0,1	231	15	13
	0,2	220	15	12
	0,3	209	14	12
	0,4	202	15	12
	0,5	192	14	11
	0,6	181	14	11
	0,7	172	13	10
	0,8	157	13	10
	0,9	140	12	9
	1	130	12	9
28	0	313	18	16
	0,1	273	16	14
	0,2	261	16	14
	0,3	247	15	13
	0,4	239	16	13
	0,5	225	15	13
	0,6	212	15	12
	0,7	197	15	11
	0,8	184	15	11
	0,9	162	14	10
	1	145	13	9
32	0	363	21	18
	0,1	315	20	16
	0,2	297	18	15
	0,3	281	18	15
	0,4	266	17	14
	0,5	257	18	14
	0,6	243	17	13
	0,7	228	16	13
	0,8	207	16	12
	0,9	180	15	11
	1	171	15	10

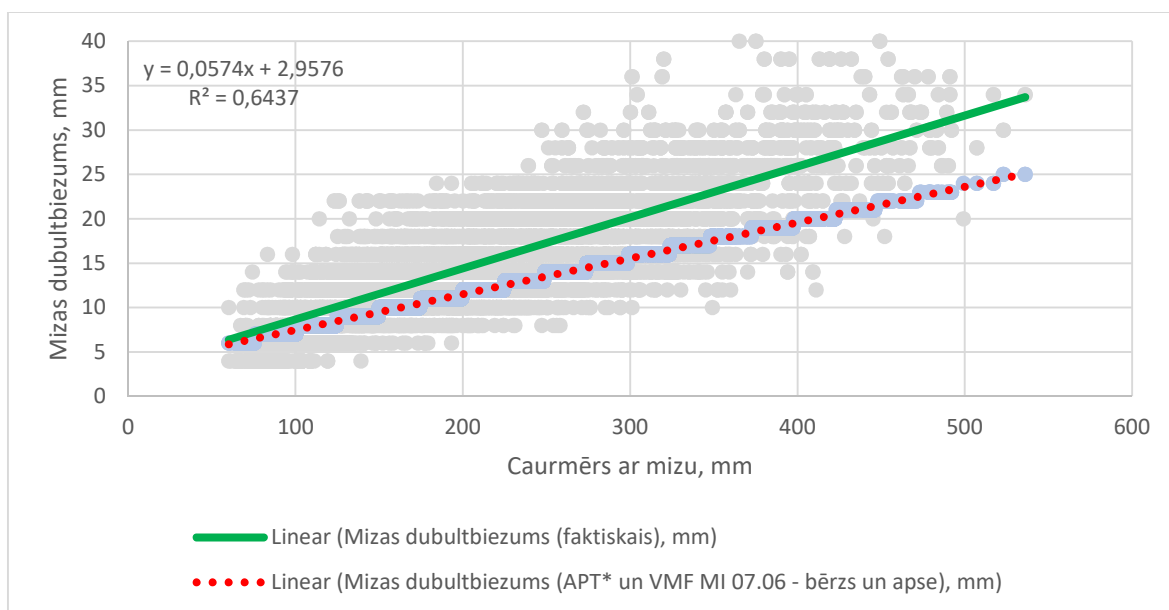
Veicot datu ievākšanu galvenā cirtē uzmanība tika pievērsta arī lielāku dimensiju melnalkšņa, ozola un oša stumbriem mežaudzē (36, 40 un 44 cm krūšaugstuma caurmēra pakāpe). Šo koku stumbru nogriežņiem (skat. 9.3. tab.), izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos bērza un apses lineārās funkcijas koeficientus, tiek novērtēts līdz 12 mm mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko.

9.3. tabula

**Melnalkšņa, ozola un oša mizas redukcijas algoritma izvērtējums galvenajā cirtē
(40 un 44 cm)**

Krūšaugstuma caurmēra pakāpe, cm	Stumbra relatīvais garums	Caurmērs, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
			Faktiskais	APT* un VMF MI 07.06 (bērzs un apse)
36	0	383	21	19
	0,1	345	21	17
	0,2	323	21	16
	0,3	313	20	16
	0,4	296	20	15
	0,5	287	20	15
	0,6	266	19	14
	0,7	253	18	14
	0,8	223	17	13
	0,9	194	17	11
40	0	433	24	21
	0,1	385	23	19
	0,2	369	23	18
	0,3	348	22	18
	0,4	333	22	17
	0,5	318	24	16
	0,6	302	22	16
	0,7	283	21	15
	0,8	267	22	14
	0,9	226	19	13
	1	204	19	12
44	0	476	30	23
	0,1	447	28	22
	0,2	411	28	20
	0,3	410	30	20
	0,4	400	30	20
	0,5	377	26	19
	0,6	369	29	18
	0,7	342	27	17
	0,8	321	25	16
	0,9	291	27	15
	1	254	26	14

Izvērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā dažāda krūšaugstuma caurmēra pakāpes kokiem starpība starp faktisko un pēc līdz šim lietotās lineārās funkcijas aprēķināto var sasniegt 12 mm. Lai risinātu šo novirzi nepieciešams sagatavot mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficientus melnalkšņa, ozola un oša apaļiem kokmateriāliem (skat. 9.2. att.)



9.2. att. Melnalkšņa, ozola un oša s mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Izmatojot 9.2. attēlā attēloto lineāro regresiju, ir sagatavoti jauni lineārās funkcijas koeficienti apses mizas dubultbiezuma novērtēšanas uzlabošanai (skat. 9.1. formulu).

$$MDB = 2,9576 + 0,0574 * D_{am}, \quad (9.1.)$$

kur

MDB – mizas dubultbiezums, mm;

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu, mm.

Kā redzams no 9.2. attēla, mizas dubultbiezuma starpība izmainās, palielinoties caurmēram. Tievajiem sortimentiem (100 mm) mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas ir par 2 mm lielāks salīdzinot ar APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto funkciju, bet resnākiem sortimentiem (450 mm) lielāks par 8 mm. Šajā gadījumā vērtējot mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no apaļo kokmateriāla caurmēra, novērojamas būtiskas atšķirības starp esošo bērza un apses lineāro funkciju un jaunizveidoto.

Izmantojot šobrīd praksē izmantoto bērza lineārās funkcijas mizas redukcijas algoritmu un projekta ietvaros sagatavoto matemātisko algoritmu, tiek novērtēta mizas redukcijas algoritma ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 9.4. tab.).

9.4. tabula

Tilpuma novirze pēc apses mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze, %	
	APT* fails un VMF MI 07.06 (bērzs un apse)	P8_Ma_Oz_Os
12	-3	-7,6
16	2,6	0
20	2,2	-1,1
24	2,5	-0,5
28	3	-0,5
32	3	-0,3
36	3,4	0
40	4	0,6
44	5,1	1,7

Ar jaunizveidoto lineāro funkciju (P8_Ma_Oz_Os) ir iespējams uzlabot tilpuma noteikšanas precizitāti melnalkšņa, ozola un oša apaļiem kokmateriāliem. Izvērtējot mizas redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, lielākās novirzes var novērot koku stumbriem ar krūšaugstuma caurmēra pakāpi 12 cm. Šajā gadījumā tilpuma novirzes skaidrojamas ar to, ka neatbilstošs (lielāks) mizas dubultbiezums, tiek norēķināts koka stumbra nogriežņiem, kas sagatavoti krājas kopšanas cirtē, kad miza ir vēl plāna un nav izveidojusies krevaina miza. Izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto bērza funkciju tilpuma noteikšanas precizitāte, neskatot krūšaugstuma caurmēra pakāpi 12 cm, svārstās robežās no 2,2 līdz 5,1 %. Tādēļ lai uzlabotu tilpuma noteikšanas precizitāti melnalkšņa, ozola un oša apaļiem kokmateriāliem mizas redukcijai APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā būtu jānorāda atsevišķi lineārās funkcijas koeficienti, kas sagatavoti izpētes projekta laikā.

Secinājumi un priekšlikumi

1. Izmantojot APT* failā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, priedes stumbra resgaļa sortimentiem galvenajā cirtē noteikts mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko, līdz ar to tilpuma starpība svārstās robežās no 7,5 līdz 9,8 %. Stumbra daļā ar vidēju mizu tilpuma starpība svārstās robežās no -0,6 līdz 0,2 %, bet atlikušajā stumbra daļā ar plānu mizu tilpuma starpība svārstās robežās no -3,8 līdz -4,3 %. Līdzīga tilpuma noviržu tendence novērojama arī krājas kopšanas cirtēs
2. Izvērtējot Zviedrijas institūta “Skogforsk” 2004. gadā izstrādāto priedes mizas funkciju, harvesteriem ir novērojama tendence galvenā cirtē noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte atkarībā no krūšaugstuma caurmēra pakāpes un mizas tipa svārstās robežās no -0,7 līdz -4,6 %. Izmantojot “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto mizas funkciju, vērtīgāko resgaļu sortimentu tilpuma novirzes ir ievērojami mazākas. Līdz ar to Latvijā no šobrīd pieejamām mizas redukcijas funkcijām harvesteriem būtu rekomendējama Zviedrijas institūta “Skogforsk” 2004. gadā izstrādātā priedes mizas funkcija.
3. Izmantojot projekta ietvaros sagatavoto priedes mizas redukcijas algoritmu harvesteriem, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -0,7 līdz 0,6 %. Turpmākajā darbā ieviešot jaunizveidoto mizas redukcijas algoritmu harvesteru standartā StanForD 2010, tas būtu rekomendējams harvesteriem Latvijā mizas dubultbiezuma novērtēšanai.
4. VMF MI 07.06 instrukcijā norādītie lineārie vienādojumi katram priedes mizas tipam piemēroti automatizētām uzmērīšanas ierīcēm pārstrādes vietās, kur tilpuma aprēķināšanai izmanto tievgaļa caurmēru un raukumu. Sekciju tipa uzmērīšanas gadījumā nepilnīgi tiek novērtēts mizas dubultbiezums (mazāks) stumbra resgaļa sortimentiem.
5. Izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto lineāro funkciju egles mizas dubultbiezuma aprēķināšanai, tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -1,2 līdz -1,6%, kas pamato nepieciešamību pārstrādāt šobrīd pielietotās lineārās funkcijas koeficientus.
6. Egles apaļo kokmateriālu mizas redukcijai, izmantojot projekta ietvaros pārstrādāto lineāro funkciju, tilpuma novirze atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes galvenajā cirtē svārstās robežās no -0,5 līdz 0,3%. Lai iegūtu atbilstošāku mizas dubultbiezumu un mazākas tilpuma novirzes dēļ mizas redukcijas, turpmāk būtu jāizmanto projekta ietvaros pārstrādātā lineārā mizas funkcija.
7. Ar projekta ietvaros sagatavotiem egles lineārās funkcijas koeficientiem baltalkšņa apaļiem kokmateriāliem iespējams iegūt augstāku uzmērīšanas precizitāti, salīdzinot to ar līdz šim izmantotiem egles lineārās funkcijas koeficientiem
8. Lai uzlabotu uzmērīšanas precizitāti bērza apaļiem kokmateriāliem ar automatizētām uzmērīšanas ierīcēm pārstrādes vietās un harvesteriem mežā, ieteicams izmantot projekta ietvaros izstrādātās matemātiskās funkcijas mizas apjoma novērtēšanai.
9. 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. Lai optimāli veiktu mizas dubultbiezuma aprēķinu resgaļa sortimentiem,

projekta ietvaros sagatavots mizas redukcijas algoritms, kur kā ietekmējošie faktori mizas dubultbiezuma aprēķināšanā tiek ietverti koka krūšaugstuma caurmērs un attālums no stumbra resgaļa.

10. 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).
11. Lai risinātu mizas apjoma novērtēšanas problēmas ar bērza resgaļa sortimentiem, iespējams izmantot koeficientus mizas apjoma palielināšanai. Resgaļa sortimentiem mizas atskaitījums atkarībā no apaļā kokmateriāla garuma jāpalielina par 150 – 125 %, bet resgaļa sortimentiem ar izteiktu kreves mizu visa sortimenta garumā dubulto mizas atskaitījumu.
12. Apses un bērza apaļiem kokmateriāliem mizas redukcijai var turpināt izmantot identiskus lineārās funkcijas koeficientus.
13. Lai uzlabotu tilpuma noteikšanas precizitāti, melnalkšņa, ozola un oša apaļiem kokmateriāliem mizas redukcijai APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā būtu jānorāda atsevišķi lineārās funkcijas koeficienti, kas sagatavoti izpētes projekta laikā.

Izmantoto informācijas avotu saraksts

1. Apaļo kokmateriālu tilpuma individuālās uzmērīšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru un optimizācijas iespēju izpēte. Aktivitāte Nr.1 "Individuālo tilpuma noteikšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru izpēte" Pieejams: https://site-417100.mozfiles.com/files/417100/P13_1_aktivitates_atskaite-2.pdf
2. Apaļo kokmateriālu tilpuma individuālās uzmērīšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru un optimizācijas iespēju izpēte. Aktivitāte Nr.2 „Stacionāro uzmērīšanas ierīču, līniju tilpuma noteikšanas precizitātes izvērtēšana” Pieejams: https://site-417100.mozfiles.com/files/417100/P13_2_aktivitates_atskaite-1.pdf
3. Hannrup, B., 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport från Skogforsk nr 575, 2004, Uppsala
4. Introduction to StanForD 2010. Pieejams: <https://www.skogforsk.se/contentassets/1a68cdce4af1462ead048b7a5ef1cc06/stanford-2010-introduction-150826.pdf>
5. Kopšanas ciršu rokasgrāmata - Latvijas valsts meži. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicacijas/KC-rokasgramata.pdf
6. PROCEDŪRA Nr. VKP1/2018 "Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)". Pieejams: https://site-417100.mozfiles.com/files/417100/Procedura_Nr_VKP1_2018_LV_ar_izmainam_24_02_2021-1.pdf
7. Procedūras Nr. VKP1/2018 1. Pielikums. Pieejams: http://site-417100.mozfiles.com/files/417100/1_Pielikums_Procedurai_Nr_VKP1_2018-1.pdf
8. 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
9. Stumbra sagarumošanas (APT*) failu uzstādījumu standarts (Versija 17.). Pieejams: <https://www.lvm.lv/images/lvm/Profesionaliemi/Me%C5%BEizstr%C4%81de/Pielikumi/lvm-apt-standarts-v.17.pdf>
10. VMF MI 07.06 (5. variants). Mizas aprēķina sakarība pēc mizas tipa (metode 1.5.2., VMF PR P 7.3.01.01).
11. VMF MI 07.06 (5. variants). Mizas aprēķins pēc caurmēra grupām, pielietojot mizas koeficientu (metode 1.5.1., VMF PR P 7.3.01.01).

Pielikumi

Apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezuma un
tilpuma tabulas

1. pielikums

Priedes apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums pēc 3 mizas tipiēm

Bieza miza				Vidēja miza				Plāna miza			
D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	MDB, mm
50	7	310	21	50	4	310	12	50	3	310	6
60	8	320	22	60	5	320	13	60	3	320	6
70	8	330	22	70	5	330	13	70	3	330	7
80	9	340	23	80	5	340	13	80	3	340	7
90	9	350	23	90	6	350	13	90	3	350	7
100	10	360	24	100	6	360	14	100	4	360	7
110	10	370	25	110	6	370	14	110	4	370	7
120	11	380	25	120	6	380	14	120	4	380	7
130	11	390	26	130	7	390	15	130	4	390	7
140	12	400	26	140	7	400	15	140	4	400	8
150	13	410	27	150	7	410	15	150	4	410	8
160	13	420	27	160	8	420	16	160	4	420	8
170	14	430	28	170	8	430	16	170	4	430	8
180	14	440	28	180	8	440	16	180	5	440	8
190	15	450	29	190	9	450	17	190	5	450	8
200	15	460	29	200	9	460	17	200	5	460	8
210	16	470	30	210	9	470	17	210	5	470	8
220	16	480	30	220	10	480	17	220	5	480	9
230	17	490	31	230	10	490	18	230	5	490	9
240	17	500	32	240	10	500	18	240	5	500	9
250	18	510	32	250	10	510	18	250	6	510	9
260	19	520	33	260	11	520	19	260	6	520	9
270	19	530	33	270	11	530	19	270	6	530	9
280	20	540	34	280	11	540	19	280	6	540	9
290	20	550	34	290	12	550	20	290	6	550	10
300	21	560	35	300	12	560	20	300	6	560	10

D_{tam} – apaļā kokmateriāla tievgaļa caurmērs ar mizu.

MDB – mizas dubultbiezums.

2. pielikums

Priedes apaļo kokmateriālu mizas tilpums pēc 3 mizas tipiem

Bieza miza				Vidēja miza				Plāna miza			
D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %
50	26	310	13	50	15	310	8	50	12	310	4
60	25	320	13	60	16	320	8	60	10	320	4
70	22	330	13	70	14	330	8	70	8	330	4
80	21	340	13	80	12	340	8	80	7	340	4
90	19	350	13	90	13	350	7	90	7	350	4
100	19	360	13	100	12	360	8	100	8	360	4
110	17	370	13	110	11	370	7	110	7	370	4
120	17	380	13	120	10	380	7	120	7	380	4
130	16	390	13	130	10	390	8	130	6	390	4
140	16	400	13	140	10	400	7	140	6	400	4
150	17	410	13	150	9	410	7	150	5	410	4
160	16	420	12	160	10	420	7	160	5	420	4
170	16	430	13	170	9	430	7	170	5	430	4
180	15	440	12	180	9	440	7	180	5	440	4
190	15	450	12	190	9	450	7	190	5	450	4
200	14	460	12	200	9	460	7	200	5	460	3
210	15	470	12	210	8	470	7	210	5	470	3
220	14	480	12	220	9	480	7	220	4	480	4
230	14	490	12	230	9	490	7	230	4	490	4
240	14	500	12	240	8	500	7	240	4	500	4
250	14	510	12	250	8	510	7	250	5	510	3
260	14	520	12	260	8	520	7	260	5	520	3
270	14	530	12	270	8	530	7	270	4	530	3
280	14	540	12	280	8	540	7	280	4	540	3
290	13	550	12	290	8	550	7	290	4	550	4
300	14	560	12	300	8	560	7	300	4	560	4

D_{tam} – apaļā kokmateriāla tievgaļa caurmērs ar mizu.

3. pielikums

Priedes apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums pēc 2 mizas tipiem

Bieza miza				Plāna miza			
D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	MDB, mm
50	8	310	22	50	3	310	7
60	8	320	23	60	3	320	7
70	9	330	24	70	3	330	7
80	9	340	25	80	3	340	8
90	9	350	26	90	3	350	8
100	10	360	27	100	3	360	8
110	10	370	28	110	4	370	9
120	10	380	29	120	4	380	9
130	11	390	30	130	4	390	9
140	11	400	31	140	4	400	9
150	12	410	32	150	4	410	10
160	12	420	34	160	4	420	10
170	13	430	35	170	4	430	10
180	13	440	36	180	5	440	11
190	14	450	38	190	5	450	11
200	14	460	39	200	5	460	11
210	15	470	41	210	5	470	12
220	15	480	42	220	5	480	12
230	16	490	44	230	5	490	13
240	17	500	46	240	6	500	13
250	17	510	48	250	6	510	13
260	18	520	50	260	6	520	14
270	19	530	52	270	6	530	14
280	19	540	54	280	6	540	15
290	20	550	56	290	7	550	15
300	21	560	58	300	7	560	16

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu.

MDB – mizas dubultbiezums.

4. pielikums

Priedes apaļo kokmateriālu mizas tilpums pēc 2 mizas tipiem

Bieza miza				Plāna miza			
D _{am} , mm	Mizas tilpums, %	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %
50	29	310	14	50	12	310	4
60	25	320	14	60	10	320	4
70	24	330	14	70	8	330	4
80	21	340	14	80	7	340	5
90	19	350	14	90	7	350	5
100	19	360	14	100	6	360	4
110	17	370	15	110	7	370	5
120	16	380	15	120	7	380	5
130	16	390	15	130	6	390	5
140	15	400	15	140	6	400	4
150	15	410	15	150	5	410	5
160	14	420	16	160	5	420	5
170	15	430	16	170	5	430	5
180	14	440	16	180	5	440	5
190	14	450	16	190	5	450	5
200	14	460	16	200	5	460	5
210	14	470	17	210	5	470	5
220	13	480	17	220	4	480	5
230	13	490	17	230	4	490	5
240	14	500	18	240	5	500	5
250	13	510	18	250	5	510	5
260	13	520	18	260	5	520	5
270	14	530	19	270	4	530	5
280	13	540	19	280	4	540	5
290	13	550	19	290	5	550	5
300	14	560	20	300	5	560	6

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu.

5. pielikums

Egles un baltalkšņa apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums un tilpums

D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %
50	5	310	14	50	19	310	9
60	5	320	14	60	16	320	9
70	5	330	14	70	14	330	8
80	6	340	15	80	14	340	9
90	6	350	15	90	13	350	8
100	6	360	15	100	12	360	8
110	7	370	16	110	12	370	8
120	7	380	16	120	11	380	8
130	7	390	16	130	10	390	8
140	8	400	17	140	11	400	8
150	8	410	17	150	10	410	8
160	8	420	17	160	10	420	8
170	9	430	18	170	10	430	8
180	9	440	18	180	10	440	8
190	9	450	19	190	9	450	8
200	10	460	19	200	10	460	8
210	10	470	19	210	9	470	8
220	11	480	20	220	10	480	8
230	11	490	20	230	9	490	8
240	11	500	20	240	9	500	8
250	12	510	21	250	9	510	8
260	12	520	21	260	9	520	8
270	12	530	21	270	9	530	8
280	13	540	22	280	9	540	8
290	13	550	22	290	9	550	8
300	13	560	22	300	8	560	8

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu.

MDB – mizas dubultbiezums.

6. pielikums

Bērzu apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums un tilpums

D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	MDB, mm	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %	D _{tam} , mm	Mizas tilpums, %
50	6	310	17	50	23	310	11
60	6	320	17	60	19	320	10
70	6	330	18	70	16	330	11
80	7	340	18	80	17	340	10
90	7	350	19	90	15	350	11
100	8	360	19	100	15	360	10
110	8	370	20	110	14	370	11
120	9	380	20	120	14	380	10
130	9	390	21	130	13	390	10
140	10	400	21	140	14	400	10
150	10	410	21	150	13	410	10
160	10	420	22	160	12	420	10
170	11	430	22	170	13	430	10
180	11	440	23	180	12	440	10
190	12	450	23	190	12	450	10
200	12	460	24	200	12	460	10
210	13	470	24	210	12	470	10
220	13	480	25	220	11	480	10
230	14	490	25	230	12	490	10
240	14	500	25	240	11	500	10
250	14	510	26	250	11	510	10
260	15	520	26	260	11	520	10
270	15	530	27	270	11	530	10
280	16	540	27	280	11	540	10
290	16	550	28	290	11	550	10
300	17	560	28	300	11	560	10

D_{tam} – apaļā kokmateriāla tievgaļa caurmērs ar mizu.

MDB – mizas dubultbiezums.

7. pielikums

Apses apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums un tilpums

D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %
50	5	310	16	50	19	310	10
60	5	320	17	60	16	320	10
70	6	330	17	70	16	330	10
80	6	340	17	80	14	340	10
90	6	350	18	90	13	350	10
100	7	360	18	100	14	360	10
110	7	370	19	110	12	370	10
120	8	380	19	120	13	380	10
130	8	390	20	130	12	390	10
140	9	400	20	140	12	400	10
150	9	410	20	150	12	410	10
160	10	420	21	160	12	420	10
170	10	430	21	170	11	430	10
180	10	440	22	180	11	440	10
190	11	450	22	190	11	450	10
200	11	460	23	200	11	460	10
210	12	470	23	210	11	470	10
220	12	480	24	220	11	480	10
230	13	490	24	230	11	490	10
240	13	500	24	240	11	500	9
250	13	510	25	250	10	510	10
260	14	520	25	260	10	520	9
270	14	530	26	270	10	530	10
280	15	540	26	280	10	540	9
290	15	550	27	290	10	550	10
300	16	560	27	300	10	560	9

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu.

MDB – mizas dubultbiezums.

8. pielikums

Melnalkšņa, ozola un oša apaļo kokmateriālu mizas dubultbiezums un tilpums

D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	MDB, mm	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %	D _{am} , mm	Mizas tilpums, %
50	6	310	21	50	23	310	13
60	6	320	21	60	19	320	13
70	7	330	22	70	19	330	13
80	8	340	22	80	19	340	13
90	8	350	23	90	17	350	13
100	9	360	24	100	17	360	13
110	9	370	24	110	16	370	13
120	10	380	25	120	16	380	13
130	10	390	25	130	15	390	12
140	11	400	26	140	15	400	13
150	12	410	26	150	15	410	12
160	12	420	27	160	14	420	12
170	13	430	28	170	15	430	13
180	13	440	28	180	14	440	12
190	14	450	29	190	14	450	12
200	14	460	29	200	14	460	12
210	15	470	30	210	14	470	12
220	16	480	31	220	14	480	12
230	16	490	31	230	13	490	12
240	17	500	32	240	14	500	12
250	17	510	32	250	13	510	12
260	18	520	33	260	13	520	12
270	18	530	33	270	13	530	12
280	19	540	34	280	13	540	12
290	20	550	35	290	13	550	12
300	20	560	35	300	13	560	12

D_{am} – apaļā kokmateriāla caurmērs ar mizu.

MDB – mizas dubultbiezums.