

**Eiropas reģionālās attīstības fonda (ERAF) finansēts projekts „Meža
resursu ilgtspējīgas apsaimniekošanas plānošanas lēmumu pieņemšanas
atbalsta sistēma” (līguma numurs
2010/0208/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/146).**

**3. apakšaktivitātes
„Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju noteikšana un
programmas izstrāde”
GALA PĀRSKATS
par periodu no 01.11.2010. līdz 31.12.2013.**

Aktivitātes vadītājs: prof. Dr. sc. ing. Leonards Līpiņš

Izpildītāji

Doktoranti: Mg. sc. ing. Mareks Millers

Mg. sc. ing. Māris Davidāns

Maģistrants: Bc. sc. ing. Jānis Magaznieks

Darbinieki: prof. Dr. sc. ing. Andris Drēska

Mg. sc. ing. Gints Priedkalns

Bc. eoc. Jana Ķepīte

Mg. sc. ing. Andris Sladzevskis

Saturs

1. Literatūras apskats	3
1.1. Koksnes mitrums	3
1.1.1. Mitruma sadalījums šķērsgriezumā.....	3
1.1.2. Mitruma izmaiņas stumbra garenvirzienā	4
1.1.3. Mitruma izmaiņas gada laikā	6
1.2. Koksnes blīvums	8
1.3. Masas metode kokmateriālu apjoma novērtēšanā	13
1.4. Koksnes mitruma un blīvuma pētījumi Latvijā	15
2. Metodika stumbra koksnes un mizas mitruma, blīvuma un pārrēķina koeficientu noteikšanai	17
2.1. Parauglaukumu izvēle un paraugripu sagatavošana	17
2.2. Segmentu sagatavošana	22
2.3. Mitruma un blīvuma aprēķināšana	24
2.4. Pārrēķina koeficientu aprēķināšana	26
3. Pētījuma rezultāti un diskusija.....	28
3.1. Svaigi cirstas koksnes mitruma rādītāji	28
3.1.1. Skujkoku mitruma izmaiņas.....	28
3.1.2. Lapkoku mitruma izmaiņas.....	32
3.2. Sausas koksnes blīvuma rādītāji.....	35
3.2.1. Skujkoku blīvuma izmaiņas absolūti sausā stāvoklī	35
3.2.2. Lapkoku blīvuma izmaiņas absolūti sausā stāvoklī	39
3.3. Bāzes (reducētais) blīvums.....	41
3.3.1. Skujkoku bāzes blīvuma izmaiņas	41
3.3.2. Lapkoku bāzes blīvuma izmaiņas	43
3.4. Blīvuma raksturojums pie standartmitruma	45
3.5. Svaigi cirstas koksnes blīvums.....	46
3.5.1. Skujkoku blīvuma izmaiņas svaigi cirstā stāvoklī	46
3.5.2. Lapu koku blīvuma izmaiņas svaigi cirstā stāvoklī	49
3.6. Mizas raksturojums	52
3.7. Trupes raksturojums	53
3.8. Priedes, egles, bērza un apses blīvumi	54
4. Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju un pārrēķina koeficientu aprēķināšana	56
5. Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju un pārrēķina koeficientu aprēķināšanas metodika	63
5.1. Datu ievade	64
5.2. Aprēķinu veikšana	66
5.3. Rezultātu izmantošana.....	68
Literatūra	69

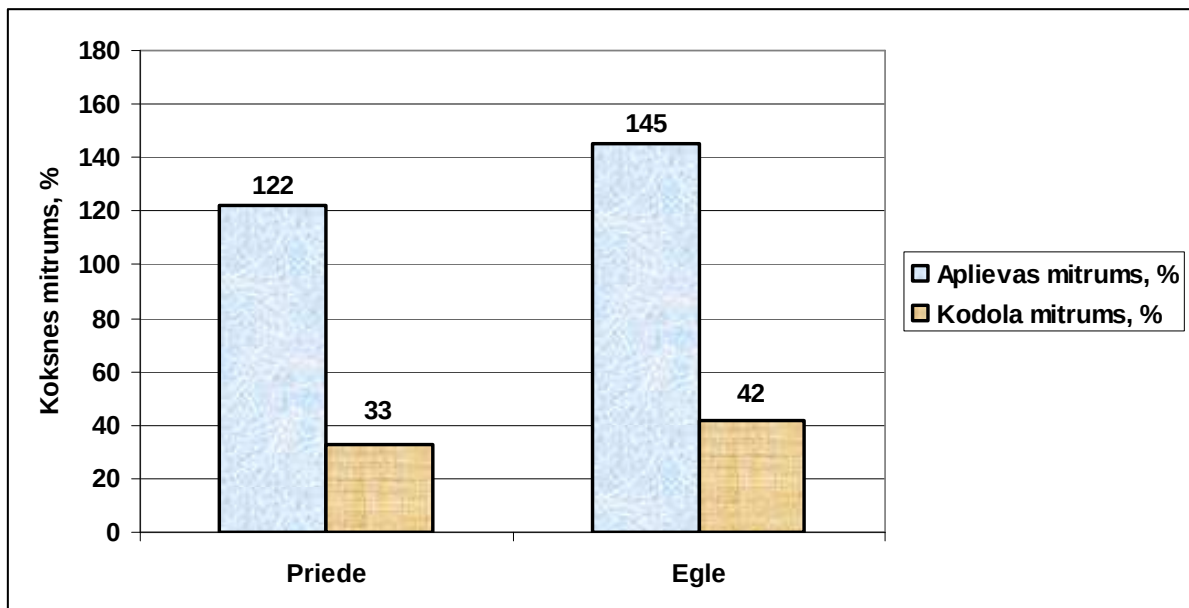
1. Literatūras apskats

1.1. Koksnes mitrums

Ar terminu koksnes mitrums tiek raksturots ūdens daudzums koksnē, kas izteikts procentos no koksnes masas. Lai savstarpēji salīdzinātu dažādu koku sugu koksnes mitrumu, galvenokārt izmanto absolūto koksnes mitrumu, kas raksturo koksnē esošās ūdens masas attiecību pret absolūti sausas koksnes masu. Koksnes mitruma sadalījums augoša koka stumbrā ir nevienmērīgs kā šķērsgriezumā, tā arī stumbra garenvirzienā.

1.1.1. Mitruma sadalījums šķērsgriezumā

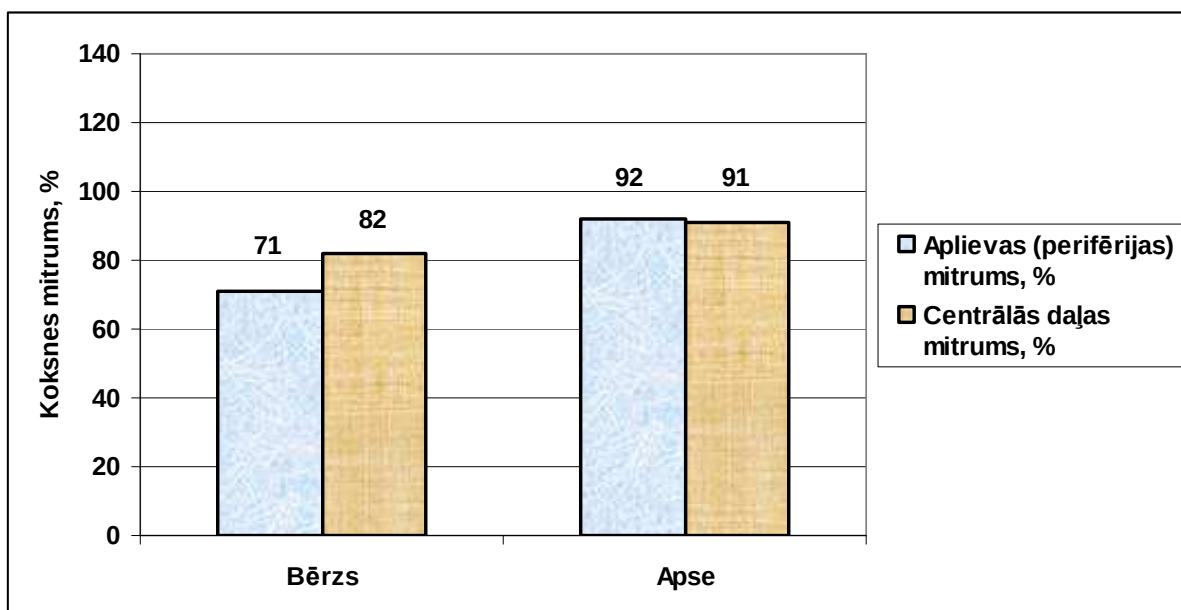
Skuju kokiem aplievas koksnes mitrums ievērojami atšķiras no kodola un bezkrāsas kodola koksnes mitruma; proti, aplievas koksne ir 2 – 4 reizes mitrāka par kodola koksni. Tas redzams 1.1. attēlā minētajos datos (Ванин 1949).



1.1. att. Koksnes mitrums aplievā un kodola koksnē skujkociem

Pēc pētījuma datiem lapu koku aplievas sugām (bērzs, apse) centrālās daļas mitrums maz atšķiras no aplievas koksnes (perifērijas) mitruma (Ваңин 1950). Skatīt 1.2. attēlu.

Kopējā tendence lapu koku sugām ir šāda, ka mitrums šķērsgriezumā sadalās vienmērīgi. Starpība starp ārējo un centrālo daļu nepārsniedz 15 %.



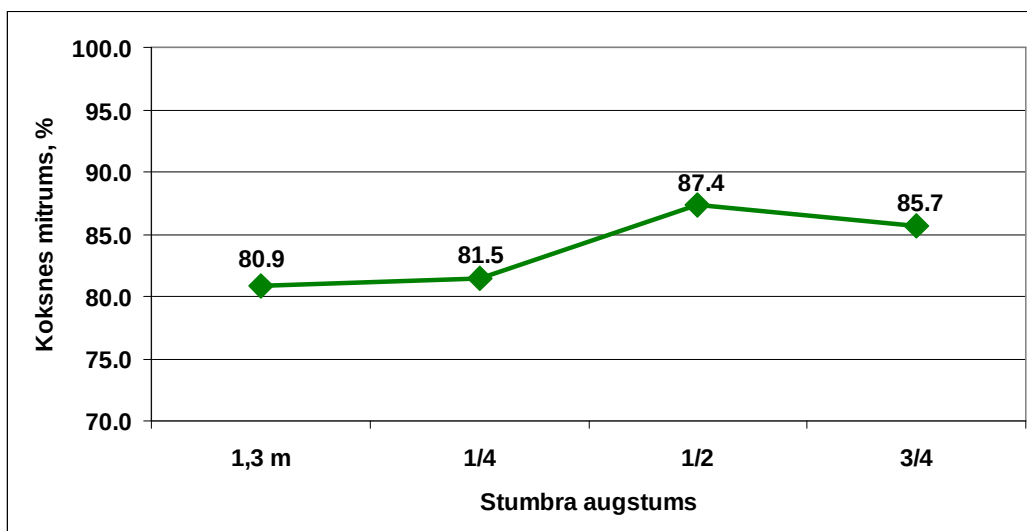
1.2. att. Koksnes mitrums lapu koku aplievas sugām

Lapu koku sugām aplievas un centrālās daļas koksne ūdens satura ziņā viena no otras krasi neatšķiras, un ir pat gadījumi (piem., bērzs), kad koksnes centrālās daļas mitrums ir lielāks nekā perifērijas koksnei (Kalniņš 1947).

1.1.2. Mitruma izmaiņas stumbra garenvirzienā

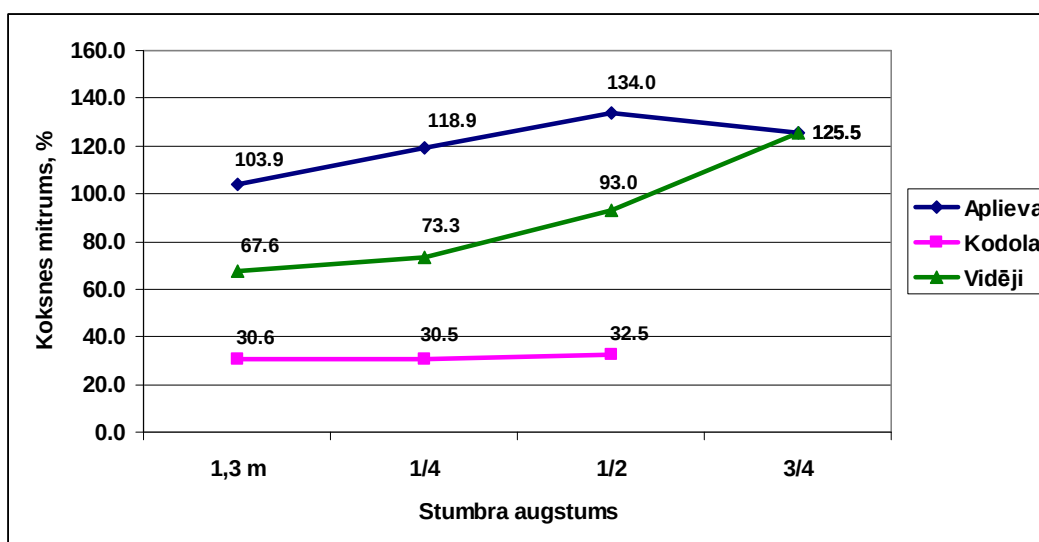
Aplievas lapu kokiem (apsei, bērzam) mitrums visā šķērsgrīzumā pieaug no resgaļa galotnes virzienā (Уголев 2001).

Koksnes mitruma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 1.3. attēlā. Līdz $\frac{1}{4}$ no stumbra augstuma koksnes mitruma izmaiņas ir minimālas. No $\frac{1}{4}$ līdz $\frac{1}{2}$ koksnes mitrums palielinās par nepilniem 6,7 %. Tālāk virzienā uz galotni koksnes mitrums pie $\frac{3}{4}$ nedaudz samazinās vai paliek nemainīgs. Jelgavā veiktajā pētījumā mitruma svārstības bērza koksnei stumbra garumā ir ap 8 % (Millers 2007).



1.3. att. Koksnes mitruma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā

Koksnes mitruma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 1.4. attēlā (Millers 2007).



1.4. att. Koksnes mitruma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā

Koksnes mitrums vienas koku sugas kokiem ir atkarīgs no koka vecuma. Jaunu koku koksnes mitrums ir mazliet lielāks nekā veciem kokiem. Bez tam jauniem kokiem mitruma svārstības gadā (starpība starp mitruma maksimumu un minimumu) ir daudz lielākas nekā veciem kokiem (Vaņins 1950).

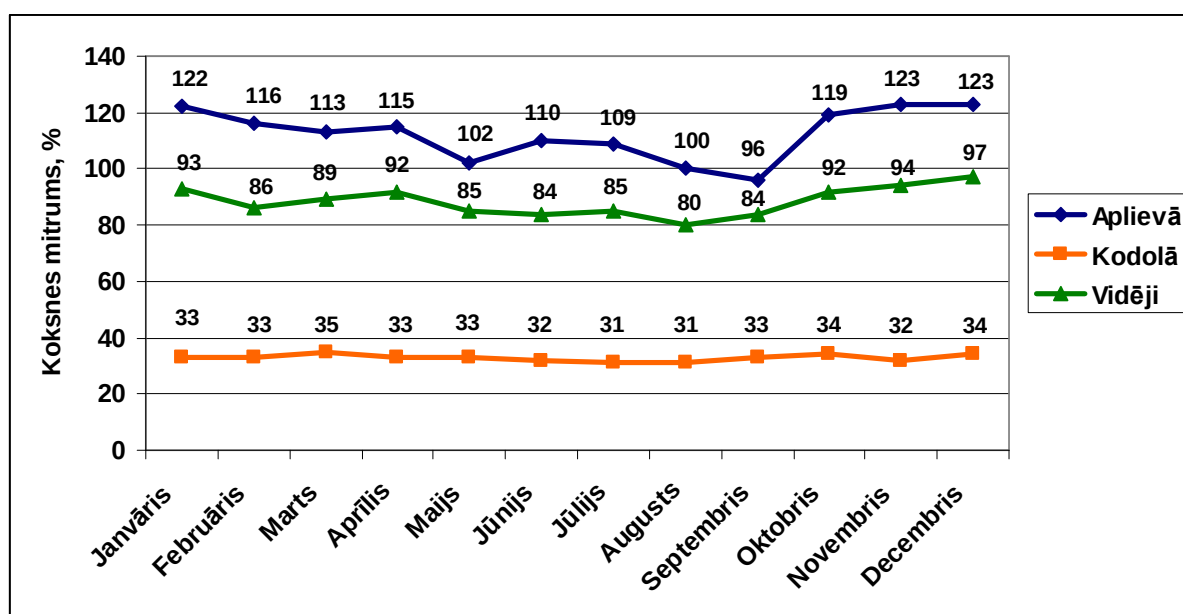
Priedei kodola koksnes īpatsvars ir atkarīgs arī no koka vecuma. Pieaugot koka vecumam, pieaug kodola koksnes īpatsvars. Pieaugot priedes diametram no 15 cm līdz 30 cm, kodola koksnes īpatsvars pieaug no 46 % līdz 67 %. Koka vecumam pieaugot no 60 līdz 129 gadiem, kodola koksnes daudzums pieaug no 21 % līdz 41 %. Līdz ar to samazinās vidējais stumbra koksnes mitrums. Ja pieņem, ka aplievas koksnes mitrums ir 131 % un kodola koksnes 31 %, tad priedes koksnes vidējais mitrums koka vecumam palielinoties no 60 līdz 129 gadiem samazinās no 110 % līdz 90 % (Tuherm 2005).

Mitrums augošos kokos ir atkarīgs no ciršanas laika un koku sugas. Augošos kokos konstatētas koksnes mitrums svārstības ne tikai gada garumā, bet arī atsevišķos dienas periodos – rītā, pusdienās un vakarā (Kalniņš 1947).

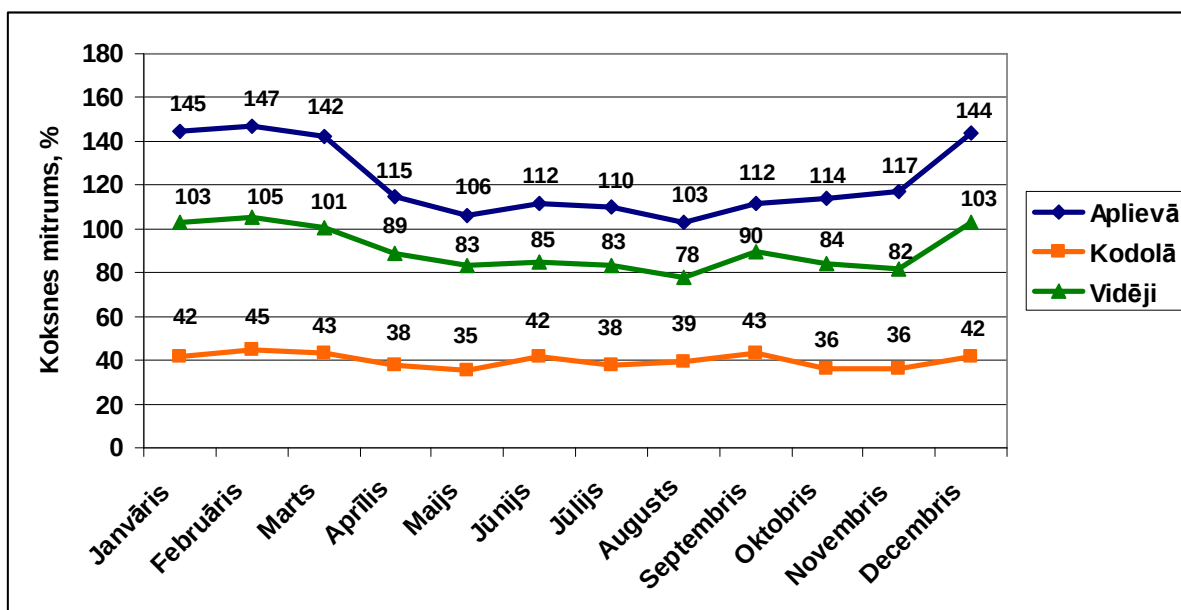
Piemēram, egles ārējās aplievas daļas koksnes mitrums rītā ir bijis 186 %, pusdienā — 132 %; un vakarā — 150 %. Tātad mitrāka koksne ir rīta stundās, bet sausāka ap pusdienlaiku (Ванин 1949).

1.1.3. Mitruma izmaiņas gada laikā

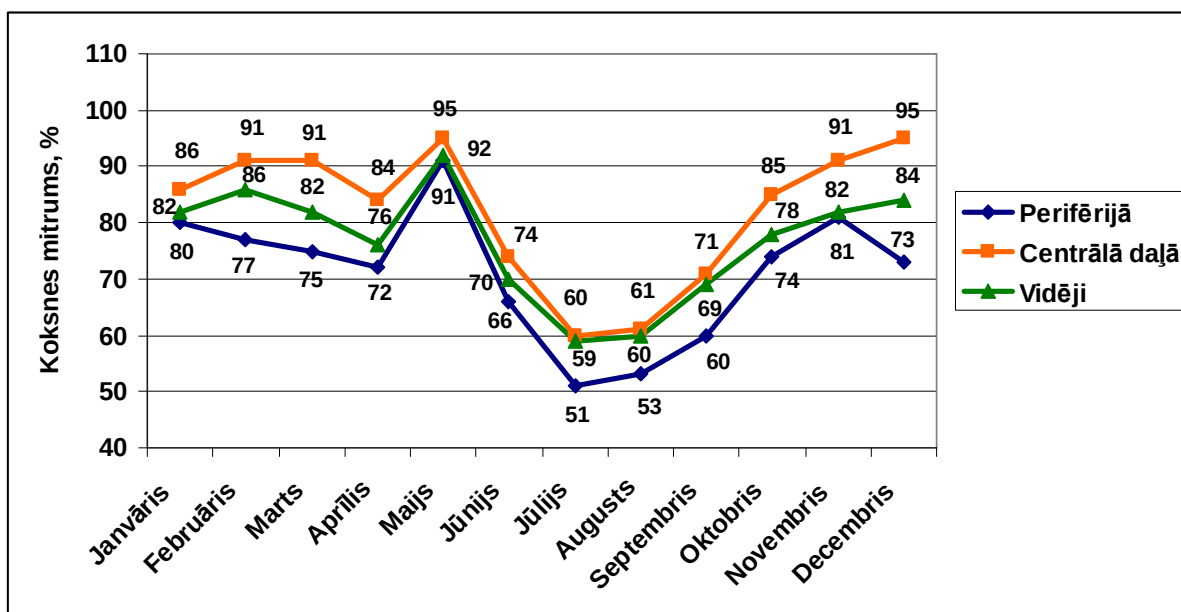
Pēc pētījumiem, kas veikti Ļeņingradas apgabalā, priedes un egles (70 - 90 gadīgas audzes), bērza un priedes (40 - 60 gadīgas audzes) koksnes mitrumu atkarībā no gada laika raksturo 1.5. – 1.8. attēlā parādītie skaitļi (Vaņins 1950).



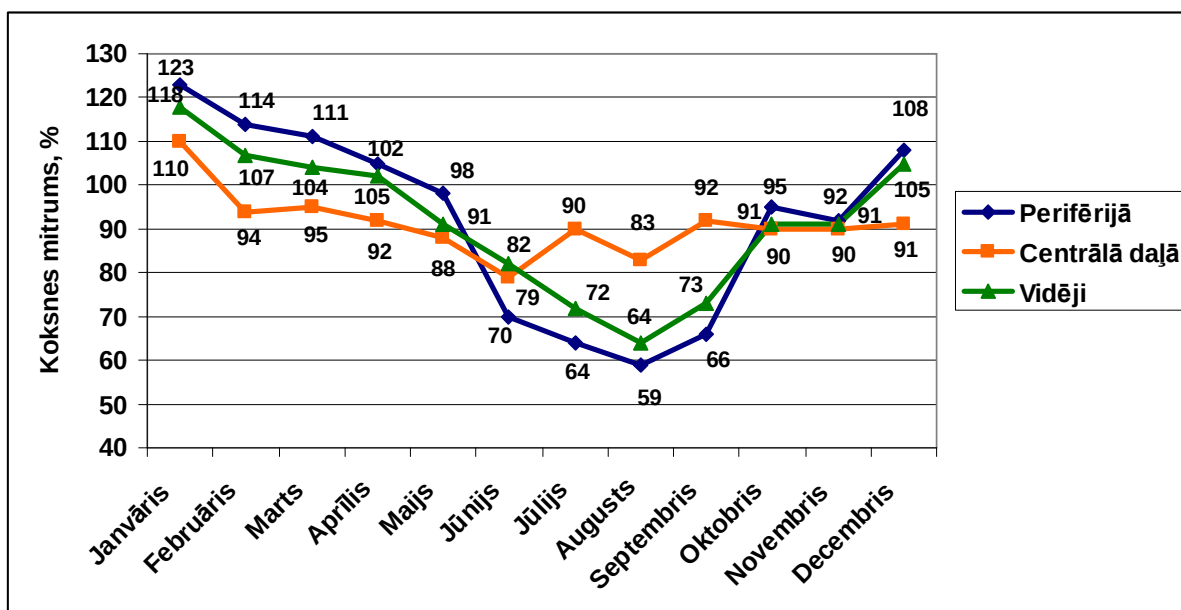
1.5. att. Priedes koksnes mitruma izmaiņas gada garumā



1.6. att. Egles koksnes mitruma izmaiņas gada garumā



1.7. att. Bērza koksnes mitruma izmaiņas gada garumā



1.8. att. Apses koksnes mitruma izmaiņas gada garumā

Pamatojoties uz minētajiem skaitļiem, var secināt, ka vairumam koku sugu vislielākais mitrums koksni ir rudens un ziemas periodā, bet mazākais jūlija un augusta mēnešos. Starpība starp koksnes maksimālo un minimālo mitrumu gada laikā priedēm var sasniegt 17 %, eglēm — 27 %, bērziem — 32 %, apsēm — 54 %.

Skujkokiem kodolkoksnes mitrums maz mainās gada garumā. Priedei tas svārstās robežās no 31 % līdz 35 %, bet eglei no 35 % līdz 45 %. Lielākais aplievas koksnes mitrums priedei ir novembrī un decembrī – 123 %, bet mazākais septembrī – 96 %. Priedes un eglei koksnes vidējais mitrums lielākoties atkarīgs no aplievas mitruma.

Bērzam stumbra centrālā daļa satur vairāk mitrumu nekā perifērija. Lielākais centrālās daļas mitrums bērzam ir maijā un decembrī – 95 %. Bērzam tāpat kā kļavai pavasarī ir sulu laiks, tāpēc koksnes mitrums ir tik augsts. Latvijā bērzam sulu laiks iestājas jau marta otrajā pusē vai aprīlī.

1.2. Koksnes blīvums

Blīvums ir koksnes masas attiecība pret tilpumu, un to mēra g cm^{-3} vai kg m^{-3} . Aplūkojot rādītāju „koksnes blīvums”, jāizšķir divi jēdzieni:

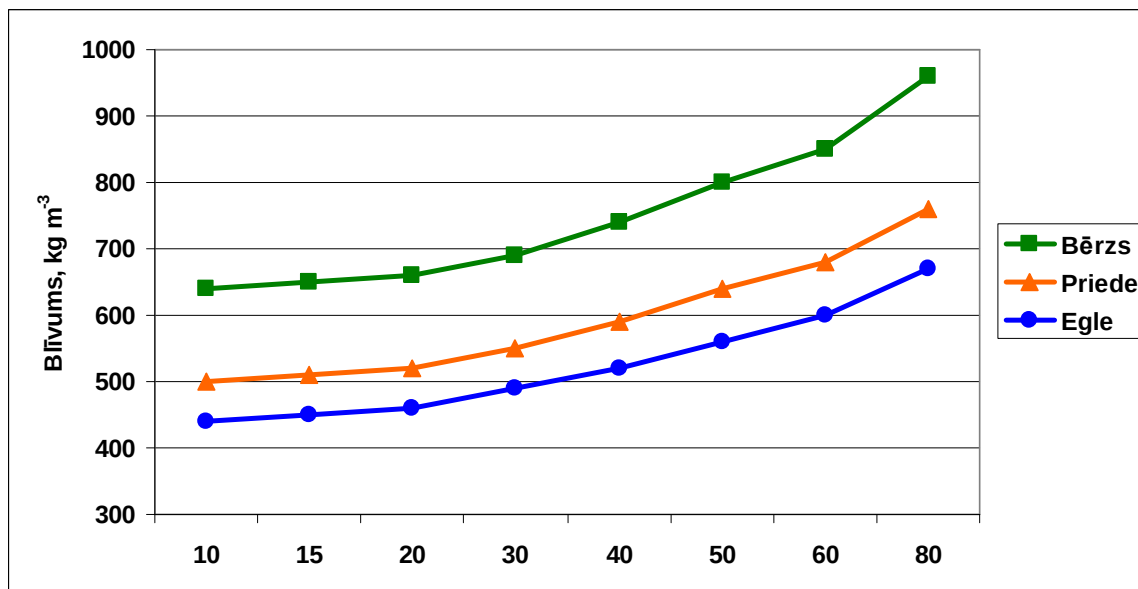
- koksnes vielas blīvums (koksnes šūnapvalka blīvums);
- konkrētas koku sugas koksnes blīvums pie noteikta mitruma, agrāk lietotais apzīmējums - koksnes tilpumsvars (Ozoliņš 2005).

Lai saprastu, kas ir koksnes viela, jāatceras koksnes uzbūves pamatelements — koksnes šūna. Koksnes viela veido šūnapvalku. Konkrēta koksne ir šūnu apkopojums, kas ietver sevī šūnapvalkus kopā ar šūnu dobumiem. Pirmajā gadījumā tā ir blīva koksnes viela, kurā nav nevienas poras. Otrā gadījumā tā ir koksne ar visām porām, kam mēdz būt visai dažādi izmēri un šūnapvalku biezums, atkarībā no augšanas apstākļiem, vietas kokā, vecuma un citiem apstākļiem (Ozoliņš 2005).

Koksnes vielas blīvums visām koku sugām vienāds, un tas ir $1,54 \text{ g cm}^{-3}$. Tas raksturo lielāko iespējamo koksnes blīvumu. Tam ir nozīme, aprēķinot koksnes porozitāti (Vaņins 1950).

Koksnes blīvums ir atkarīgs no vairākiem faktoriem. Pats nozīmīgākais no tiem ir koksnes mitrums. Koksne vienmēr satur zināmu daudzumu ūdens. Ūdens daudzumam koksne mainoties, mainās arī koksnes blīvums (Ozoliņš 2005).

Koksnes blīvuma izmaiņas atkarībā no mitruma skatīt 1.9. attēlā (Kops 1997).



1.9. att. Viena m^3 koksnes blīvums atkarībā no mitruma

Svaigi cirstā stāvoklī koksne ir smagāka, bet žāvējot tā kļūst vieglāka. Lai varētu salīdzināt blīvumu dažādām koku sugām, to nosaka koksnes paraugiem ar noteiktu mitrumu — 12 %, ko sauc par standartmitrumu (Уголев 1975). Skatīt 1.1. tabulu.

1.1. tabula

Koku sugu blīvumi, kg m^{-3}

Koku suga	ρ_0		ρ_{12}		ρ svaigi cirstai	
	Koksnei	Mizai	Koksnei	Mizai	Koksnei	Mizai
Bērzs	600	735	640	745	870	950
Priede	470	650	500	680	863	850
Apse	440	-	490	-	762	-
Egle	400	715	440	735	794	950

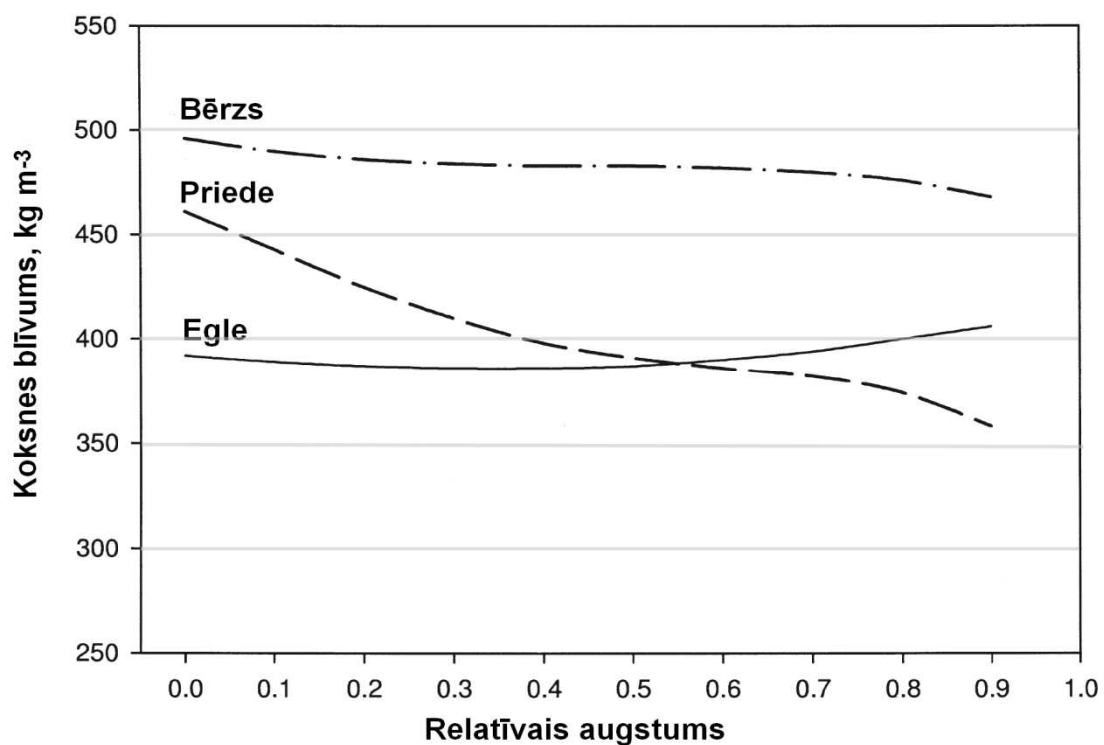
1.1. tabulā apkopoti galvenokārt Krievijā iegūti dati. Apskatot tabulu, var novērot, ka palielinoties koksnes mitrumam, blīvuma starpība starp koku sugām samazinās, jo mazāk blīvas koku sugas uzņem vairāk ūdens.

Koksni atkarībā no blīvuma pie standartmitruma (ar 12 % mitruma) var iedalīt trīs grupās:

- I. mazs blīvums ($\rho_{12} < 540 \text{ kg m}^{-3}$) – **priede, egle**, baltegle, ciedru priede, **apse**, liepa, baltalksnis, melnalksnis;
- II. vidējs blīvums ($550 - 740 \text{ kg m}^{-3}$) – lapegle, īve, **bērzs**, dižskābārdis, vīksma, goba, osis, ozols, kļava;
- III. liels blīvums (vairāk par 750 kg m^{-3}) – skābārdis, dzelzskoks, kizils, saksauls u.c. (Уголев, 1975).

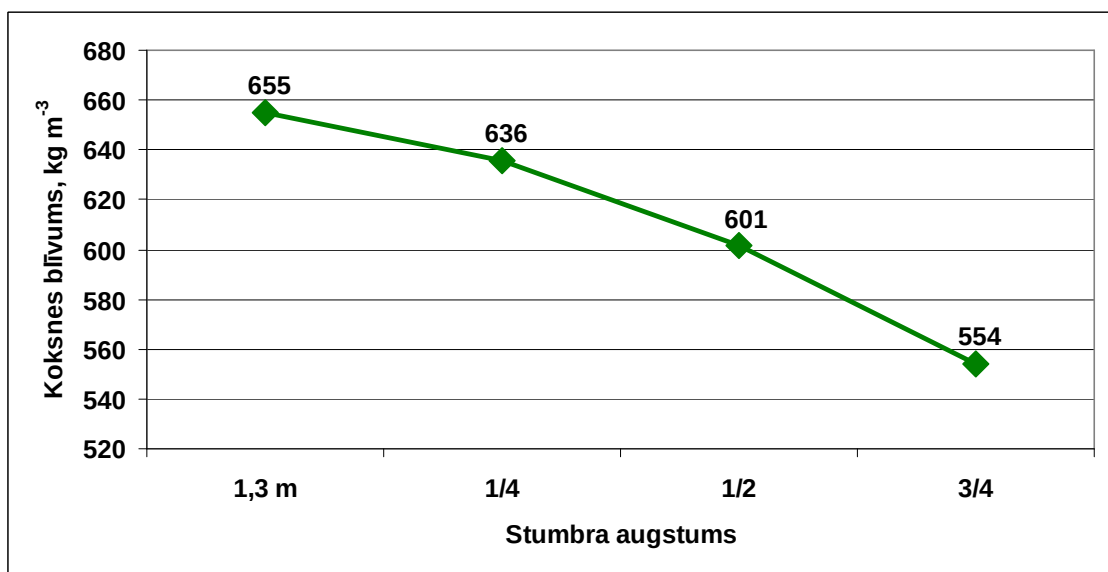
Koksnes blīvumu ietekmē arī gadskārtu platums. Praksē iesakņojies uzskats, ka skuju koku blīvums palielinās, gadskārtu platumam samazinoties, bet lapu kokiem otrādi — samazinās. Jaunākie pētījumi rāda, ka lapu koku sugām šāda sakarība tiešām ir. Jo lielāks ir gadskārtu vidējais platums, jo lielāks ir koksnes blīvums vienai un tai pašai koku sugai. Šī sakarība sevišķi izteikta koku sugām ar aplocē grupētām trahejām, bet mazāk zīmīga sugām ar izklaidētām trahejām (Ванин, 1949).

Pēc pētījumiem, kas veikti Somijā, četrdesmit līdz sešdesmit gadus vecās priedes, egles un bērza audzēs (skatīt 1.10. attēlu) bāzes blīvuma izmaiņas stumbra garumā ir novērojamas. Bērza koksnes bāzes blīvumam ir tendence samazināties virzienā no resgaļa uz galotni no 500 kg m^{-3} līdz 465 kg m^{-3} . Priedes koksnes bāzes blīvumam ir tendence samazināties virzienā no resgaļa uz galotni no 460 kg m^{-3} līdz 360 kg m^{-3} . Savukārt Egles koksnes bāzes blīvumam sākumā ir tendence samazināties līdz 1/3 no 390 kg m^{-3} līdz 380 kg m^{-3} , bet pēc tam palielinās no 380 kg m^{-3} līdz 410 kg m^{-3} . (Repola, 2006).



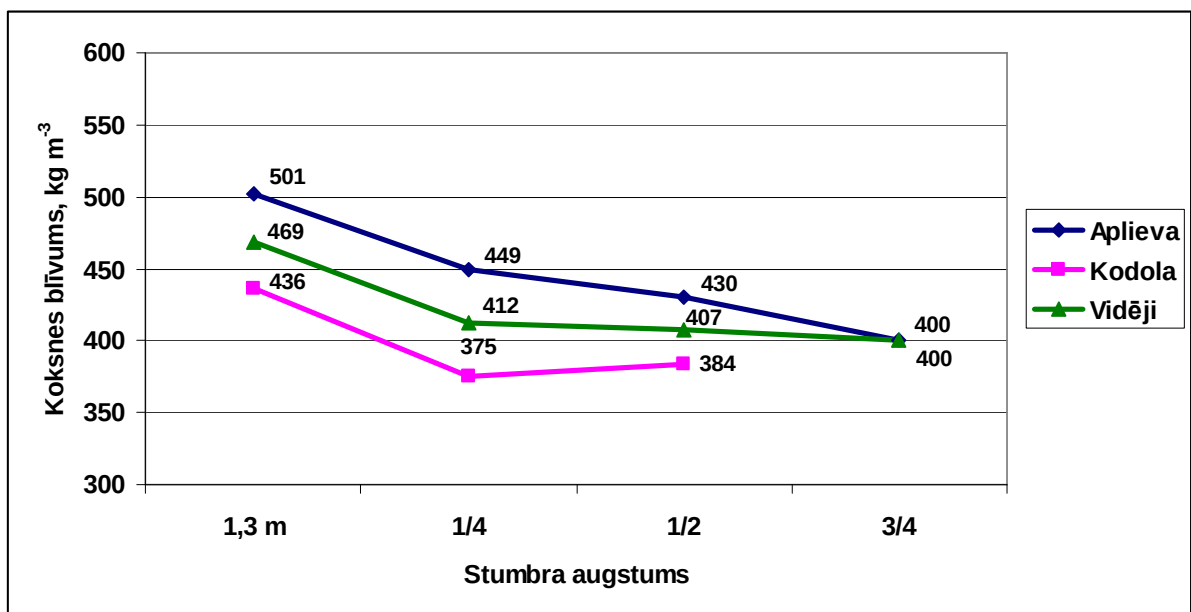
1.10. att. Priedes, egles un bērza koksnes bāzes blīvuma izmaiņas stumbra garumā

Koksnes blīvuma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 1.11. attēlā. Absolūti sausas bērza koksnes blīvumam ir tendence samazināties virzienā no resgaļa uz galotni no 655 kg m^{-3} līdz 554 kg m^{-3} (Millers, 2007).



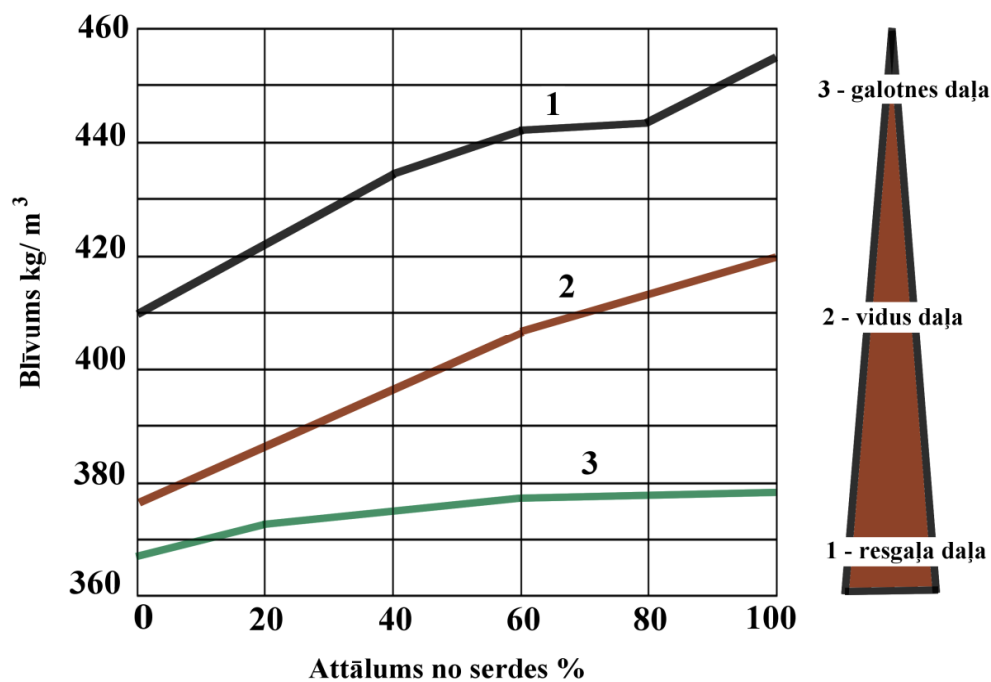
1.11. att. Koksnes blīvuma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā

Absolūti sausas koksnes blīvuma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 1.12. attēlā. (Millers, 2007).



1.12. att. Koksnes blīvuma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā

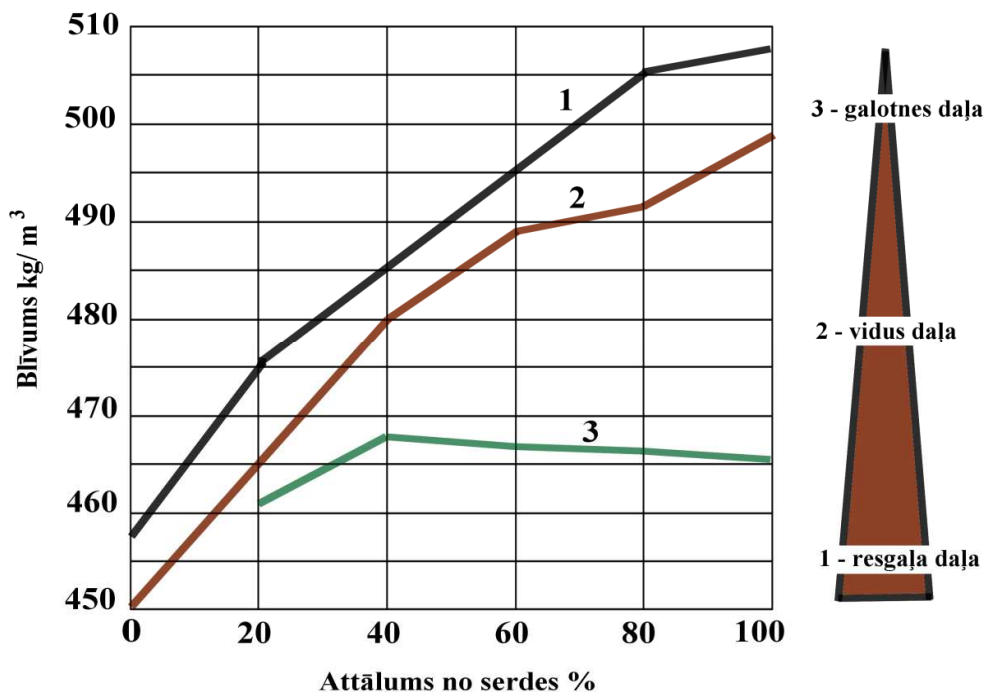
Atkarībā no novietojuma stumbrā izmaiņas priedes un bērza koksnes blīvumā absolūti sausā stāvoklī ir šādas (skatīt 1.13. un 1.14. attēlā) (Уголев, 2001).



1.13. att. Priedes koksnes blīvuma izmaiņas atkarībā no vietas stumbrā

No 1.13. attēla redzams, ka priedes koksnes blīvums samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā. Vidēji koksnes blīvums virzienā uz galotni samazinās par 15 %.

Stumbra resgalī un vidusdaļā priedes koksnes blīvums virzienā no serdes uz mizu palielinās par 10 %, bet galotnes daļā – par 3 %.



1.14. att. Bērza koksnes blīvuma izmaiņas atkarībā no vietas stumbrā

No 1.14. attēla redzams, ka bērza koksnes blīvums samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā. Atšķirība starp resgaļa un vidusdaļas blīvuma rādītājiem ir salīdzinoši neliela. Koksnes blīvums virzienā uz galotni samazinās vidēji par 5 %.

Stumbra resgalī un vidusdaļā bērza koksnes blīvums virzienā no serdes uz mizu palielinās par 10 %, bet galotnes daļā izmaiņas ir salīdzinoši niecīgas.

1.3. Masas metode kokmateriālu apjoma novērtēšanā

Masas jeb svēršanas metode ir vienkāršākā un pasaules praksē plaši lietotā tilpuma noteikšanas metode. To var izmantot gan kravas tilpuma noteikšanā, gan novērtējot pārvadājamo kravu lieluma atbilstību spēkā esošajiem svara ierobežojumiem, gan kontrolējot kokmateriālu plūsmu, gan ieviešot objektīvāku samaksu pakalpojumu sniedzējiem par pārvesto apjomu tonnās nevis kubikmetros.

Ražošanā visbiežāk nākas risināt divus atšķirīgus uzdevumus:

1. pēc iekrauto kokmateriālu tilpuma kubikmetros novērtēt kravas masu tonnās, lai autotransporta un kravas kopēja masa nepārsniegtu 52 tonnas;
2. pēc kravas masas tonnās novērtēt iekrauto kokmateriālu tilpumu kubikmetros.

Lai pārrēķinātu no masas vienībām uz tilpumu vai otrādi, ir jāizmanto pārrēķina koeficienti. Kravu nosvērt ir samērā vienkārši. Var izmantot pie automašīnas greifera piemontētu hidraulisku svara novērtēšanas ierīci, kas svēršanas rezultātu uzrāda celtna kabīnes monitorā. Var izmantot arī platformsvarus vai kuģa iegrimi (Līpiņš & Liepa 2007).

Grūtāk ir izraudzīties pārrēķina koeficientu apaļiem nemizotiem lietkoksnē kokmateriāliem. Šo koeficientu ietekmē koku suga (tās blīvums), koksnes mitrums, caurmērs, mizas tilpums, virsmērs vai garuma novirze, cirsma atlieku, sniega un ledus daudzums (Līpiņš & Liepa 2007).

1.2. tabula

Koeficienti kubikmetru pārrēķināšanai tonnās, $t\ m^{-3}$

Koku suga	Svaigi cirstas koksnes blīvums dažādos mēnešos												Vidējais
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Priede	0,81	0,85	0,84	0,83	0,81	0,79	0,78	0,78	0,80	0,83	0,85	0,85	0,81
Egle	0,73	0,79	0,77	0,74	0,71	0,70	0,69	0,69	0,70	0,72	0,75	0,78	0,73
Bērzs	0,94	0,94	0,94	0,95	0,97	0,90	0,88	0,89	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94
Apse	0,81	0,81	0,83	0,84	0,85	0,81	0,75	0,70	0,74	0,83	0,85	0,82	0,81
Priede-tievie	0,88	0,92	0,91	0,88	0,87	0,86	0,88	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,88
Egle-tievie	0,89	0,88	0,86	0,84	0,81	0,78	0,78	0,79	0,80	0,83	0,85	0,87	0,83

1.2. tabulā parādītas pārrēķina koeficientu ($t\ m^{-3}$) vērtības, kas būtībā raksturo svaigi cirstas koksnes blīvumu. Pārrēķinam izmantojama šāda formula:

$$m = V \times k, \quad (7.)$$

kur: m - kravas masa, t;

V - tilpums, m^3 ;

k - pārrēķina koeficients, $t\ m^{-3}$ (Līpiņš, Liepa, 2007).

Ja kravā iekrauti lietkoksnes apaļie kokmateriāli, tad papildus jāņem vērā arī mizas tilpums, kas nav ietverts kravas tilpumā, bet kravas masu palielina. Tāpat neuzskaitīts ir virsmērs un tilpuma noteikšanas novirze. Līdz ar to tabulā iekļautie koeficienti nav izmantojami bez papildus pārrēķina (Līpiņš & Liepa 2007).

Arī 1.3. tabula ar koeficientiem tonnu pārrēķināšanai kubikmetros ($\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$) ir pielietojama tikai malkas pārrēķinam (Līpiņš & Liepa 2007).

1.3. tabula

Koeficienti tonnu pārrēķināšanai kubikmetros, $\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$

Koku suga	Svaigi cirstai koksnei dažādos mēnešos												Vidējais
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Priede	1,17	1,18	1,19	1,20	1,24	1,27	1,28	1,28	1,25	1,20	1,17	1,17	1,23
Egle	1,26	1,27	1,3	1,35	1,43	1,43	1,45	1,45	1,42	1,38	1,33	1,28	1,37
Bērzs	1,06	1,07	1,06	1,05	1,11	1,11	1,13	1,12	1,10	1,07	1,06	1,06	1,06
Apse	1,24	1,21	1,20	1,19	1,24	1,24	1,33	1,43	1,35	1,21	1,18	1,22	1,23
Priede-tievie	1,09	1,10	1,14	1,15	1,16	1,17	1,16	1,15	1,12	1,10	1,09	1,09	1,13
Egle-tievie	1,12	1,14	1,16	1,19	1,23	1,28	1,28	1,27	1,25	1,21	1,18	1,15	1,21

Pārrēķinam izmantojama formula:

$$V = m \times k,$$

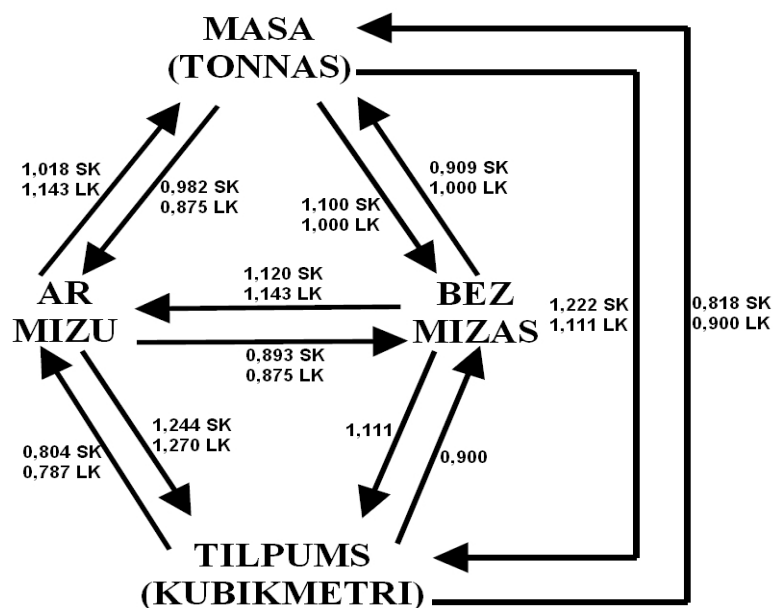
(8.)

kur: V - tilpums, m^3 ;

m - masa, t;

k - pārrēķina koeficients, $\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$ (Līpiņš & Liepa 2007).

Lielbritānijā pārrēķina koeficienti tiek izmantoti dažādās atskaitēs un statistikai, lai veiktu pārrēķinus no kubikmetriem uz tonnām un otrādi. Šajos aprēķinos atsevišķi koeficienti ir skujkoku koksnei (SK) un lapkoku koksnei (LK) skatīt 1.15. attēlu (Gillam & Henderson 2000).



1.15. att. Lielbritānijā lietotie pārrēķina koeficienti

1.4. Koksnes mitruma un blīvuma pētījumi Latvijā

Koksnes fizikāli - mehānisko īpašību pētījumi Latvijā sevišķi aktīvi norisinājās 20. gadsimta sākumā. Latvijas brīvvalsts laikā liela vērtība tika pievērsta katrai niansei, kas ļautu uzlabot ražotās produkcijas kvalitāti un celtu tās vērtību. Pētījumus vadīja docents A. Kalniņš sadarbībā ar inženieriem - mežkopjiem P. Fūrmani un R. Liepiņu. Docents Kalniņš galvenokārt pievērsies bērza koksnes fizikālo un mehānisko īpašību pētījumiem. Iesāktos pētījumus par bērza koksnes īpašībām visa mūža garumā ir turpinājis A. Rozēns.

1996. gada zinātniskā darba pārskatā „Koksnes kā materiāla kompleksā un perspektīvā izvērtēšana” ir atrodami dati par priedes koksnes blīvuma rādītājiem, kas ir iegūti no paraugkokiem, kas auguši Misas un Tomes mežniecībās. Koksnes mitrums un blīvums tika noteikts saskaņā ar valsts standarta 16483.7-71 prasībām. Paraugu ņemšana norisinājās tikai jūnija mēnesī, līdz ar to nav iespējams noteikt kā mitruma un blīvuma rādītāji mainītos gada griezumā.

Latvijā augušas koksnes fizikālo un mehānisko īpašību pētīšana ir atsākta 1998. gadā, un tā ir atspoguļota zinātniskā darba pārskatā par 1999. gadu „Koksnes kā materiāla kompleksā un perspektīvā izmantošana”. Pētījumu gaitā ir aplūkotas priedes un egles koksnes paraugi, kas ir iegūti no Misas, Daugavpils, Strenču un Smiltenes virsmežniecībās sagatavotajiem baļķiem. Pētījumā ir iekļautas sekojošas galvenās nodaļas:

1. paraugkoku kvantitatīvo rādītāju lieluma izpēte;
2. skuju koku zāģmateriālu mehānisko īpašību pētījumi;
3. koksnes konstrukciju materiālu aizsardzība no priekšlaicīgas bojāšanās.

Šī pētījuma gaitā koksnes mitrums augošā kokā nav pētīts. Realizējot koksnes mehānisko īpašību noteikšanu, ir pētīts koksnes paraugu blīvums. Diemžēl iegūtie rezultāti par koksnes blīvumu nedod pilnu ainu par skuju koksni Latvijā, jo koksnes paraugi nav iegūti no visiem Latvijas reģioniem, kā arī nav iespējams noteikt, no kuras vietas augošā kokā blīvuma paraugs ir iegūts.

Koksnes mitruma un blīvuma pētījumi ir turpināti 2000. gada projekta „Bērza koksnes un bērza saplākšņu fizikāli mehāniskās īpašības atkarībā no koka augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas”. Pētījumi ir veikti par kārpainā (āra) bērza (*Betula pendula*) un pūkainā (purva) bērza (*Betula pubescens*) koksnes fizikālām īpatnībām. Projekta mērķis bija dot primāro ieskatu par Latvijā augošo bērzu koksnes struktūru un tehniskajām īpašībām. Šī projekta ietvaros tika nozāģēti un izpētīti 3 bērza paraugkoki (2 bērzi slapjā damaksnī un viens bērzs sausajā damaksnī). Šī pētījuma ietvaros bērza koksnes paraugiem tika noteikts gan mitrums svaigi cirstai koksnei, gan blīvums. Paraugu ņemšanas laikā ievērotā darba metodika ļauj noteikt parauga atrašanās vietu augošā kokā. Kaut darba metodika ir būtiski uzlabota, salīdzinot ar iepriekšējos gados veiktajiem pētījumiem, tomēr, ņemot paraugus projekta gaitā, netika analizēta koka augšanas vietas un parauga ņemšanas laika ietekme uz fizikālām un mehāniskajām īpašībām.

Bērza koksnes pētījumi ir turpināti 2005. gada projektā „Bērza koksnes un bērza saplākšņu ekspluatācijas īpašības atkarībā no koku augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas”. Pētījumu gaitā ir ņemti kārpainā bērza koksnes paraugi no Gulbenes, Valkas un Liepājas reģioniem, kas ir auguši platlapju ārenī, damaksnī un vērī. Projekta ietvaros ir noskaidrota bērza koksnes blīvuma un mehānisko īpašību izmaiņas atkarībā no kokmateriālu uzglabāšanas ilguma.

2008. gada Meža attīstības fonda finansētajā pētījumā „Tievkoksnes, kas iegūta no lauksaimniecības transformētajās meža zemēs, īpašību raksturojums un konkurētspēja” ievākti egles un apses tievkoksnes paraugkoki no Ieriķu, Maltas, Auces, Valmieras un Kalsnavas mežniecībām, arī no pieejamām MPS, un galvenokārt no stādījumiem bijušajās lauksaimniecības zemēs (l/z). Salīdzinājumam ņemti arī citi paraugi. Kopā 45 paraugkokiem

noteiktas fizikālās īpašības (blīvums, gadskārtu platums, vēlīnās koksnes saturs u.c.) un galveno komponentu (celuloze, lignīns, ekstraktīvās un minerālvielas) saturs. Pētījumu gaitā ir secināts, ka bijušajās lauksaimniecības zemēs egles un apses (hibrīdapses) augušas 8 - 40 gadu, to blīvums ir intervālā $378 - 573 \text{ kg/m}^3$, gadskārtu platums līdz pat 6,8 mm (apsei).

No iepriekš teiktā var secināt, ka stumbra koksnes mitruma un blīvuma rādītāji ir fragmentāri, neaptver visu Latvijas teritoriju, pētāmo koku skaits ir neliels un iegūtie rezultāti nav vispārināmi. Tāpat nav vērtēta ciršanas laika, koku caurmēra un vecuma ietekme uz koksnes fizikāliem rādītājiem.

2. Metodika stumbra koksnes un mizas mitruma, blīvuma un pārrēķina koeficientu noteikšanai

Pirmo reizi Latvijā tiks iegūta informācija par koksnes un mizas mitruma un blīvuma sadalījumu nocirsto koku stumbros, to izmantošanas paņēmieniem apaļo kokmateriālu kvantitatīvā un kvalitatīvā vērtēšanā, lietojot īpaši šim nolūkam projekta aktivitātes izpildes laikā izstrādātu programmatūru.

Četrām plašāk izplatītajām koku sugām (parastā priede, parastā egle, bērzs, apse) trīs līdz sešos plašāk pārstāvētos meža augšanas apstākļu tipos, paredzēts noteikt šādus rādītājus:

1. koksnes un mizas mitrumu dažādās stumbra vietās tā šķērsgriezumā un garenvirzienā:
 - 1.1. atšķirīgām augšanas vietām;
 - 1.2. gada mēnešiem vai sezonām;
 - 1.3. pa vecuma grupām vai cirtes veida;
2. koksnes un mizas blīvumu dažādās stumbra vietās:
 - 2.1. atšķirīgām augšanas vietām;
 - 2.2. gada mēnešiem vai sezonām;
 - 2.3. pa vecuma grupām vai cirtes veida;
3. vidējos mitruma un blīvuma rādītājus koksnei un mizai:
 - 3.1. svaigi cirstā stāvoklī,
 - 3.2. pie standartmitruma (12 %),
 - 3.3. sausā stāvoklī;
 - 3.4. bāzes (reducētais) blīvums;
4. pārrēķina koeficientu vērtības svaigi cirstai koksnei kokmateriālu kvantitatīvai raksturošanai pēc masas metodes, ievērojot:
 - 4.1. gada mēnesi vai sezonu;
 - 4.2. koksnes un mizas blīvumu;
 - 4.3. kokmateriālu caurmēru;
 - 4.4. mizas nobrāzuma pakāpi;
 - 4.5. citus kokmateriālu masu ietekmējošos faktoros.

2.1. Parauglaukumu izvēle un paraugripu sagatavošana

Pētījuma ietvaros Latvijas Republikas teritorija tiks sadalīta rietumu un austrumu daļā. Rādītāju noteikšanai paraugripas no koku stumbriem paredzēts iegūt divas reizes mēnesī.

Pauglaukumi tiek iekārtoti katrai koku sugai raksturīgākajos meža augšanas apstākļu tipos (skat. 2.1. tabulu). Vadoties pēc Valsts meža dienesta datiem, parastajai priedei raksturīgākie augšanas apstākļu tipi ir: mētrājs, lāns, damaksnis, šaurlapu ārenis un šaurlapu kūdrenis. Parastajai eglei plašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi ir: damaksnis, vēris un šaurlapu ārenis. Bērzs ir plašāk pārstāvēts divos meža augšanas apstākļu tipos: damaksnī un vērī, bet tā kā bērzs ir plaši izplatīts dažādos meža augšanas apstākļu tipos, parauglaukumi tiks ierīkoti arī šaurlapu ārenī, platlapju ārenī, šaurlapu kūdrenī un platlapju kūdrenī. Apsei parauglaukumi tiks ierīkoti damaksnī, vērī, gāršā un platlapju ārenī.

Koku sugu krājas sadalījums pa meža augšanas apstākļu tiem

MAAT	Koku suga							
	Priede		Egle		Bērzs		Apse	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Sausieņi								
Sils	5537301	2.3	14513	0.02	40252	0.03	704	0.00
Mētrājs	20847612	8.57	20344	0.02	92221	0.06	1786	0.01
Lāns	46138389	18.96	441357	0.49	737416	0.46	16667	0.07
Damaksnis	74702215	30.70	26586451	29.72	27931450	17.42	2194632	8.99
Vēris	952680	0.39	32570317	36.40	38773886	24.18	13738958	56.27
Gārša	47105	0.02	2054352	2.30	5536491	3.45	3651110	14.95
Slapjaini								
Grīnis	450701	0.19	1919	0.00	15573	0.01	287	0.00
Slapjais mētrājs	7498509	3.08	55784	0.06	151510	0.09	1597	0.01
Slapjais damaksnis	12977962	5.33	4723298	5.28	8952791	5.58	365538	1.50
Slapjais vēris	110261	0.05	2849617	3.18	9096443	5.67	946489	3.88
Slapjā gārša	21423	0.01	349740	0.39	1802543	1.12	287461	1.18
Purvaini								
Purvājs	6381963	2.62	3950	0.00	131270	0.08	439	0.00
Niedrājs	14249479	5.86	1044462	1.17	8419433	5.25	14292	0.06
Dumbrājs	92850	0.04	764525	0.85	9721938	6.06	29025	0.12
Liekņa	3137	0.00	56661	0.06	578048	0.36	5833	0.02
Āreņi								
Viršu ārenis	694500	0.29	2211	0.00	19869	0.01		0.00
Mētru ārenis	9053619	3.72	116227	0.13	235149	0.15	1816	0.01
Šaurlapu ārenis	18172516	7.47	7269354	8.12	11709328	7.30	787984	3.23
Platlapju ārenis	182078	0.07	4107510	4.59	12222257	7.62	2021110	8.28
Kūdreņi								
Viršu kūdrenis	3096518	1.27	4410	0.00	119504	0.07	29	0.00
Mētru kūdrenis	5999662	2.47	88192	0.10	725729	0.45	3854	0.02
Šaurlapu kūdrenis	15926075	6.55	3805163	4.25	11100431	6.92	111590	0.46
Platlapju kūdrenis	160017	0.07	2540736	2.84	12224183	7.62	233262	0.96

Lai izvērtētu klimatisko un augšanas apstākļu ietekmi, parauglaukumi tiks izraudzīti visā Latvijas teritorijā.

Katru mēnesi katrai koku sugai parauglaukumus ierīko krājas kopšanas cirtes vecumu sasniegušās mežaudzēs un ciršanas vecumu sasniegušās mežaudzēs. Veģetācijas periodā vienā parauglaukumā paraugripas sagatavo divas reizes dienā (rīta un vakara pusē). Izvēloties

mežaudzi, kurā tiek ierīkoti parauglaukumi, jāņem vērā arī audzes sastāvs un pārējie audzi raksturojošie dati (skatīt 2.2. tabulu).

2.2. tabula

Mežaudžu inventarizācijas dati

N.P.K.	Paraug-laukums	Koku suga	MAAT	Sugu sastāvs	Bonitate	Augstums, m	Caurmērs, cm	Vecums, gadi	Biezība
1									
2									
3									
4									

Šīs tabulas lauciņus aizpilda, vadoties pēc meža inventarizācijas datiem izvēlētajai mežaudzei, kurā notiks meža izstrāde. Parauglaukums jāierīko audzē, kuras sastāvā ir vismaz 60 % izvēlētā koku suga.

Parauglaukumu iekārto vienā hārvestera izstrādes slejā, kura vislabāk reprezentē visu audzi un pētāmās koku sugas koku skaits tajā nebūtu mazāks kā 50. Paraugkoku izvēli iespējams uzsākt tikai pēc visu koku apsekošanas visā parauglaukumā.

Katru parauglaurukumā atbilstošās koku sugas koku numurē. Tāpat katram kokam ar dastmēru uzmēra caurmēru krūšu augstumā (pie 1,3 metriem). Pēc tam datus apkopo pa caurmēra grupām tabulā (skatīt 2.3. tabulu).

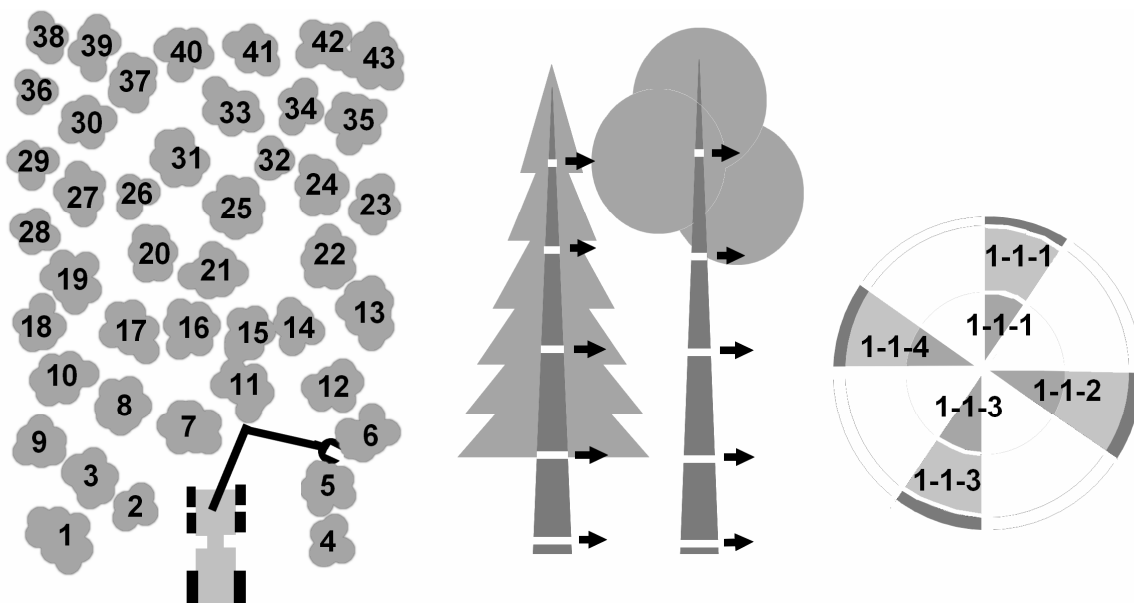
2.3. tabula

Parauglaukuma koku sadalījums pa caurmēra grupām centimetros

[illegible]

Ierīkotajā parauglaukumā ar noteiktu soli pēc vienmērīga izvietojuma principa izvēlas 10 paraugkokus (veģetācijas periodā 14 paraugkokus), no kuriem tiks iegūtas paraugripas. Paraugkokus sadala proporcionāli koku skaita sadalījumam caurmēra grupās. Šos paraugkokus ar krāsu iezīmē.

Cirsmas izstrādes laikā no katra paraugkoka tiek sagatavotas ripas. Paraugripas tiek ņemtas, sākot no stumbra resgaļa pie 0 metriem, tālāk pēc katra apaļā kokmateriāla nogriežņa (skatīt 2.1. attēlu).



2.1. att. Paraugripu izvēle

Katra nogriežņa garums metros tiek iegūts no hārvestera mērījumiem ar precizitāti ar divām zīmēm aiz komata un dati tiek ierakstīti 2. 4. tabulā

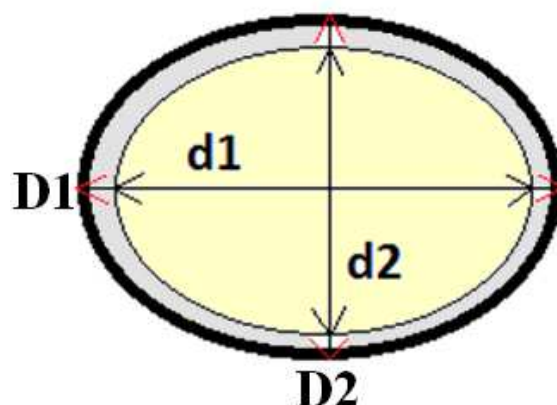
2.4. tabula

Paraugkoku nogriežņu garumi starp paraugripām

Ripas numurs	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.
Nogriežņu garums, m (ar divām zīmēm aiz komata)										
1. un 2. ripu										
2. un 3. ripu										
3. un 4. ripu										
4. un 5. ripu										
5. un 6. ripu										
6. un 7. ripu										
7. un 8. ripu										
8. un 9. ripu										
9. un 10. ripu										

Paraugripas tiek zāģētas biezumā no 3 līdz 8 centimetriem. Pēc paraugripas nozāģēšanas tās tiek marķētas ar diviem cipariem. Pirmais cipars norāda uz paraugkoka numuru, bet otrais cipars uz paraugripu secību sumbra tievgaļa virzienā. Sanumurētās paraugripas tiek ievietotas atsevišķā plastmasas maisā. Maisu aizsien un nogādā tālākai paraugripu apstrādei.

Tālākajā paraugripu apstrādē tām ar digitālo bīdmēru tiek uzmērīts ripas biezums milimetros četrās vietās no kā tiek aprēķināts vidējais ripas biezums. Ripas caurmēru milimetros uzmēra ar mērlenti divos savstarpēji perpendikulāros virzienos gan ar mizu, gan bez mizas (skatīt 2.2. attēlu). Paraugripas svaigi cirstā stāvoklī tiek svērtas uz elektroniskajiem svāriem ar precizitāti līdz vienam gramam. Pirmajai ripai saskaita gadskārtu skaitu. Iegūtos datus apkopo 2.5. tabulā. Turpmākā darbība ir segmentu (paraugu) sagatavošana.



2.2. att. Ripas caurmēra uzmērīšanas shēma

2.5. tabula

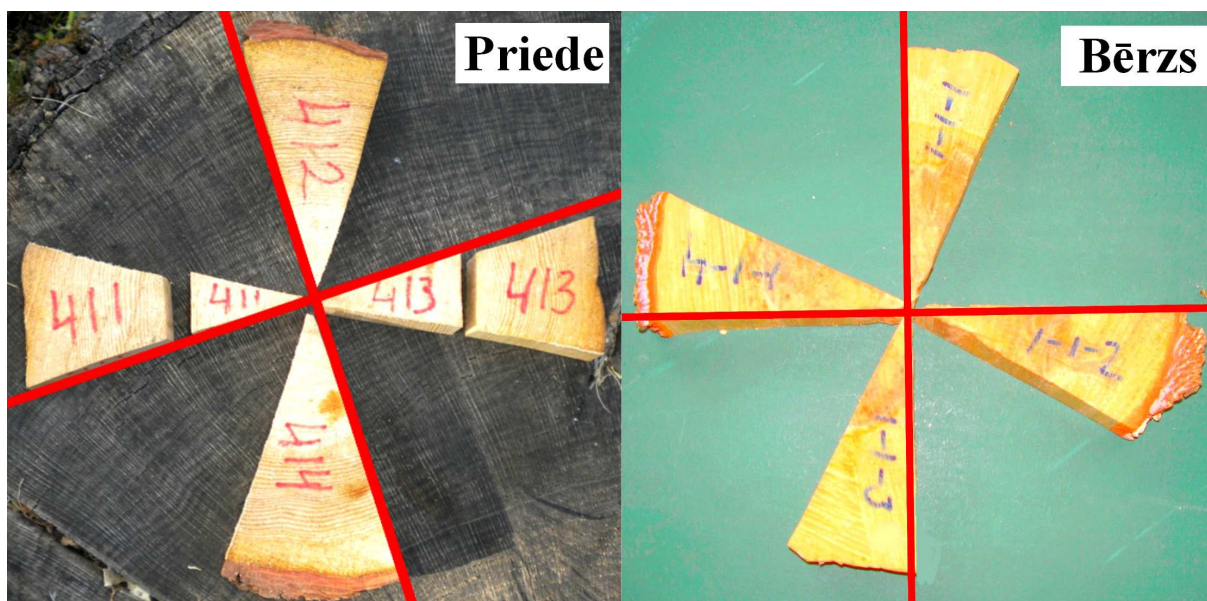
Paraugripu galvenie izmēri

Ripas vieta stumburā	Gadskārtu skaits	Ripas caurmērs, mm		Ripas biezums, mm	Masa sv. c. stāvoklī, g
		ar mizu	bez mizas		
	X				
	X				
	X				
	X				
	X				
	X				
	X				
	X				
	X				

2.2. Segmentu sagatavošana

Pēc tam, kad ir iegūti visi nepieciešamie dati no ripas, to sadala 4 daļās. Tālākai apstrādei no katras daļas izvēlas vienu segmentu kas tiek izžāvēts aptuveni 30 grādu leņķī pulksteņrādītāja virzienā (skatīt 2.3. attēlu). Segmentus attiecīgi ar marķieri sanumurē ar trīs cipariem, piemēram, 1 - 2 - 3, kur:

- 1 – paraugkoka numurs;
- 2 – paraugripas secība augšanas virzienā;
- 3 – segmenta numurs.



2.3. att. Segmentu sagatavošana no priedes un bērza paraugripas.

Kā parādīts 2.3. attēlā, divus segmentus (šajā gadījumā otro un ceturto) atstāj tādus kā ir, bet diviem, pirmajam un trešajam, noņem mizu, kura attiecīgi tiek numurēta un tiek izmantota mitruma un blīvuma noteikšanā. Segmentiem, kas iegūti no kodolkoku sugām (parastā priede un parastā egle), pirmajam un trešajam segmentiem atdala kodolkoksni no aplievas.

Uzreiz pēc segmentu izžāvēšanas segmentiem un mizas paraugiem nosaka masu svaigi cirstā stāvoklī. Segmentu un mizas paraugu masu nosaka, sverot ar elektroniskajiem svariem, kuru precizitāte ir $\pm 0.01\text{g}$. No koksnes svaigi cirstā stāvoklī iegūtos datus ieraksta 6. tabulā tam paredzētajā ailē, bet mizas masu svaigi cirstā stāvoklī ieraksta 8. tabulā tam paredzētajā ailē. Pēc tam, kad ir noteikta masa svaigi cirstā stāvoklī, nosaka segmenta tilpumu ar iegremdēšanas metodi. Pēc izspiestā ūdens daudzuma mērcilindrā nolasītie dati tiek pierakstīti 7. tabulā.

Mizai tilpumu nosaka, uzmērot mizas garumu, platumu un biezumu ar digitālo bīdmēru ar precizitāti $\pm 0.01\text{ cm}$. Dati, kas tiek iegūti, nosakot mizai tilpumu svaigi cirstā stāvoklī, tiek pierakstīti 8. tabulā mizas tilpumam paredzētajās ailēs.

Pēc tam, kad segmenti un miza ir nomērīti, tos žāvē, lai noteiktu absolūti sausas koksnes un absolūti sausas mizas masu. Koksnes paraugi tiek salikti vienā kārtā laboratorijas žāvēšanas skapī un tiek žāvēti 100 - 105 ° C temperatūrā tik ilgi, līdz žāvētais paraugs ir sasniedzis absolūti sausu stāvokli. To konstatē, sverot paraugu atkārtoti ar elektroniskajiem svariem, kuru precizitāte ir $\pm 0,01\text{g}$ līdz parauga masa nemainās. Līdzīgi kā koksnes paraugus žāvē arī mizas paraugus. Kad

koksnes un mizas paraugi ir izžāvēti, tos atkārtoti nosver un nosaka tilpumu. Iegūtos datus ieraksta 2.6., 2.7. un 2.8. tabulā.

2.6. tabula

Segmentu masa, g

Vieta stumburā	Mirtuma stāvoklis	1. sektors			2. sekt.	3. sektors			4. sekt.
		Kodols	Aplieva	A+Miza	K+A+M	Kodols	Aplieva	A+Miza	K+A+M
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X					

2.7. tabula

Segmentu tilpums, cm³

Vieta stumburā	Mirtuma stāvoklis	1. sektors		2. sekt.	3. sektors		4. sekt.
		Kodols	Aplieva	K+A+M	Kodols	Aplieva	K+A+M
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						

Mizas masa un tilpums

Vieta stumburā	Mitruma stāvoklis	Masa, g		Mitruma stāvoklis	Tilpums, cm ³	
		1. sektors	3. sektors		1. sektors	3. sektors
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		

2.3. Mitruma un blīvuma aprēķināšana

Koksnes un mizas mitruma raksturošanai izmanto absolūto mitruma rādītāju. Tas ir ūdens masas daudzums koksnē, kas izteikts procentos no sausas koksnes masas (skat. izteiksmi nr. 1.):

$$W_a = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100, \quad (2.1.)$$

kur W_a – koksnes vai mizas absolūtais mitrums, %;
 m_1 – koksnes vai mizas masa mitrā stāvoklī;
 m_2 – koksnes vai mizas masa sausā stāvoklī.

Koksnes un mizas blīvumu svaigi cirstā un izžāvētā stāvoklī, izrēķina pēc šādas izteiksmes:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}, \quad (2.2.)$$

kur ρ_w – segmenta blīvums, g cm⁻³, pie attiecīga koksnes mitruma;
 m_w – segmenta masa, g, pie attiecīga koksnes mitruma;
 V_w – segmenta tilpums, cm³, pie atbilstošā mitruma.

Koksnes bāzes blīvumu izrēķina pēc šādas izteiksmes:

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_m}, \quad (2.3.)$$

kur ρ_b - segmenta bāzes blīvums, g cm⁻³;
 m_s – segmenta masa sausā stāvoklī, g;
 V_m – segmenta tilpums mitrai koksnei ($W_a > 30\%$), cm³.

Dati, kas tiek iegūti, aprēķinot koksnes un mizas mitrumu un blīvumu, tiek ierakstīti 2.9. un 2.10. tabulā.

2.9. tabula

Koksnes un mizas mitrums

Vieta stumburā	Mitrums, %			
	Kodols	Aplieva	A + K	Miza

2.10. tabula

Koksnes un mizas blīvums

Vieta stumburā	Blīvums, g cm ⁻³									
	Svaigi cirstā stāvoklī				Pie standartmitruma	Absolūti sausā stāvoklī				Bāzes
	Kodols	Aplieva	A+K	Miza	Koksne	Kodols	Aplieva	A+K	Miza	Koksne

2.4. Pārrēķina koeficientu aprēķināšana

Izmantojot masas metodi apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanā, nepieciešams izmantot četrus atšķirīgus koeficientus. Vienā gadījumā tie būtu pārrēķini no masas uz tilpuma vienībām atsevišķi malkai un lietkoksnei. Un otrā gadījumā, zinot kokmateriālu tilpumu var aprēķināt masu. Vispirms pārrēķina koeficientu vērtības svaigi cirstā stāvoklī rēķina no paraugripas rādītājiem. Pēc tam katram paraugripas segmentam pārrēķina koeficienta vērtība tiek rēķināta atsevišķi. Pārrēķina koeficientus malkai un lietkoksnei rēķina atsevišķi, jo malkai tilpums tiek noteikts ar mizu, bet lietkoksnei tilpums tiek noteikts bez mizas.

Pārrēķina koeficientu vērtības **malkai** no masas uz tilpuma vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{malka1} = \frac{V_{am}}{m}, \quad (2.4.)$$

kur K_{malka1} – pārrēķina koeficients malkai svaigi cirstā stāvoklī, $m^3 t^{-1}$;
 V_{am} – parauga tilpums ar mizu svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Pārrēķina koeficientu vērtības **malkai** no tilpuma uz masas vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{malka2} = \frac{m}{V_{am}}, \quad (2.5.)$$

kur K_{malka2} – pārrēķina koeficients malkai svaigi cirstā stāvoklī, $t m^{-3}$;
 V_{am} – parauga tilpums ar mizu svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Pārrēķina koeficientu vērtības **lietkoksnes sortimentiem** no masas uz tilpuma vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{lietkoksne1} = \frac{V_{bm}}{m}, \quad (2.6.)$$

kur $K_{lietkoksne}$ – pārrēķina koeficients lietkoksnes sortimentiem svaigi cirstā stāvoklī, $m^3 t^{-1}$;
 V_{bm} – parauga tilpums bez mizas svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Pārrēķina koeficientu vērtības **lietkoksnes sortimentiem** no tilpuma uz masas vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{lietkoksne2} = \frac{m}{V_{bm}}, \quad (2.7.)$$

kur $K_{lietkoksne2}$ – pārrēķina koeficients lietkoksnes sortimentiem svaigi cirstā stāvoklī, $t m^{-3}$;
 V_{bm} – parauga tilpums bez mizas svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Šādi tiek iegūti pārrēķina koeficienti svaigi cirstiem kokmateriāliem, kam pilnībā saglabājusies miza. Dati, kas tiek iegūti aprēķinot pārrēķina koeficientus, tiek pierakstīti 2.11. tabulā.

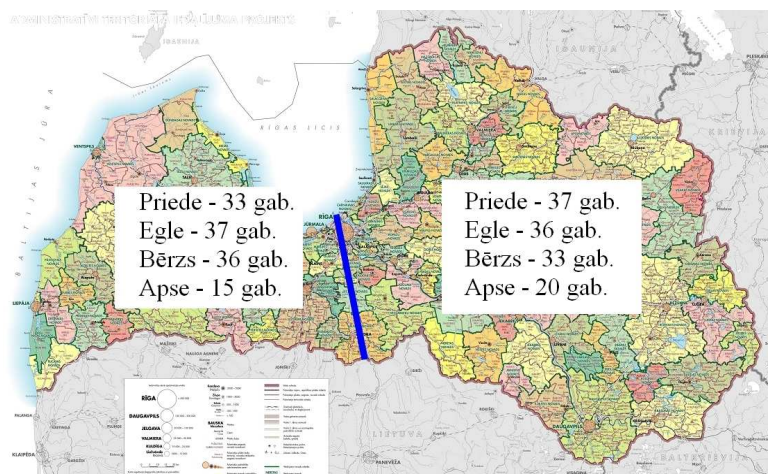
Pārrēķinu koeficienti pēc ripas un pēc segmentiem

Vieta stumburā	Pārrēķina koeficients							
	Pēc ripas				Pēc segmentiem			
	Malka		Lietkoksne		Malka		Lietkoksne	
	(t/m ³)	(m ³ /t)	(t/m ³)	(m ³ /t)	(t/m ³)	(m ³ /t)	(t/m ³)	(m ³ /t)

Pārrēķina koeficienti pēc abām metodēm tiek iegūti salīdzināšanas un kontroles nolūkos, lai novērstu nejaušības kļūdu rašanos.

3. Pētījuma rezultāti un diskusija

Pārskata periodā visā Latvijas teritorijā izvēlētajām koku sugām galvenajā un starpcirtē ierīkoti 247 parauglaukumi (skat. 3.1 att.). Lai iegūtu objektīvus vidējos rādītājus un to ietekmējošos faktorus, 2013. gadā veikta izejas datu atlase, sistematizēšana un salīdzināšana galvenajā cirtē un starpcirtē, kā arī augšanas vietas un audžu vecuma struktūras īpatsvara ievērtēšana, kā arī programmas prototipa sastādīšana.



3.1. att. Parauglaukumu skaits pa reģioniem.

3.1. Svaigi cirstas koksnes mitruma rādītāji

Pētījumi par svaigi cirstas koksnes mitrumu rāda, ka pastāv ievērojama atšķirība starp koku sugām, starp aplievu un kodolkoksni viena koka ietvaros un pat arī starp sortimentiem, kas sagatavoti no dažādām koku stumbra daļām. Pastāv arī sezonālās, ģeogrāfiskās atšķirības, kā arī atšķirības starp augšanas apstākļiem (Siau 1984, Haygreen & Bowyer 1989).

Latvijā skujkoku un lapkoku sugām ievērtējot cirtes veidu un sezonu nav būtiskas atšķirības svaigi cirstas koksnes mitrumam starp austrumu un rietumu reģionu ($p \geq 0.05$ pēc vienfaktora dispersijas analīzes). Tādēļ, analizējot rādītājus, reģions netiek ievērtēts un galvenā uzmanība tiek pievērsta koku sugai, cirtes veidam (koku vecums) un vietai stumbrā.

3.1.1. Skujkoku mitruma izmaiņas

Skujkokiem koksnes mitrums kodolkoksnei parasti ir nedaudz virs koksnes šķiedru piesātinājuma punkta, un svārstās robežās no 30% līdz 50% (Stewart 1967, Hillis 1987). Aplievai koksnes mitrums atsevišķām skujkoku sugām pārsniedz 200%, (Nakada et al. 1998). Mitruma starpība starp aplievu un kodolkoksni ir milzīga, jo kodolkoksne nepiedalās ūdens transportēšanā no saknēm līdz vainagam.

Pētījumā iegūtais vidējais **priedes** kodolkoksnes mitrums Latvijā ir 34,3 % (1. krājas kopšanas cirte – 38,5 %, 2. krājas kopšanas cirte – 34,1 %, galvenā cirte – 33,2 %),

Sanktpēterburgas apgabalā 33% (Vaņins 1950), Vācijā 31 % (Trendelenburg 1939), Somijā – 31 % (Jalava, 1952).

Savukārt vidējais aplievas koksnes mitrums Latvijā ir 131,1 % (1. krājas kopšanas cirtē – 133,6 %, 2. krājas kopšanas cirtē – 131,2 %, galvenajā cirtē – 130 %), Sanktpēterburgas apgabalā 122 % (Vaņins 1950), Vācijā 133% (Trendelenburg 1939), Somijā – 133 % (Jalava, 1952). Pēc šiem datiem var secināt, ka Latvijā iegūtie kodolkoksnes un aplievas dati vairāk līdzinās Somijā un Vācijā iegūtiem datiem.

Vidējais priedes stumbra koksnes mitrums Latvijā svārstās robežās no 124,1 % (1. krājas kopšanas cirtē) līdz 97,7 % (galvenajā cirtē). Vidējā koksnes mitruma izmaiņas atkarībā no vecuma izskaidrojamas ar kodolkoksnes īpatsvaru.

Pieaugot koka vecumam, pieaug kodolkoksnes īpatsvars un vidējais priedes koksnes mitrums samazinās. Koka vecumam pieaugot no 40 līdz 140 gadiem, kodola koksnes daudzums pieaug no 8 % līdz 40 %. Vecums kā būtiskākais faktors, kas raksturo aplievas un kodolkoksnes attiecību konstatēts vairākos pētījumos (Hillis 1987, Wagenführ 1989, Tsuomis 1991, Björklund & Walfridsson 1993, Sellin 1996).

Vidējais koksnes mitrums **eglei** jauniem kokiem ir mazliet lielāks nekā veciem kokiem. Vidējais egles kodolkoksnes mitrums Latvijā ir 46,0 % (1. krājas kopšanas cirtē – 54,7 %, 2. krājas kopšanas cirtē – 47,2 %, galvenajā cirtē – 43,6 %), Sanktpēterburgas apgabalā 42% (Vaņins 1950, Somijā – 43 % (Jalava, 1952).

Savukārt vidējais aplievas koksnes mitrums Latvijā ir 141,6 % (1. krājas kopšanas cirtē – 149,2 %, 2. krājas kopšanas cirtē – 142,5 %, galvenajā cirtē – 139 %), Sanktpēterburgas apgabalā 145 % (Vaņins 1950), Somijā – 146 % (Jalava, 1952). Vidējais egles koksnes mitrums Latvijā svārstās robežās no 134,9 % (1. krājas kopšanas cirtē) līdz 110,5 % (galvenajā cirtē). Saskaņā ar Hakkila (1970) pētījumiem vidējais svaigi cirtas koksnes mitrums egles papīrmalkā ir 117 %, bet egles zāģbaļķos tikai nedaudz zemāks 112%. Līdzīgus datus ieguvuši daudzi pētnieki attiecībā uz Skandināvijā augošu egli (Nylender 1959, Tamminen 1964, Okstad 1988).

Ūdens daudzums stumbra koksne ziemeļvalstīs ir atkarīgs no gada laika, t.i. – klimatiskiem apstākļiem (Jalava 1952, Hakkila 1962). Kopumā, sortimenti ir vissausākie vasarā, bet ap decembra mēnesi ūdens saturs ir vislielākais – šajā laikā kokiem ir ziemas miera periods. Līdzīgus rezultātus ieguvis Hakkila (1962) arī citur attiecībā uz egli un priedi.

Raksturojot svaigi cirtas koksnes mitrumu, klāt pie cirtes veidiem un vietas šķērsgriezumā ir ievērtēta arī **sezonas ietekme**. Starp mēnešiem nav būtiskas atšķirības ($p \geq 0.05$ pēc Tukey HSD testa), tāpēc tika izvēlēts katru koku sugu atsevišķi dalīt pa periodiem.

Abām skujkoku sugām aplievas mitrums 3 līdz 4 reizes pārsniedz kodola mitrumu. Pēc vidējā mitruma egles kodolkoksne ir par trešdaļu mitrāka nekā priedes kodolkoksne, attiecīgi 46 un 34 %. Pieaugot koku vecumam, kodolkoksnes mitrums samazinās relatīvi vairāk nekā aplievas mitrums. Priedei tas samazinās no 39% pirmajā krājas kopšanā līdz 33% galvenajā cirtē (par 15%). Eglei attiecīgi no 55 līdz 44%, vai par 20%. Noteiktā audžu vecumā kodolkoksnes mitrums gada garumā ir stabils. Aplievas mitrums rudens, ziemas sezonā ir lielāks nekā siltajā vasaras sezonā (skat. 3.1. tab.)

3.1. tabula

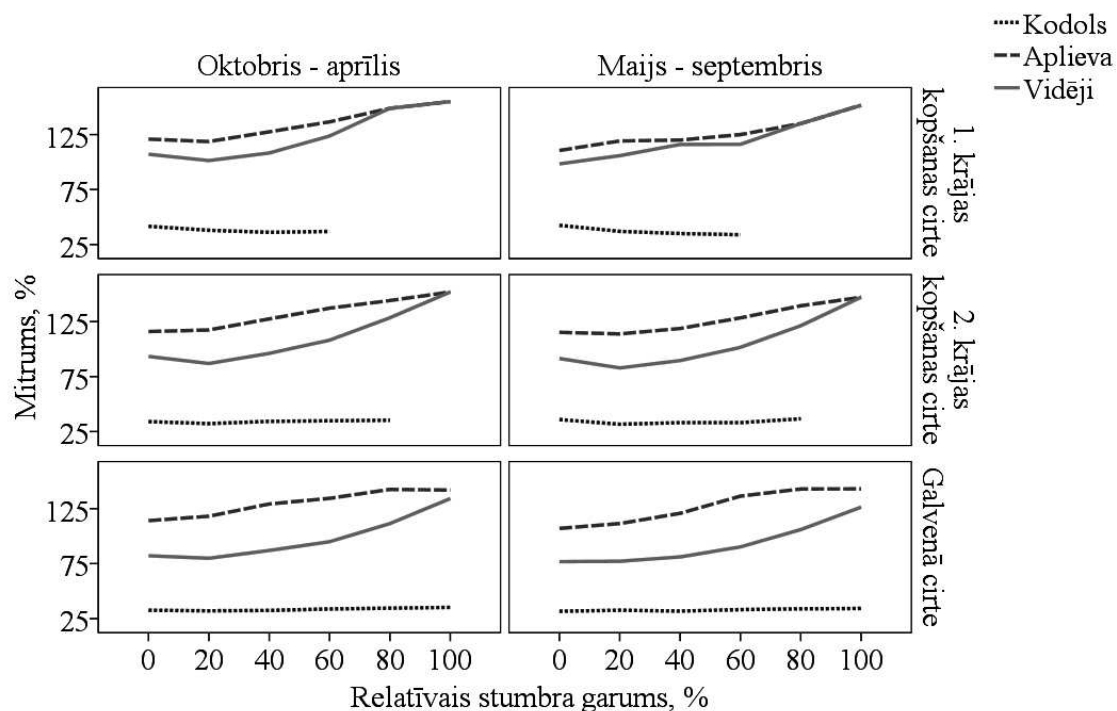
Priedes un egles svaigi cirstas koksnes mitruma raksturojums

Cirtes veids	Vieta šķērsgrīzumā	Oktobris - aprīlis		Maijs - septembris		Vidēji gadā	
		$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s
Priede							
1. krājas kopšanas cirte	Kodols	38,4	6,7	38,9	8,4	38,5	7,1
	Aplieva	135,6	20,3	128,0	18,6	133,6	20,1
	Vidēji	125,2	25,8	121,0	22,6	124,1	25,0
2. krājas kopšanas cirte	Kodols	34,2	4,4	34,1	4,6	34,1	4,5
	Aplieva	133,1	19,4	127,9	17,6	131,2	18,9
	Vidēji	111,7	26,6	106,1	25,6	109,7	26,4
Galvenā cirte	Kodols	33,3	4,0	32,9	3,6	33,2	3,9
	Aplieva	131,0	17,8	128,0	21,2	130,0	19,0
	Vidēji	99,4	23,6	94,2	22,5	97,7	23,4
Vidēji	Kodols	34,5	5,1	33,9	5,0	34,3	5,1
	Aplieva	132,6	18,9	128,0	19,7	131,1	19,3
	Vidēji	108,8	27,1	102,4	25,5	106,7	26,7
Egle							
1. krājas kopšanas cirte	Kodols	55,4	11,3	53,8	12,8	54,7	12,0
	Aplieva	152,4	19,5	144,9	18,4	149,2	19,3
	Vidēji	139,8	20,7	128,6	22,0	134,9	21,9
2. krājas kopšanas cirte	Kodols	46,5	8,7	47,4	10,7	47,2	10,2
	Aplieva	146,9	18,3	141,0	21,0	142,5	20,5
	Vidēji	124,9	21,2	115,6	22,6	118,0	22,6
Galvenā cirte	Kodols	43,0	9,3	44,4	10,5	43,6	9,9
	Aplieva	141,5	18,4	136,2	18,2	139,0	18,5
	Vidēji	112,0	21,0	108,8	21,7	110,5	21,4
Vidēji	Kodols	45,4	10,7	46,5	11,3	46,0	11,0
	Aplieva	144,5	19,2	138,9	19,3	141,6	19,5
	Vidēji	119,6	23,9	114,0	23,1	116,7	23,7

 $\bar{x}$ - vidējā vērtība

s - standartnovirze

Bez radiālām svaigi cirstas koksnes mitruma variācijām kokā ir arī vertikālās variācijas. Latvijā priedes aplievai koksnes mitrums pieaug pakāpeniski virzienā no stumbra resgaļa uz galotnes daļu par 20 – 25 %. Kodolkoksnes mitrums pie dažādiem stumbra augstumiem ir nemainīgs. Savukārt vidējais koksnes mitrums vairumā gadījumu samazinās no stumbra celma daļas līdz 20 % attālumam par 3 – 8 %, pēc tam pakāpeniski palielinās galotnes virzienā par 35 – 40 % (skat. 3.2. att.).



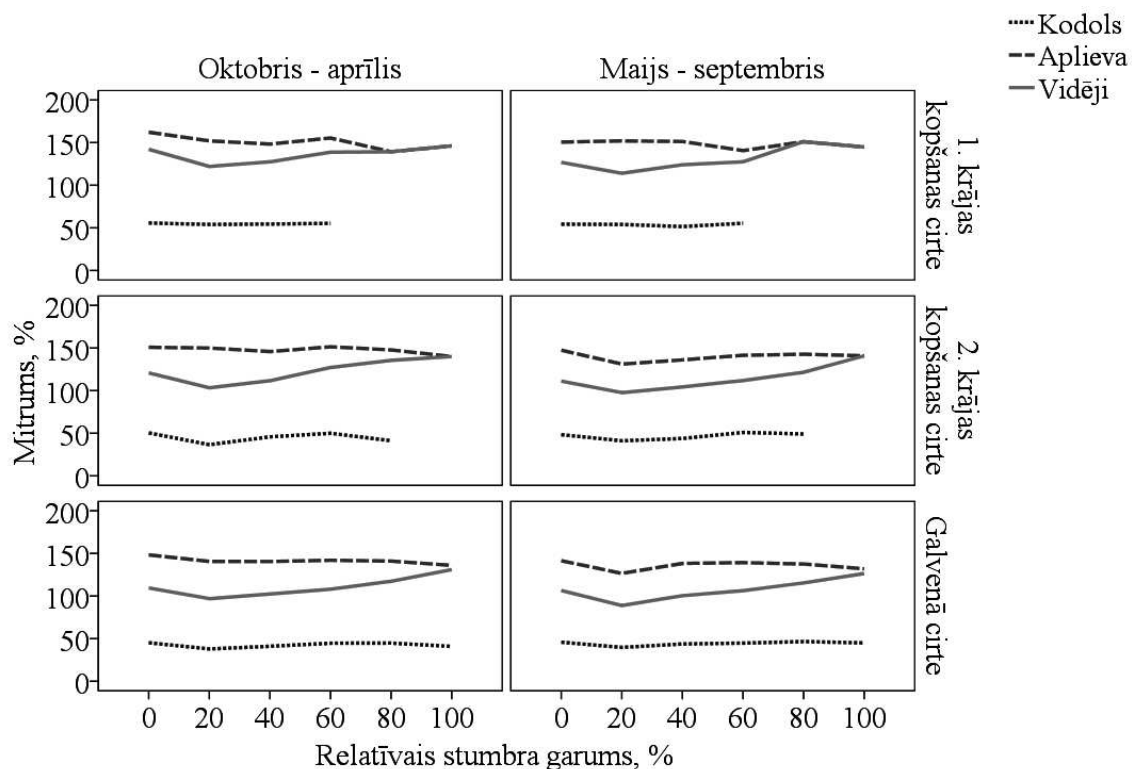
3.2. att. Priedes koksnes mitruma izmaiņas stumbra garumā.

Zemākais vidējais koksnes mitrums dažāda vecuma audzēs ir 20 % attālumā no stumbra resgaļa, jo šajā augstumā ir maksimālais kodolkoksnes īpatsvars. Latvijā priedei un eglei jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs maksimālais kodolkoksnes īpatsvars ir 20 % attālumā no stumbra resgaļa, bet pieaugušās audzēs maksimālais kodolkoksnes procentuālais īpatsvars ir no 20 līdz 40 % attālumā no stumbra resgaļa. Tas saskan ar Somijā un Zviedrijā veiktajiem pētījumiem. Ziemeļvalstu (Somija, Zviedrija) apstākļos priedei maksimālais kodolkoksnes īpatsvars ir 20-30% augstumā no kopējā koku augstuma, tālāk seko kritums sakņu kakla un galotnes virzienā (Nylinder 1959, Hakkila 1967).

Pēc Tamminen (1962) pētījumiem koksnes mitrums ārējā un iekšējā aplievas daļā pieaug pakāpeniski virzienā no stumbra resgaļa uz galotni. Koksnes mitrums ir būtiski atkarīgs no audzes tipa un atrašanās vietās, tomēr korelācija starp audzes tipu un mitrumu koksņē netika atrasta (Tamminen, 1962).

Pēc Björklund un Walfridsson (1993) pētījuma rezultātiem var secināt, ka pastāv korelācija starp priedes koksnes mitrumu un gadskārtu platumu. Zviedrijas dienvidos korelācija starp šiem diviem rādītājiem ir 34 %, centrālajā daļā 44 % un ziemeļos 20 % (Björklund & Walfridsson, 1993).

Eglei svaigi cirtas koksnes vidējais mitrums vispirms samazinās no stumbra resgaļa līdz apmēram 20% augstumam par 12 – 17 % un tad palielinās galotnes virzienā par 20 – 30% (skat. 3.3. att.). Svaigi cirtas koksnes vidējā mitruma atšķirības var izskaidrot ar kodolkoksnes īpatsvaru stumbrā.



3.3. att. Egles koksnes mitruma izmaiņas stumbra garumā.

Saskaņā ar Tamminen (1964) rezultātiem gan ārējā, gan iekšējā aplievas daļā koksnes mitrums mazliet samazinās virzienā no celma līdz krūšu augstumam. Koksnes mitrums ārējā aplievā turpina mazliet palielināties aptuveni līdz pusei no koka garuma, kur tas sāk samazināties koka galotnes virzienā (Tamminen, 1964). Koksnes mitrums iekšējā aplievā nepārtraukti pieaug virzienā no celma uz koka galotni (Tamminen, 1964). Mitrums gan ārējā, gan iekšējā kodolkoksnes daļā nedaudz samazinās no celma līdz 10 % atzīmei no koka augstuma, pēc tam mitruma saturs paliek diezgan nemainīgs koka galotnes virzienā (Tamminen, 1964).

Jāatzīmē, ka jebkuras sugas ietvaros pastāv ievērojamas atšķirības atkarībā no augšanas vietas, koku vecuma un tilpuma (Javala 1952). Kodolkoksnes īpatsvara un blīvuma variācijas ir galvenie faktori, kas ietekmē svaigi cirstas koksnes mitrumu. Ja šie divi faktori tiek izslēgti un ir vērojamas ievērojamas atšķirības starp vienāda vecuma koku stumbriem, kas ir auguši vienā un tajā pašā vietā, tad šo izmaiņu pamatā lielākoties ir ģenētiski iemesli (Panshin & de Zeeuw 1980, Zobel & Buijtenen 1989).

3.1.2. Lapkoku mitruma izmaiņas

Lai precīzi izanalizētu svaigi cirstas **bērza** koksnes mitrumu, ir nepieciešams izdalīt 3 sezonas (skat. 3.2. tab.). Bērza koksnes mitrums Latvijā svārstās robežās no 89,6 % (martā, aprīlī) līdz 75,8 % (no maijā līdz septembrim). Atsevišķos gadījumos var sasniegt 95,4 % (2011. g. aprīlis) un pazemināties līdz 69,8 % (2011. g. jūnijs)

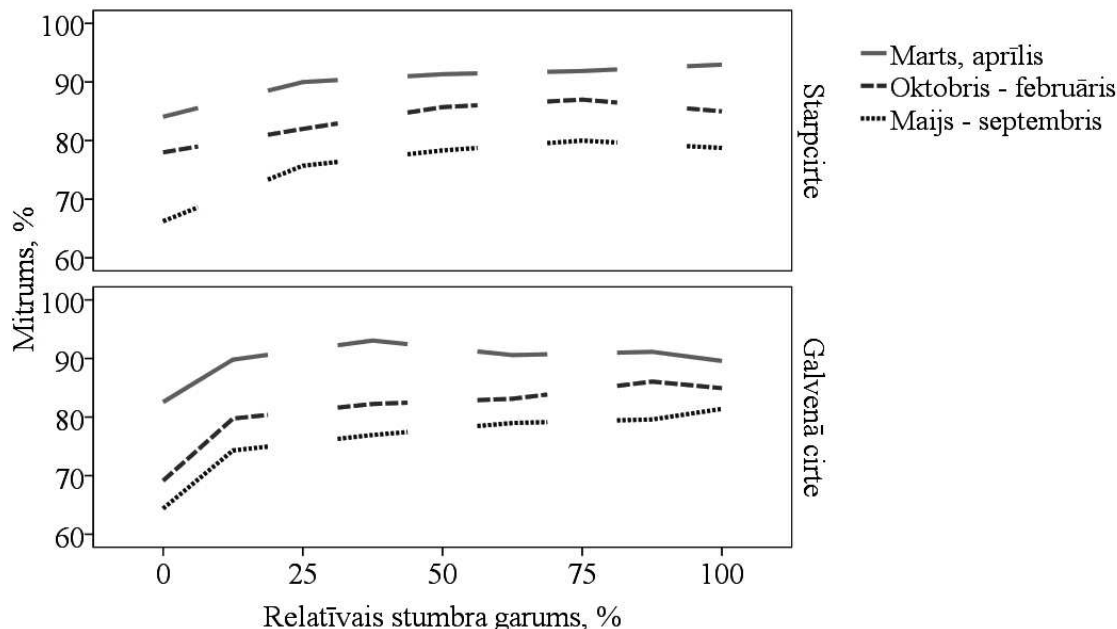
Bērza svaigi cirstas koksnes mitruma rādītāji

Cirtes veids	Marts, aprīlis		Oktobris - februāris		Maijs - septembris		Vidēji gadā	
	$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s
Starpcirte	89,7	7,9	83,4	5,6	74,5	8,9	83,3	10,3
Galvenā cirte	89,5	9,3	81,0	9,7	76,1	9,8	81,6	10,9
Vidēji	89,6	9,0	81,2	9,5	75,8	9,6	81,8	10,9

Somijā veiktajos pētījumos mitruma svārstības bērza koksnei viena gada laikā ir ap 40 %, augstā mitrums svārstās robežās ap 55 – 60 %, bet februārī ne vairāk kā 90 – 95 % (Hakkila 1962). Pēc Möttönen (2005) veiktajiem pētījumiem Somijā augstākais mitrums svaigi cirstai bērza koksnei konstatēts pavasarī nocirstiem kokiem (96 – 111 %), bet zemākais vasarā nocirstiem kokiem (62 – 70 %), savukārt svaigi cirstai bērza koksnei mitrums būtiski neatšķiras starp rudenī (80 - 88 %) un ziemā nocirstiem kokiem (78 - 89 %).

Pēc pētījumiem, kas veikti Sanktpēterburgas apgabalā, bērza 40 – 60 gadīgas audzēs vismazākais bērza koksnes mitrums ir vasaras otrajā pusē – jūlijā un augustā (60 %), bet lielākais koksnes mitrums bērzam ir maijā – 92 % (Vaņins 1950).

Pētījumā noskaidrots, ka starpcirtē sagatavotai bērza koksnei mitrums visās sezonās palielinās no stumbra resgaļa līdz 25 % augstumam par 7 – 13 %, kam tālāk seko nebūtiska mitruma palielināšanās galotnes virzienā. Galvenajā cirtē visās sezonās novērojama mitruma paaugstināšanās no stumbra resgaļa līdz 15 % augstumam par 10 – 15 %, kam tālāk „oktobra – februāra” un „maijs – septembra” periodos seko nebūtisks mitruma paaugstināšanās galotnes virzienā, bet maijā un aprīlī nav novērojamas mitruma izmaiņas (skat. 3.4. att.).



3.4. att. Bērza koksnes mitruma izmaiņas stumbra garumā.

Pēc Tamminen (1970) pētījumiem bērza koksnes mitrums stumbra garenvirzienā pakāpeniski palielinās no resgaļa galotnes virzienā. Šķērsgriezumā parasti koksnes mitrums ir lielāks stumbra centrālajā daļā nekā tā perifērijā (Tamminen, 1970). Koksnes, kura ir cirsta sulošanās periodā, mitruma izmaiņas koka apakšējā trešdaļā ir nebūtiskas (Tamminen, 1970).

Apses koksnes mitrums Latvijā svārstās robežās no 96,9 % (no oktobra līdz aprīlim) līdz 78,1 (no maija līdz septembrim). Atsevišķos gadījumos var sasniegt 114 % (2012. g. marts) un pazemināties līdz 73,9 % (2012. g. jūnijs).

Pēc Jensen un Davis (1953) pētījumiem apses mitrums svārstās robežās no 113 % (ziemā) līdz 80 % (vasarā).

Pēc pētījumiem, kas veikti Sanktpēterburgas apgabalā, 40 – 60 gadīgas apšu audzēs viszemākais koksnes mitrums ir vasaras otrajā pusē – augustā (64 %), bet lielākais koksnes mitrums ir janvārī – 118 % (Vaņins 1950).

Apsei ir izteiktas svaigi cirstas koksnes mitruma atšķirības atkarībā no vecuma īpaši, gada siltajā periodā. Starpcirtē apses koksnes mitrums ir 95%, bet galvenajā cirtē tikai 78%. Aukstajā periodā šīs atšķirības ir nelielas attiecīgi 102% un 97% (skat. 3.3. tab.) .

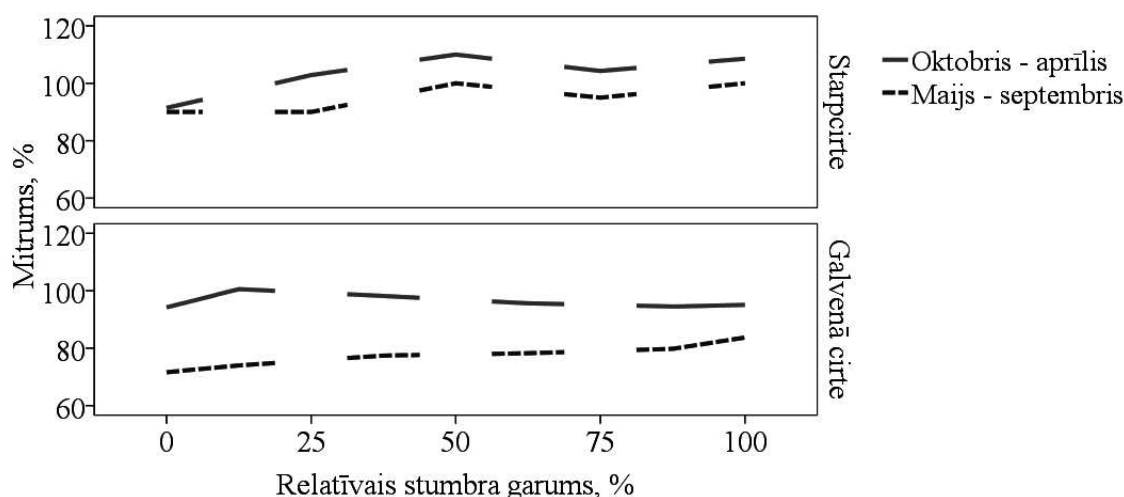
3.3. tabula

Apses svaigi cirstas koksnes mitruma raksturojums

Cirtes veids	Oktobris - aprīlis		Maijs - septembris		Vidēji gadā	
	$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s	$\bar{x}$, %	s
Starpcirte	102,3	8,2	95,0	8,5	100,5	8,8
Galvenā cirte	96,5	12,1	77,5	8,3	88,8	14,2
Vidēji	96,9	12,0	78,1	9,0	89,5	14,2

Pētījumā noskaidrots, ka mitrums apses stumbra koksnei no starpcirtes visās sezonās palielinās no stumbra resgaļa līdz 50 % augstumam par 10 – 18 %, kam tālāk seko nebūtiskas mitruma izmaiņas.

Galvenajā cirtē „oktobra – februāra” periodā novērojama nebūtiska mitruma paaugstināšanās no stumbra resgaļa līdz 15 % augstumam par 3 – 6 %, kam tālāk „oktobra – aprīļa” periodā seko nebūtiska mitruma pazemināšanās līdz galotnes daļai, bet „maijs – septembra” periodā novērojama neliela koksnes mitruma paaugstināšanās stumbra garumā galotnes virzienā par 12 % (skat. 3.5. att.).



3.5. att. Apses koksnes mitruma izmaiņas stumbra garumā.

3. 2. Sausas koksnes blīvuma rādītāji

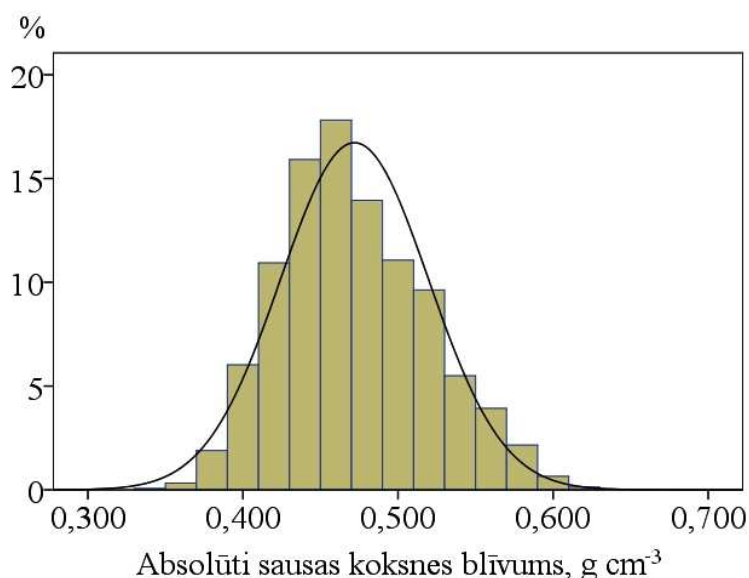
Viena no svarīgākajām koksnes īpašībām ir tās blīvums. Koksnes blīvums ir tās kvalitātes raksturlielums. Blīvākai koksnei ir sagaidāmi augstāki mehāniskās stiprības rādītāji.

Vidējo stumbra koksnes blīvumu ir grūti izvērtēt daudzu iemeslu dēļ. Vidējo stumbra koksnes blīvumu ietekmē ļoti daudzi faktori, piemēram, koku suga, ģeogrāfiskā lokācija, teritorijas kvalitāte, koka pozīcija audzē, koka vecums, izmērs, augšanas temps, ģenētiskie un citi vides faktori (Hakkila 1966, 1979, Uusvaara 1974).

Koksnes blīvums stumbrā atšķiras arī radiālā un vertikālā virzienā atkarībā no sugas. Saskaņā ar Knigge un Shultz (1966) pētījumiem, vairumam skuju koku koksnes blīvums samazinās virzienā no stumbra resgaļa virzienā uz galotni.

3.2.1. Skujkoku blīvuma izmaiņas absolūti sausā stāvoklī

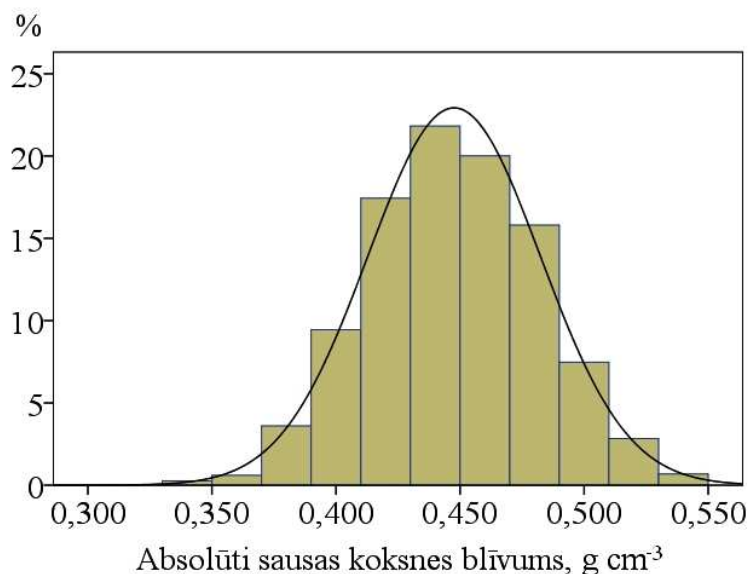
Pētījumā iegūtais **priedes** koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā svārstās robežās no 0,340 līdz 0,610 g cm⁻³ (skat. 3.6. att.)



3.6. att. Priedes koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī.

Vidējais absolūti sausas priedes koksnes blīvums Latvijā ir 0,468 g cm⁻³, Vācijā 0,485 g cm⁻³ (Sell 1997), bet Krievijā 0,480 g cm⁻³ (Уголев 2001). Priedes sausas stumbra koksnes blīvums Latvijā ir mazāks nekā Krievijā un Vācijā. To var izskaidrot ar galvenās cirtes īpatsvara un vecuma atšķirībām.

Egles koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā svārstās robežās no 0,330 līdz 0,540 g cm⁻³ (skat. 3.7. att.)



3.7. att. Egles koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī.

Vidējais absolūti sausas egles koksnes blīvums Latvijā ir 0,443 g cm⁻³, Vācijā 0,415 g cm⁻³ (Sell 1997), bet Krievijā 0,420 g cm⁻³ (Уголев 2001). Egles koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā ir 5 – 6 % lielāks par Krievijā un Vācijā iegūtiem datiem. Vidējais rādītājs iegūts, izvērtējot cirtes veidu īpatsvaru apaļo kokmateriālu sagatavošanā.

Literatūrā norādīts, ka skujukokiem kodola un aplievas sausas koksnes blīvumu ietekmē koku vecums. Katram paraugkokam tika analizēta kodola un aplievas daļa, kā arī iegūti koksnes vidējie rādītāji. Visos gadījumos aplievas blīvums ir lielāks nekā kodolkoksnei. Šis rādītājs ir svarīgs, lai noskaidrotu celulozes šķeldu blīvumu, ko iegūst no zāģbaļķu aplievas daļas, vai energošķeldu blīvumu, kas rodas sasmalcinot nomaļus vai apfrēzējot būvbaļķus, stabus un mietus.

Blīvuma atšķirība starp kodolu un aplievu skujukokiem ir lielāka 1. krājas kopšanas cirtē. Priedei šī starpība ir 56 kg m⁻³ jeb 14%, bet eglei 43 kg m⁻³ jeb 11%. Galvenās cirtes vecumā šī starpība samazinās: eglei 33 kg m⁻³ jeb 8%, bet priedei tikai 13 kg m⁻³ vai 3% (skat. 3. 4. tab.).

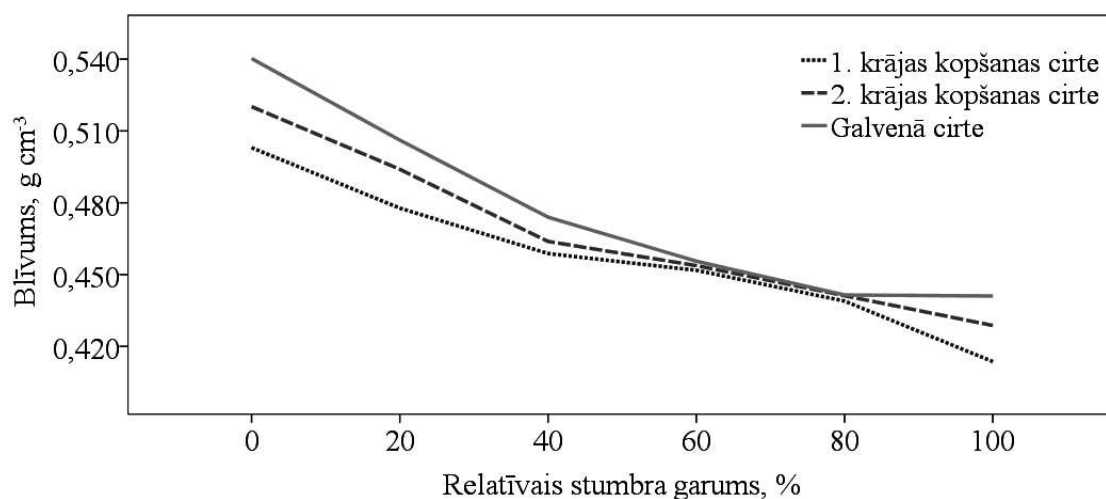
3.4. Tabula

Priedes un egles sausas koksnes blīvuma rādītāji

Cirtes veids	Kodola blīvums		Aplievas blīvums		Vidēji	
	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s
Priede						
1. krājas kopšanas cirte	0,411	0,075	0,467	0,049	0,456	0,045
2. krājas kopšanas cirte	0,441	0,065	0,478	0,048	0,465	0,045
Galvenā cirte	0,466	0,066	0,479	0,050	0,474	0,049
Vidēji	0,451	0,070	0,476	0,049	0,468	0,047
Egle						
1. krājas kopšanas cirte	0,390	0,043	0,433	0,035	0,425	0,032
2. krājas kopšanas cirte	0,408	0,044	0,451	0,034	0,439	0,032
Galvenā cirte	0,427	0,047	0,460	0,035	0,450	0,033
Vidēji	0,418	0,048	0,453	0,036	0,443	0,034

Līdz ar koku vecuma pieaugumu blīvums visvairāk palielinās kodolkoksnei. Priedei kodolkoksnes blīvums palielinās par 55 (14%), bet eglei par 37 kg m⁻³ jeb 9%. Aplievā sausas koksnes blīvuma palielinājums ir divas reizes mazāks priedei 22 (5%), bet eglei 27 kg m⁻³ jeb 6%. Arī vidējie sausas koksnes blīvuma rādītāji vecuma ietekmē priedei palielinās par 18 (4%), bet eglei par 25 kg m⁻³ jeb 6%.

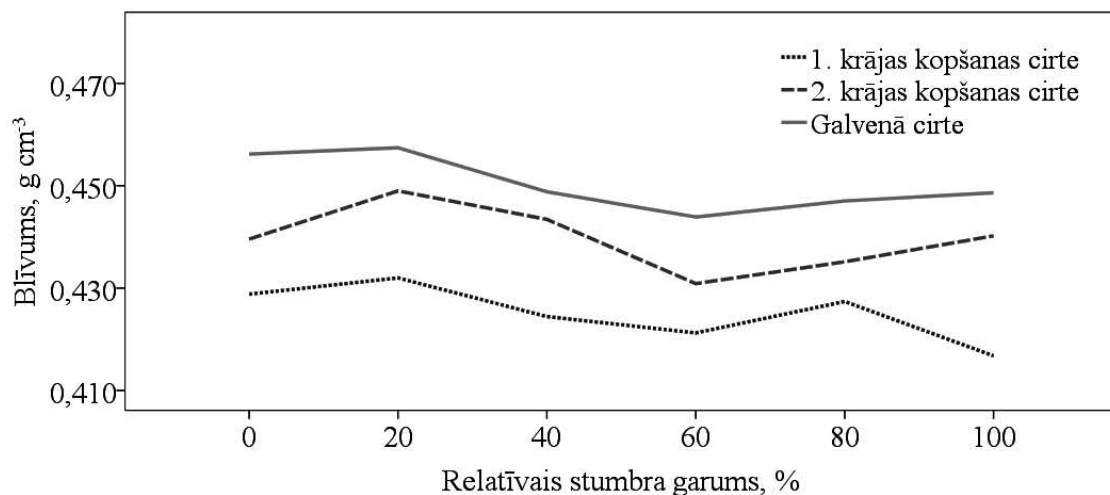
Absolūti sausas koksnes blīvums stumbra garumā **priedei** 1. krājas kopšanas cirtē (35 – 50 gados) samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā no 0,503 līdz 0,414 g cm⁻³, 2. krājas kopšanas cirtē (līdz 80 gadiem) no 0,520 līdz 0,429 g cm⁻³, Bet galvenajā cirtē (virs 100 gadiem) no 0,540 līdz 0,441 g cm⁻³. Absolūti sausas koksnes blīvuma starpība starp koka celmu un stumbra galotnes daļu ir 90 – 100 kg m⁻³ (skat. 3.8. att.).



3.8. att. Absolūti sausas priedes koksnes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

Priedei vertikālās izmaiņas ir skaidri izteiktas ar strauju samazinājumu no stumbra resgaļa daļas (Hakkila 1966, Uusvaara 1974, Hakkila 1979, Björklund 1984). Pēc Tamminen (1962) pētījuma rezultātiem sausas koksnes blīvums aplievas koksnē pārsvarā pakāpeniski samazinās no celma uz koka galotni, bet sausas kodolkoksnes blīvums strauji samazinās no resgaļa līdz 10 % no koka augstuma, pēc tam blīvums koka galotnes virzienā turpina samazināties lēnāk. Šķērsgriezumā virs celma augstuma sausas koksnes blīvums pieaug virzienā no serdes uz perifēriju (Tamminen, 1962).

Absolūti sausas koksnes blīvums stumbra garumā **eglei** 1. krājas kopšanas cirtē (30 – 50 gados) svārstās robežās no 0,417 līdz 0,432 g cm⁻³, 2. krājas kopšanas cirtē (līdz 70 gadiem) no 0,431 līdz 0,449 g cm⁻³, Bet galvenajā cirtē (virs 80 gadiem) no 0,444 līdz 0,457 g cm⁻³ (skat. 3.9. att.).

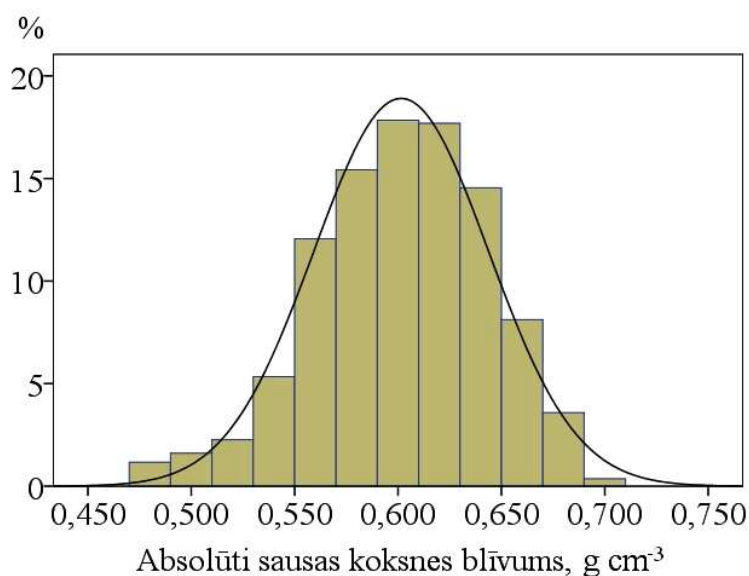


3.9. att. Absolūti sausas egles koksnes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

Egles koksnes blīvumam ir novērojamas tikai nelielas vertikālās izmaiņas, un iegūtie rezultāti ir pretrunīgi (Kärkkäinen 1976, Hakkila 1966, 1979, Johansson 1993). Pēc Tamminen (1964) pētījuma rezultātiem sausas koksnes blīvums visbiežāk no koka celma samazinās galotnes virzienā. Sausas koksnes blīvuma starpība, starp dažādām ģeogrāfiski novietotām audzēm, var sasniegt pat 30 – 40 %. Sausas koksnes blīvums aplievā pieaug no celma līdz krūšu augstumam, kur tas nedaudz sāk samazināties koka galotnes virzienā (Tamminen, 1964). Kodolkoksnes ārējā daļā sausas koksnes blīvums nedaudz un nepārtraukti samazinās no koka resgaļa līdz galotnei (Tamminen, 1964). Kodolkoksnes iekšējā daļā ir ievērojams sausas koksnes blīvuma samazinājums no celma līdz aptuveni 30 % no koka augstuma, pēc kura sausas koksnes blīvums ir nemainīgs (Tamminen, 1964). Starp aplievas ārējo un iekšējo daļu regulāras sausas koksnes blīvuma izmaiņas nav konstatētas (Tamminen, 1964). Savukārt kodolkoksnes sausas koksnes blīvums celma augstumā skaidri samazinās no tās iekšējās daļas uz ārējo (Tamminen, 1964). Koka augšdaļā regulāras izmaiņas sausas koksnes blīvumā nav novērotas (Tamminen, 1964).

3.2.2. Lapkoku blīvuma izmaiņas absolūti sausā stāvoklī

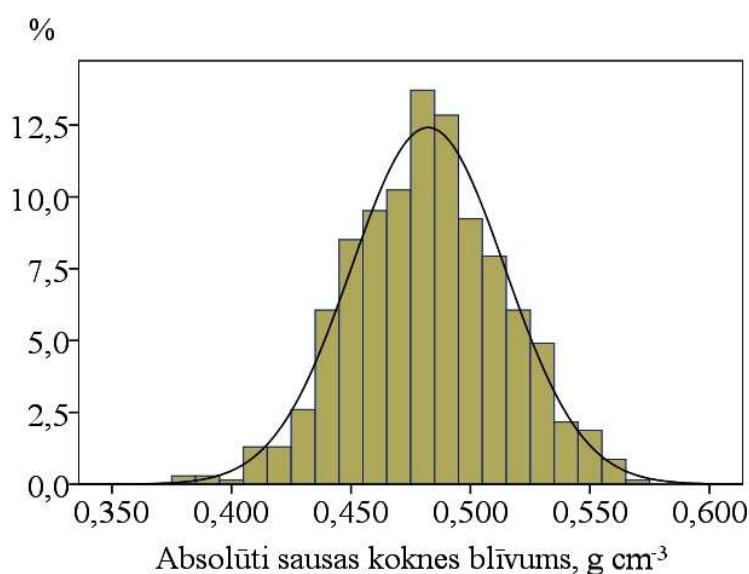
Pēc pētījuma rezultātiem **bērza** koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā svārstās robežās no 0,460 līdz 0,700 g cm⁻³ (skat. 3.10. att.)



3.10. att. Bērza koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī.

Vidējais absolūti sausas bērza koksnes blīvums Latvijā ir 0,596 g cm⁻³, Vācijā 0,645 g cm⁻³ (Sell 1997), Somijā 0,610 g cm⁻³ (Luostarinen & Verkasalo 2000) un Krievijā 0,620 g cm⁻³ (Уголев 2001). Bērza koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā ir līdzīgs ar Somijā iegūtiem rezultātiem.

Pētījumā iegūtais **apses** koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā svārstās robežās no 0,380 līdz 0,570 g cm⁻³ (skat. 3.11. att.)



3.11. att. Apses koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī/

Vidējais absolūti sausas apses koksnes blīvums Latvijā ir $0,482 \text{ g cm}^{-3}$, Vācijā $0,425 \text{ g cm}^{-3}$ (Sell 1997) un Krievijā $0,465 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001). Apses koksnes blīvums absolūti sausā stāvoklī Latvijā ir par 12 % lielāks nekā Vācijā iegūtie dati. To varētu ietekmēt liels pāraugušo apšu audžu īpatsvars Latvijā.

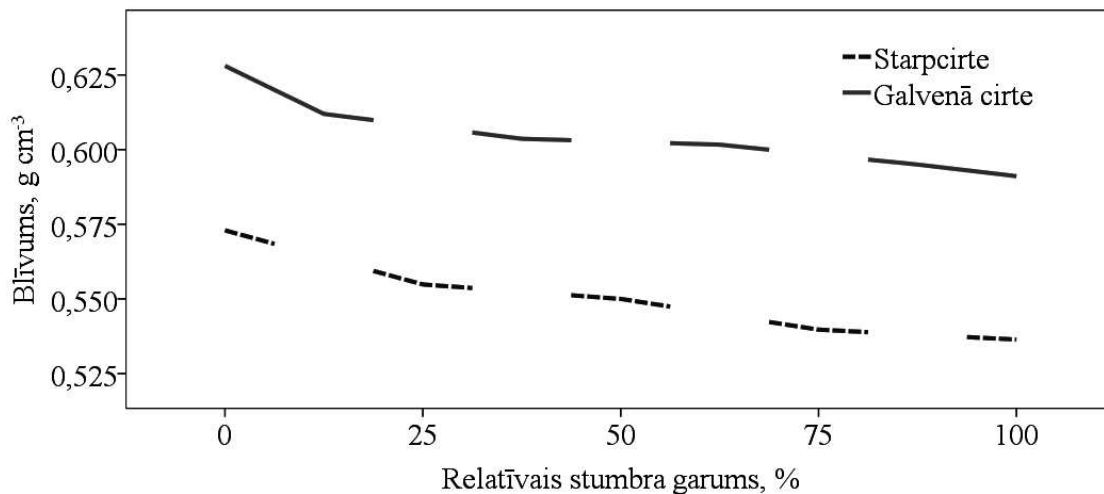
Lapkokiem ārējā un centrālajā šķēsgriezuma daļā blīvuma atšķirības nav lielas un tās netika vērtētas. Izanalizējot dažādus cirtes veidus, vecums uzrāda būtisku ietekmi. Bērzam absolūti sausas koksnes blīvums galvenajā cirtē ir par 53 kg m^{-3} jeb 10% lielāks nekā starpcirtē. Apsei šī atšķirība sastāda 30 kg m^{-3} jeb 7%. Tātad vecums lapu kokiem blīvumu ietekmē vairāk nekā skujkokiem (skat. 3.5. tab.).

3.5. tabula

Bērza un apses sausas koksnes blīvuma rādītāji

Cirtes veids	Bērzs		Apse	
	$\bar{x}, \text{ g cm}^{-3}$	s	$\bar{x}, \text{ g cm}^{-3}$	s
Starpcirte	0,552	0,044	0,454	0,036
Galvenā cirte	0,605	0,036	0,484	0,031
Vidēji	0,596	0,042	0,482	0,032

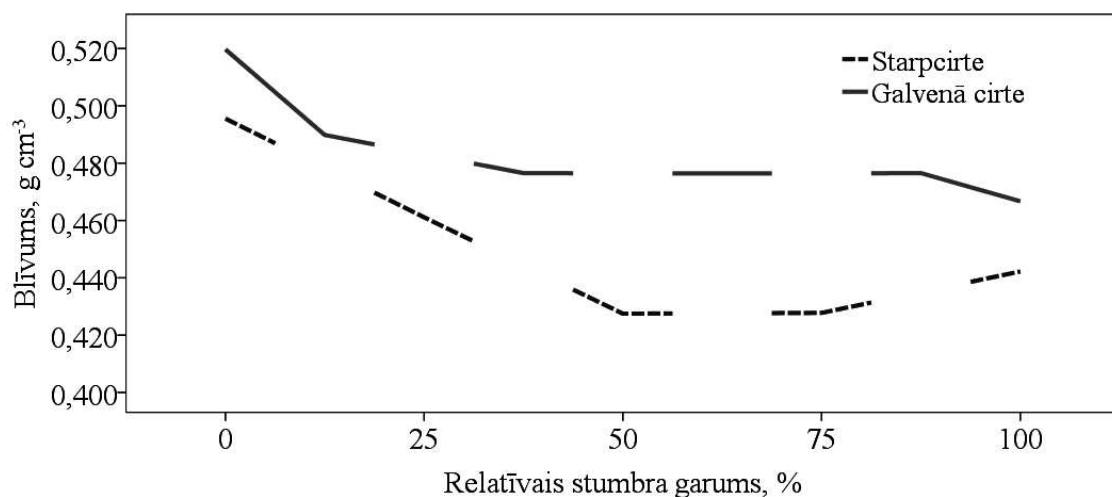
Absolūti sausas koksnes blīvums stumbra garumā bērzam starpcirtē (no 20 līdz 45 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā no $0,573$ līdz $0,536 \text{ g cm}^{-3}$, bet galvenajā cirtē (virs 70 gadiem) no $0,628$ līdz $0,591 \text{ g cm}^{-3}$. Absolūti sausas koksnes blīvuma starpība starp koka celmu un stumbra galotnes daļu ir 40 kg m^{-3} (skat. 3.12. att.).



3.12. att. Absolūti sausas bērza koksnes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

Bērzam vertikālā blīvuma izmaiņu tendence ir tāda pati kā priedei, tikai blīvuma izmaiņu intervāls ir daudz mazāks (Hakkila 1966, 1979).

Absolūti sausas koksnes blīvums stumbra garumā apsei starpcirtē (no 25 līdz 40 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa līdz vidusdaļai no $0,496$ līdz $0,428 \text{ g cm}^{-3}$, bet tālāk nedaudz palielinās galotnes virzienā līdz $0,442 \text{ g cm}^{-3}$. Galvenajā cirtē (virs 40 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa līdz 15 % no $0,520$ līdz $0,490 \text{ g cm}^{-3}$. Pārējā stumbra daļā sausas koksnes blīvums svārstās robežās no $0,477$ līdz $0,467 \text{ g cm}^{-3}$ (skat. 3.13. att.).



3.13. att. Absolūti sausas apses koksnes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

3.3. Bāzes (reducētais) blīvums.

Bāzes blīvums raksturo sausas koksnes daudzumu piebriedušā tilpuma vienībā. Šis rādītājs tika noteikts, lai precīzāk varētu raksturot mitruma izmaiņas svaigi cirstā stāvoklī un novērtētu mežā augošas sausas koksnes daudzumu.

3.3.1. Skujkoku bāzes blīvuma izmaiņas

Vidējais **priedes** koksnes bāzes blīvums Latvijā ir $0,418 \text{ g cm}^{-3}$ (1. krājas kopšanas cirtē – $0,409 \text{ g cm}^{-3}$, 2. krājas kopšanas cirtē – $0,415 \text{ g cm}^{-3}$, galvenajā cirtē – $0,424 \text{ g cm}^{-3}$), Somijā $0,413 - 0,435 \text{ g cm}^{-3}$ (Repola 2006), bet Krievijā $0,415 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001). Priedes koksnes bāzes blīvums Latvijā sakrīt ar Dienvidsomiā un Krievijā iegūtiem rezultātiem.

Egles koksnes bāzes blīvums Latvijā ir $0,395 \text{ g cm}^{-3}$ (1. krājas kopšanas cirtē – $0,379 \text{ g cm}^{-3}$, 2. krājas kopšanas cirtē – $0,391 \text{ g cm}^{-3}$, galvenajā cirtē – $0,401 \text{ g cm}^{-3}$), Dienvidsomiā pēc Hakila (1979) pētījumiem svārstās robežās no $0,370 \text{ g cm}^{-3}$ (25 gadi) līdz $0,401 \text{ g cm}^{-3}$ (virs 100 gadiem), vidēji tas ir $0,380 \text{ g cm}^{-3}$, bet Krievijā $0,365 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001).

Arī bāzes blīvumam ir cieša saistība ar vecumu. Palielinoties koku vecumam, bāzes blīvums arī palielinās. Tas ir līdzīgs gan priedei, gan eglei. Priedei atšķirība starp pirmo krājas kopšanu un galveno cirti ir 15 kg m^{-3} (4%) un eglei šis rādītājs ir lielāks un sastāda 22 kg m^{-3} jeb 6 % (skat. 3.6. tab.).

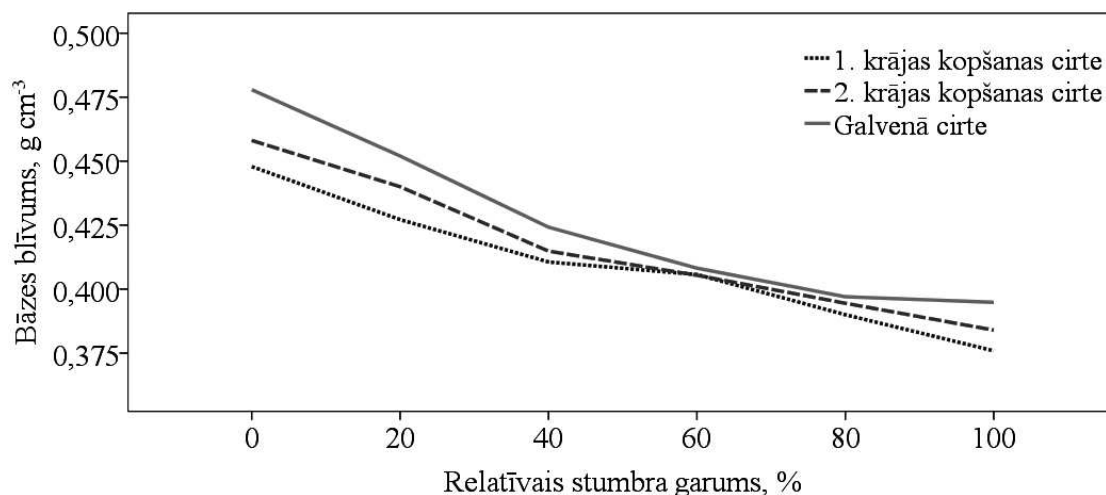
3.6. tabula

Priedes un egles bāzes blīvuma rādītāji

Cirtes veids	Priede		Egle	
	$\bar{x}, \text{ g cm}^{-3}$	s	$\bar{x}, \text{ g cm}^{-3}$	s
1. krājas kopšanas cirte	0,409	0,038	0,379	0,028
2. krājas kopšanas cirte	0,415	0,038	0,391	0,027
Galvenā cirte	0,424	0,041	0,401	0,029
Vidēji	0,418	0,040	0,395	0,030

Priedei koksnes bāzes blīvums strauji samazinājās virzienā no koka resgaļa galotnes virzienā, un atšķirība starp stumbra resgali un galotnes daļu var pārsniegt 100 kg m^{-3} (Repola 2006). Līdzīgi rezultāti ir konstatēti arī vecākos pētījumos ar parasto priedi (*Pinus sylvestris*) un citām priežu sugām (Tamminen 1962, Hakkila 1966, Knigge and Shultz 1966, Uusvaara 1974, Hakkila 1979, Björklund 1984).

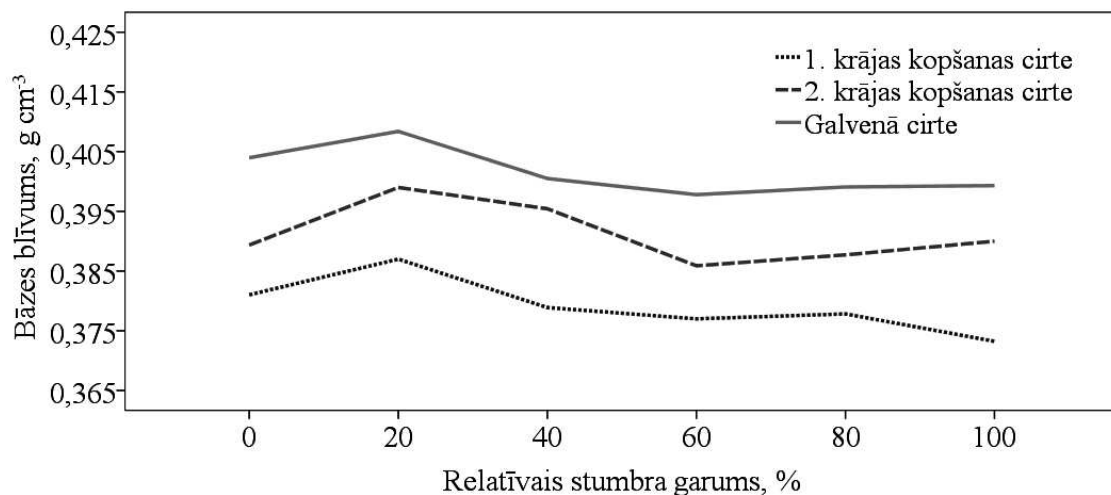
Priedes koksnes bāzes blīvums stumbra garumā 1. krājas kopšanas cirtē (no 35 līdz 50 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā no $0,448$ līdz $0,376 \text{ g cm}^{-3}$, 2. krājas kopšanas cirtē (līdz 80 gadiem) no $0,458$ līdz $0,384 \text{ g cm}^{-3}$, bet galvenajā cirtē (virs 100 gadiem) no $0,478$ līdz $0,395 \text{ g cm}^{-3}$. Koksnes bāzes blīvuma starpība starp koka celmu un stumbra galotnes daļu ir $74 - 83 \text{ kg m}^{-3}$ (skat. 3.14. att.).



3.14. att. Priedes koksnes bāzes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

Pēc Björklund un Walfridsson (1993) rezultātiem priedes koksnes bāzes blīvuma starpība starp koka celma un stumbra galotnes daļu krājas kopšanas cirtēs ir 90 kg m^{-3} , bet kailcirtēs 114 kg m^{-3} (23 %) kokiem. Bāzes blīvuma variācija ir ievērojami lielāka krājas kopšanas cirtēs. Bāzes blīvums mazāk svārstās starp dažādām audzē, nekā audzes robežās (Björklund & Walfridsson, 1993). Zviedrijas dienvidu daļā gadskārtu platums kokiem no krājas kopšanas cirtēm 50 % gadījumu izskaidroja bāzes blīvuma izmaiņas (Björklund & Walfridsson, 1993). Björklund un Walfridsson (1993) ir novērojuši ciešu negatīvu korelāciju starp bāzes blīvumu un koksnes mitrumu.

Egles koksnes bāzes blīvums stumbra garumā 1. krājas kopšanas cirtē (no 30 līdz 50 gadiem) svārstās robežās no $0,373$ līdz $0,387 \text{ g cm}^{-3}$, 2. krājas kopšanas cirtē (līdz 70 gadiem) no $0,386$ līdz $0,399 \text{ g cm}^{-3}$, Bet galvenajā cirtē (virs 80 gadiem) no $0,398$ līdz $0,408 \text{ g cm}^{-3}$ (skat. 3.15. att.). Tātad eglei blīvuma izmaiņas ir mazāk izteiktas un svārstīgas.



3.15. att. Egles koksnes bāzes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

Parastajai eglei (*Picea abies*) un citām egļu sugām pēc Hakkila (1979), Wahlgren et al. (1966), Heger (1974) un Frimpong-Mensah (1987) vertikālās koksnes bāzes blīvuma izmaiņas ir nelielas un neregulāras vispirms samazinoties, pēc tam palielinoties galotnes virzienā. Atšķirīgu vertikālo modeli konstatējis Kärkkäinen (1976) un Johansson (1993).

Hakkila (1979) konstatēja, ka eglei, priedei un bērzam ar zemāku augšanas tempu no retināšanas cirtēm stumbra koksnes blīvums bija vidēji par 1.5 % augstāks nekā valdaudzes kokiem.

Saskaņā ar Kärkkäinen (1984) pētījumu nomāktiem egļu stumbriem ir zemāks koksnes blīvums, bet valdošiem kokiem ir augstāks blīvums nekā to varētu sagaidīt balstoties uz to augšanas tempu.

Lindström (1996) pierādīja, ka egles koksnes blīvums palielinās, virzienā no serdes uz perifēriju straujāk palielinās nomāktiem kokiem salīdzinājumā ar valdaudzes kokiem.

3.3.2. Lapkoku bāzes blīvuma izmaiņas

Bērza koksnes bāzes blīvums Latvijā ir $0,508 \text{ g cm}^{-3}$ (starpcirtē – $0,472 \text{ g cm}^{-3}$, galvenajā cirtē – $0,515 \text{ g cm}^{-3}$), bet Krievijā $0,520 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001). Somijā veiktajos pētījumus konstatētais vidējais bāzes blīvums pieaugušās un dabiski atjaunojušās kārpainā bērza (*Betula pendula*) mežaudzēs ir no 500 kg m^{-3} (Hakkila 1966) līdz 512 kg m^{-3} (Heräjärvi 2004). Tāda paša vecuma plantācijās bāzes blīvums ir ievērojami zemāks – $454,4 \text{ kg m}^{-3}$. Savukārt pūkainā bērza audzēs (*Betula pubescens*) bāzes blīvums ir 480 kg m^{-3} (Möttönen, Luostarinen, 2005, Hakkila, 1979). Āra bērza (*Betula pendula*) un pūkainā bērza (*Betula pubescens*) koksnes blīvums neatšķiras, kad augšanas tempu pievienoja kā neatkarīgo mainīgo lielumu (Repola 2006). Savukārt Hakkila (1966) ieguva augstāku koksnes bāzes blīvumu āra bērzam nekā pūkainajam bērzam.

Kārpainajam bērzam sešgadīgās audzēs vidējais bāzes blīvums ir 420 kg m^{-3} (Anttonen et al, 2002), bet vienpadsmitgadīgās – 429 kg m^{-3} (Sterner, Hedenberg, 2003). Vidējais bāzes blīvums būtiski neatšķiras starp strauji un lēni augošiem viena vecuma un vienas sugas bērziem (Ollinmaa, 1960).

Apses koksnes bāzes blīvums Latvijā ir $0,427 \text{ g cm}^{-3}$ (starpcirtē – $0,415 \text{ g cm}^{-3}$, galvenajā cirtē – $0,428 \text{ g cm}^{-3}$), bet Krievijā $0,400 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001) Saskaņā ar

Kärkkäinen un Salmi (1978) pētījumiem Somijā bāzes blīvums apses zāgmateriāliem svārstās robežās no $0,390 \text{ g cm}^{-3}$ līdz $0,410 \text{ g cm}^{-3}$.

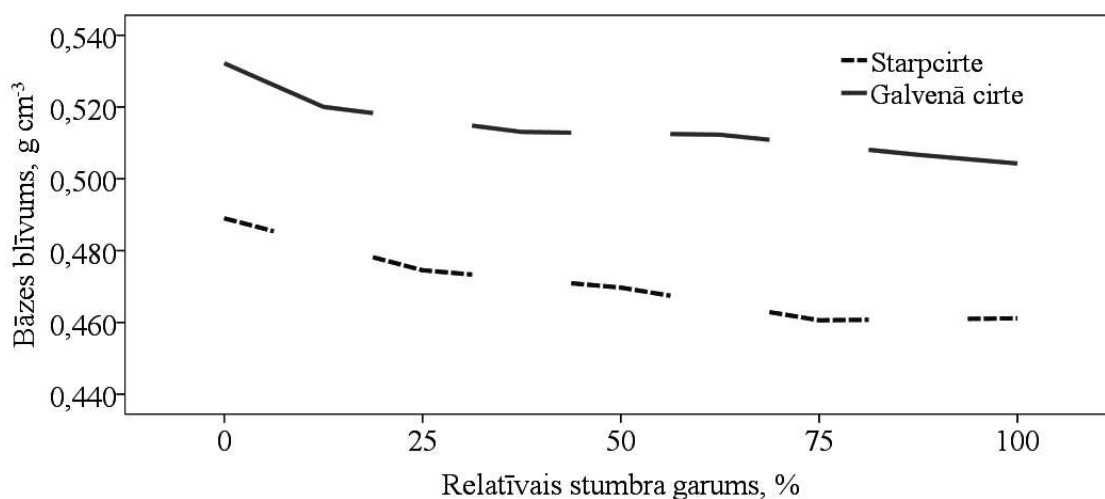
Arī lapkokiem, pieaugot vecumam, bāzes blīvums palielinās. Bērzam atšķirība starp starpcirti un galveno cirti ir 43 kg m^{-3} jeb 9% un apsei šī starpība ir trīs reizes mazāka un sastāda 13 kg m^{-3} jeb 3% (skat. 3.7. tab.).

3.7. tabula

Bērza un apses bāzes blīvuma raksturojums

Cirtes veids	Bērzs		Apse	
	$\bar{x}, \text{ g cm}^{-3}$	s	$\bar{x}, \text{ g cm}^{-3}$	s
Starpcirte	0,472	0,037	0,415	0,027
Galvenā cirte	0,515	0,030	0,428	0,025
Vidēji	0,508	0,035	0,427	0,025

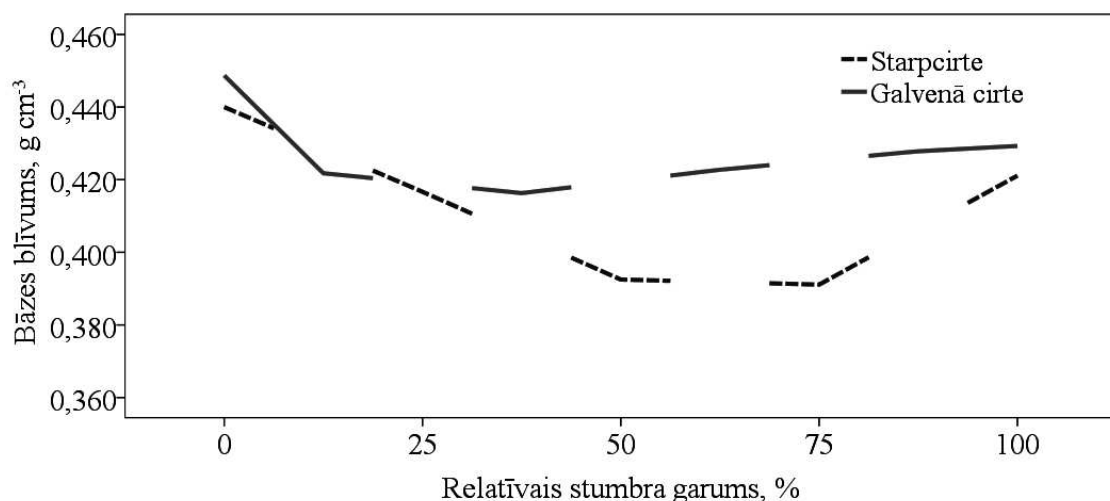
Latvijā **bērza** koksnes bāzes blīvums **stumbra garumā** starpcirtē (no 20 līdz 45 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā no $0,489$ līdz $0,461 \text{ g cm}^{-3}$, bet galvenajā cirtē (virs 70 gadiem) no $0,532$ līdz $0,504 \text{ g cm}^{-3}$ (skat. 3.16. att.).



3.16. att. Bērza koksnes bāzes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

Pēc Jalava (1946), Kujala (1946), Hakkila (1966, 1979) un Björklund (1984) rezultātiem blīvuma vertikālās izmaiņas bērzu stumbros ir līdzīgas kā priedes stumbriem, bet blīvuma atšķirības starp stumbra resgali un galotnes daļu ir daudz mazākas.

Latvijā **apses** koksnes bāzes blīvums **stumbra garumā** starpcirtē (no 25 līdz 40 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa līdz vidusdaļai no $0,440$ līdz $0,390 \text{ g cm}^{-3}$, bet tālāk palielinās galotnes virzienā līdz $0,421 \text{ g cm}^{-3}$. Galvenajā cirtē (virs 40 gadiem) samazinās no stumbra resgaļa līdz 15 – 40 % no $0,449$ – $0,420 \text{ g cm}^{-3}$, bet tālāk nedaudz palielinās galotnes virzienā līdz $0,429 \text{ g cm}^{-3}$ (skat. 3.17. att.). Pēc Heräjärvi un Junkkonen (2006) rezultātiem viszemākais bāzes blīvums ir 2 – 8 metru attālumā no celma.



3.17. att. Apses koksnes bāzes blīvuma izmaiņas stumbra garumā.

3.4. Blīvuma raksturojums pie standartmitruma

Blīvums pie standartmitruma (ρ_{12}) ir galvenais dažādu produkcijas veidu ražošanā un pielietošanā izmantojamais blīvuma rādītājs. Tā atšķirības kodolā un aplievā un izmaiņas koku vecuma ietekmē ir līdzīgas kā sausas koksnes blīvumam.

Vidējais **priedes** koksnes blīvums pie standartmitruma Latvijā ir $0,494 \text{ g cm}^{-3}$, Vācijā $0,510 - 0,530 \text{ g cm}^{-3}$ (Sell 1997) un Krievijā $0,505 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001). Priedes koksnes blīvums pie standartmitruma Latvijā ir tuvāks Krievijā iegūtiem rezultātiem.

Vidējais **egles** koksnes blīvums pie standartmitruma Latvijā ir $0,468 \text{ g cm}^{-3}$, Vācijā $0,430 - 0,470 \text{ g cm}^{-3}$ (Sell 1997) un Krievijā $0,445 \text{ g cm}^{-3}$ (Уголев 2001). Egles koksnes blīvums pie standartmitruma Latvijā sakrīt ar Vācijā iegūtiem rezultātiem.

Aplievas koksnes blīvums visos gadījumos ir lielāks nekā kodolkoksnei. Jaunākiem kokiem, pirmajā kopšanas cirtē, šī starpība ir 11 % (eglei) līdz 14% (priedei). Galvenajā cirtē šī starpība ir ievērojami mazāka: eglei – 8%, bet priedei – 3% (skat. 3.8. tab.).

Pieaugot koku vecumam, blīvums visvairāk palielinās kodolkoksnei (10 – 14%), bet mazāk aplievai (3 – 7%).

3.8. tabula

Priedes un egles blīvuma rādītāji pie standartmitruma

Cirtes veids	Kodols		Aplieva		Vidēji	
	$\bar{x}$, g cm^{-3}	s	$\bar{x}$, g cm^{-3}	s	$\bar{x}$, g cm^{-3}	s
Priede						
1. krājas kopšanas cirte	0,434	0,079	0,494	0,053	0,482	0,049
2. krājas kopšanas cirte	0,466	0,069	0,506	0,051	0,492	0,048
Galvenā cirte	0,493	0,071	0,507	0,053	0,501	0,052
Vidēji	0,476	0,075	0,504	0,053	0,494	0,051
Egle						
1. krājas kopšanas cirte	0,411	0,046	0,456	0,039	0,447	0,035
2. krājas kopšanas cirte	0,430	0,047	0,477	0,038	0,464	0,036
Galvenā cirte	0,451	0,051	0,487	0,038	0,475	0,037
Vidēji	0,441	0,052	0,479	0,040	0,468	0,038

Bērza koksnes blīvums pie standartmitrums Latvijā ir 0,619 g cm⁻³, Vācijā 0,650 – 0,680 g cm⁻³ (Sell 1997) un Krievijā 0,640 g cm⁻³ (Уголев 2001). Bērza koksnes blīvums pie standartmitrums Latvijā ir mazāks par 5 – 9 % nekā Vācijā un Krievijā iegūtie rezultāti.

Apses koksnes blīvums pie standartmitrums Latvijā ir 0,512 g cm⁻³, Vācijā no 0,500 līdz 0,525 g cm⁻³ (Sell 1997), bet Krievijā 0,495 g cm⁻³ (Уголев 2001). Apses koksnes blīvums pie standartmitrums Latvijā sakrīt ar Vācijā iegūtiem rezultātiem.

Vidējie blīvuma rādītāji lapkokiem līdz ar vecuma palielināšanos pieaug. Bērzam atšķirība starp starpcirti un galveno cirti sastāda 56 kg m⁻³ jeb 10 %, apsei šī starpība ir uz pusī mazāka un sastāda 32 kg m⁻³ jeb 7% (skat. 3.9. tab.).

3.9. tabula

Bērza un apses blīvuma rādītāji pie standartmitrums

Cirtes veids	Bērzs		Apse	
	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s
Starpcirte	0,572	0,045	0,482	0,038
Galvenā cirte	0,628	0,039	0,514	0,031
Vidēji	0,619	0,045	0,512	0,033

3. 5. Svaigi cirstas koksnes blīvums

Svaigi cirstas koksnes blīvuma atšķirības var konstatēt gada laikā starp galvenās cirtes koksni un koksni, kas iegūta kopšanas cirtēs, kā arī starp ieaudzētiem mežiem un dabiskiem mežiem un dažādu platuma grādu mežiem, tāpat atšķirības ir arī baļķu iekšienē un starp baļķiem (Tamminen 1962, 1964, 1970; Hakkila 1966; Wilhelmsson et al. 2002; Enger 2005; Repola 2006; Jyske et al. 2008).

3.5.1. Skujkoku blīvuma izmaiņas svaigi cirstā stāvoklī

Vidējais **priedes** kodolkoksnes blīvums svaigi cirtā stāvoklī Latvijā ir 0,549 g cm⁻³ (1. krājas kopšanas cirtē – 0,523 g cm⁻³, 2. krājas kopšanas cirtē – 0,538 g cm⁻³, galvenajā cirtē – 0,562 g cm⁻³). Savukārt vidējais aplievas koksnes blīvums Latvijā ir 0,971 g cm⁻³ (1. krājas kopšanas cirtē – 0,967 g cm⁻³, 2. krājas kopšanas cirtē – 0,973 g cm⁻³, galvenajā cirtē – 0,973 g cm⁻³).

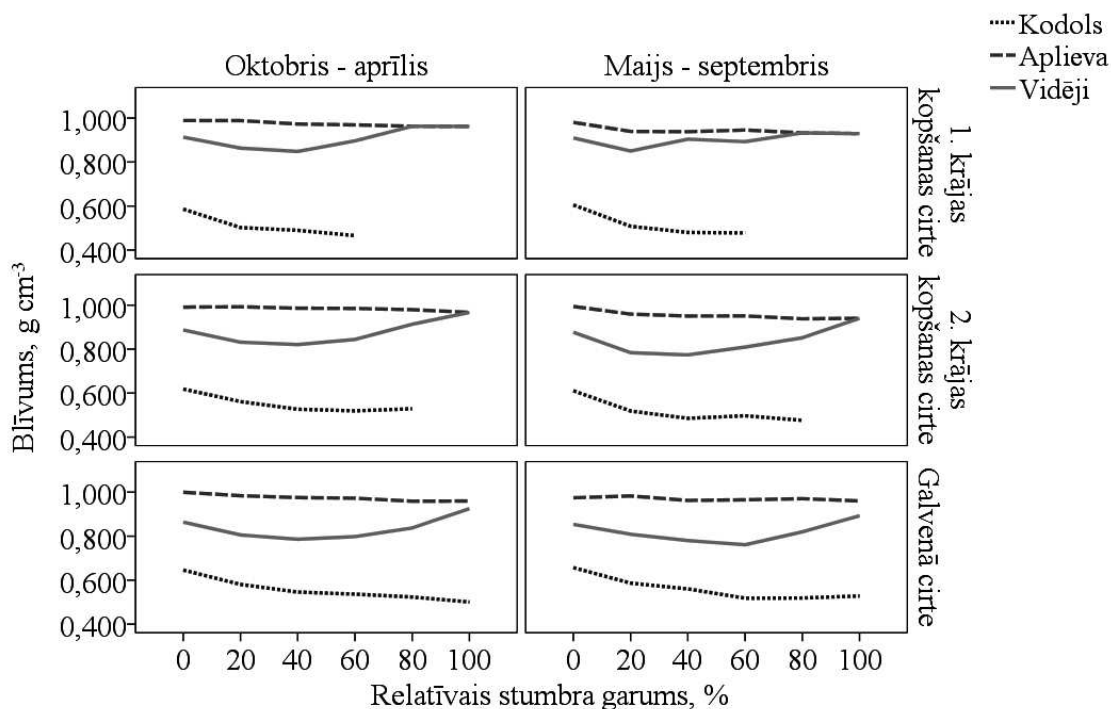
Vidējais **egles** kodolkoksnes blīvums svaigi cirstā stāvoklī Latvijā ir 0,549 g cm⁻³ (1. krājas kopšanas cirtē – 0,523 g cm⁻³, 2. krājas kopšanas cirtē – 0,538 g cm⁻³, galvenajā cirtē – 0,562 g cm⁻³). Savukārt vidējais aplievas koksnes mitrums Latvijā ir 0,971 g cm⁻³ (1. krājas kopšanas cirtē – 0,967 g cm⁻³, 2. krājas kopšanas cirtē – 0,973 g cm⁻³, galvenajā cirtē – 0,973 g cm⁻³).

No 3.10 tabulas izriet, ka priedei un eglei vidējie svaigi cirstas koksnes blīvumi pa sezonām un gada garumā maz atšķiras. Vislielāko ietekmi uz stumbra koksnes blīvumu abiem skujkokiem atstāj audzes vecums. Palielinoties vecumam, priedei svaigi cirstas koksnes blīvums samazinās par 8%, bet eglei par 5%. Ciršanas sezonas ietekme ir neliela. Siltajā vasaras periodā cirstās priedes koksnes blīvums ir par 3% mazāks un eglei par 2% mazāks nekā vēsajā rudens – ziemas periodā.

Priedes un egles svaigi cirstas koksnes blīvuma rādītāji

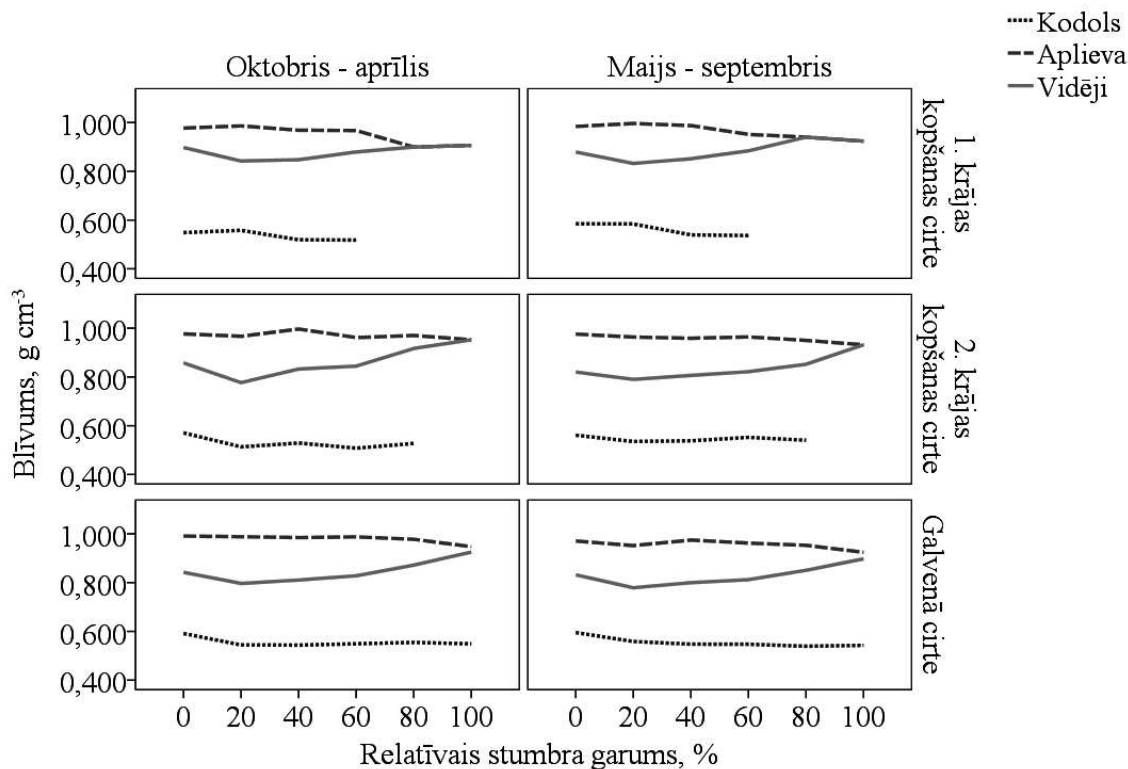
Cirtes veids	Vieta šķērsgriezumā	Oktobris - aprīlis		Maijs - septembris		Vidēji gadā	
		$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s
Priede							
1. krājas kopšanas cirte	Kodols	0,518	0,093	0,542	0,100	0,523	0,095
	Aplieva	0,974	0,037	0,946	0,043	0,967	0,040
	Vidēji	0,910	0,066	0,903	0,051	0,908	0,062
2. krājas kopšanas cirte	Kodols	0,552	0,073	0,514	0,077	0,538	0,077
	Aplieva	0,983	0,037	0,954	0,070	0,973	0,053
	Vidēji	0,879	0,069	0,837	0,094	0,864	0,081
Galvenā cirte	Kodols	0,561	0,072	0,564	0,082	0,562	0,076
	Aplieva	0,974	0,044	0,970	0,055	0,973	0,048
	Vidēji	0,837	0,071	0,821	0,081	0,832	0,075
Vidēji	Kodols	0,551	0,078	0,546	0,085	0,549	0,081
	Aplieva	0,976	0,041	0,961	0,059	0,971	0,048
	Vidēji	0,865	0,076	0,840	0,086	0,857	0,080
Egle							
1. krājas kopšanas cirte	Kodols	0,538	0,058	0,570	0,074	0,553	0,067
	Aplieva	0,947	0,058	0,958	0,065	0,952	0,061
	Vidēji	0,888	0,056	0,881	0,079	0,885	0,067
2. krājas kopšanas cirte	Kodols	0,538	0,055	0,548	0,053	0,546	0,053
	Aplieva	0,972	0,048	0,957	0,051	0,961	0,050
	Vidēji	0,875	0,078	0,840	0,073	0,848	0,075
Galvenā cirte	Kodols	0,558	0,055	0,558	0,064	0,558	0,060
	Aplieva	0,979	0,050	0,955	0,067	0,968	0,059
	Vidēji	0,850	0,076	0,833	0,087	0,842	0,081
Vidēji	Kodols	0,553	0,056	0,557	0,063	0,555	0,060
	Aplieva	0,971	0,053	0,956	0,062	0,963	0,058
	Vidēji	0,861	0,074	0,843	0,083	0,852	0,079

Latvijā **priedes** aplievai svaigi cirstas koksnes blīvums nebūtiski samazinās virzienā no stumbra resgaļa uz galotni. Kodolkoksnes blīvums samazinās no stumbra resgaļa līdz 20 % attālumam, tālāk seko nebūtisks blīvuma samazinājums. Savukārt vidējais koksnes blīvums svaigi cirstā stāvoklī samazinās no stumbra resgaļa līdz 20 % attālumam. No 20 % attāluma līdz 40 % attālumam 2. krājas kopšanai un līdz 60 % attālumam galvenajā cirtē blīvums būtiski neatšķiras. Pēc tam pakāpeniski palielinās galotnes virzienā (skat. 3.18. att.).



3.18. att. Priedes koksnes blīvuma (svaigi cirstā stāvoklī) izmaiņas stumbra garumā.

Eglei svaigi cirtas koksnes vidējais blīvums gan krājas kopšanas cirtē, gan galvenajā cirtē vispirms samazinās no stumbra resgaļa līdz apmēram 20% augstumam, bet pēc tam pakāpeniski palielinās galotnes virzienā (skat. 3.19. att.).



3.19. att. Egles koksnes blīvuma (svaigi cirstā stāvoklī) izmaiņas stumbra garumā.

Pēc Tamminen (1964) pētījuma rezultātiem svaigi cirtas koksnes blīvums ārējā aplievas daļā nedaudz pieaug virzienā no celma līdz, aptuveni, pusei no koka augstuma, kur

tas koka galotnes virzienā sāk pamazām samazināties. Aplievas iekšējā daļā svaigi cirstas koksnes blīvums nedaudz, bet patstāvīgi palielinās koka galotnes virzienā (Tamminen, 1964).

Savukārt kodolkoksnes iekšējā daļā svaigi cirstas koksnes blīvums ievērojami samazinās no celma līdz aptuveni 30 % no koka augstuma, kur tas stabilizējas (Tamminen, 1964). Koksnes šķēsgriezumā svaigi cirstas koksnes blīvums samazinās virzienā no aplievas ārpuses uz iekšpusi (Tamminen, 1964). Kodolkoksnes iekšējā daļā svaigi cirstas koksnes blīvums ir ievērojami lielāks nekā kodolkoksnei ārējā daļā (Tamminen, 1964).

Svaigi cirstas koksnes blīvums tāpat kā mitrums ir atkarīgs no kodolkoksnes un aplievas attiecības koka stumbrā, kas savukārt atkarīga no koka vecuma un vietas stumbrā (Cown et al 1991, Wilkes 1991). 3.11. tabulā salīdzināti Latvijā iegūtie svaigi cirstas koksnes blīvumi atkarībā no caurmēra ar Hakkila et al (2003) iegūtiem rezultātiem Somijas dienvidu daļā.

3.11. tabula

Svaigi cirstas koksnes blīvums Latvijā un Dienvidsomijā, kg m⁻³

Caurmērs, cm	Priede		Egle	
	Latvija	Dienvidsomija	Latvija	Dienvidsomija
5	963	947	951	949
10	939	916	910	900
15	862	877	846	848
20	814	838	815	797
25	803	829	796	771
30	805	840	800	772
35	813	--	784	--

Izmaiņu tendences starp Latvijā iegūtiem datiem un Hakkila et al (2003) iegūtiem rezultātiem ir līdzīgas. Svaigi cirstas koksnes blīvuma samazinājums, palielinoties caurmēram, arī pēc Kainulainen and Lindblad (2005) domām izskaidrojams galvenokārt ar kodolkoksnes daļas pieaugumu.

Savstarpēji būtiskas atšķirības nav priedes un egles koksnes blīvumam starp paraugripām ar caurmēriem 5 un 10 cm ($p \geq 0.05$ pēc Tukey HSD testa). Tāpat savstarpēji būtiskas atšķirības nav priedes un egles koksnes blīvumam starp paraugripām ar caurmēriem 20, 25, 30 un 35 cm. Pārējos savstarpējos gadījumos sugas ietvaros pastāv būtiskas koksnes blīvuma atšķirības ($p < 0.05$ pēc Tukey HSD testa).

3.5.2. Lapu koku blīvuma izmaiņas svaigi cirstā stāvoklī

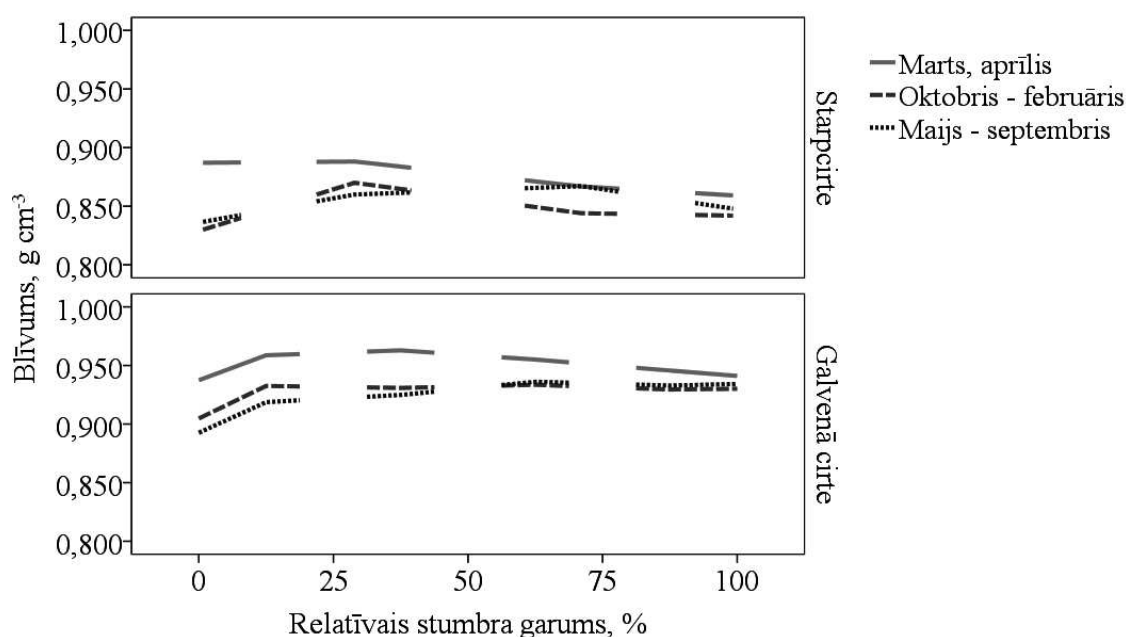
Vislielākais blīvums svaigi cirstā stāvoklī, **bērzu** koksnei ir galvenajā cirtē martā un aprīlī (sulu laikā) cirstiem apaļajiem kokmateriāliem – 0,950 g cm⁻³. Šajā pašā laikā starpcirtē blīvums ir par 75 g cm⁻³ mazāks un sastāda 0,875 g cm⁻³. „oktobra – februāra” periodā blīvuma rādītāji gan galvenajā gan starpcirtē samazinās par 23 kg m⁻³. „maijs – septembra” periodā galvenajā cirtē blīvums samazinās tikai par 3 g cm⁻³ un starpcirtē par 9 g cm⁻³. Lielā atšķirība starp cirtes veidiem ir izskaidrojama ar lielāku jaunkoksnes (juvelinās koksnes) īpatsvaru agrā vecumā. Šī koksne ir ar mazāku blīvumu. Palielinoties koku vecumam, šīs koksnes īpatsvars samazinās un blīvums attiecīgi palielinās (skat. 3.12. tab.).

Bērza svaigi cirstas koksnes blīvuma rādītāji

Cirtes veids	Marts, aprīlis		Oktobris - februāris		Maijs - septembris		Vidēji gadā	
	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s	$\bar{x}$, g cm ⁻³	s
Starpcirte	0,875	0,063	0,854	0,040	0,845	0,041	0,860	0,054
Galvenā cirte	0,950	0,035	0,927	0,040	0,924	0,044	0,932	0,042
Vidēji	0,931	0,055	0,920	0,046	0,911	0,052	0,920	0,051

Latvijā bērza koksnes blīvums apaļajiem kokmateriāliem ar caurmēru 15 – 35 cm martā un aprīlī svārstās robežās no 954 līdz 974 kg m⁻³, bet no maija līdz septembrim svārstās robežās no 898 līdz 916 kg m⁻³. Dienvidsomijā bērzu sortimentu blīvums svaigi cirstā stāvoklī gada garumā svārstās robežās no 888 līdz 957 kg m⁻³.

Svaigi cirstas bērza koksnes blīvums starpcirtē „oktobra – februāra” un „maijs – septembra” periodos strauji palielinās no stumbra resgaļa līdz 25 % augstumam, bet martā un aprīlī nav novērojamas blīvuma izmaiņas stumbra resgalī, kam tālāk seko nebūtiska blīvuma samazināšanās galotnes daļā. Galvenajā cirtē visās sezonās novērojama strauja blīvuma paaugstināšanās no stumbra resgaļa līdz 15 % augstumam, kam tālāk martā un aprīlī seko nebūtiska blīvuma pazemināšanās līdz galotnes daļai, bet „oktobra – februāra” un „maijs – septembra” periodos nav novērojamas būtiskas blīvuma izmaiņas (skat. 3.20. att.).



3.20. att. Bērza koksnes blīvuma (svaigi cirstā stāvoklī) izmaiņas stumbra garumā.

Pēc Tamminen (1970) pētījuma rezultātiem izteikts svaigi cirstas koksnes blīvuma pieaugums ir novērots trijās no piecām atrašanās vietām Zviedrijā, kur tā pieaugums ir konstatēts no celma daļas līdz pusei no koka augstuma. Vienā atrašanās vietā svaigi cirstas koksnes blīvums pieauga mazāk, un sulošanās laikā būtiskas blīvuma izmaiņas dažādās stumbra augstuma daļās netika novērotas. Svaigi cirstas koksnes blīvums stumbra šķēsgriezuma centrālajā daļā, būtiski palielinās no celma līdz 10 % no koka augstuma,

sekojot pakāpeniskam, bet lēnākam blīvuma pieaugumam koka galotnes virzienā (Tamminen, 1970).

Apsei vislielāko ietekmi uz blīvumu atstāj ciršanas sezona. Siltajā periodā svaigi cirstas koksnes blīvums ir par 7% mazāks nekā aukstajā periodā. Starpcirtē šī atšķirība ir 27 kg m^{-3} un galvenajā cirtē 59 kg m^{-3} . Palielinoties audžu vecumam, blīvums visvairāk samazinās siltajā periodā – par 36 kg m^{-3} , bet aukstajā periodā tikai par 4 kg m^{-3} , vai gadā vidēji par 3% (skat. 3.13. tab.).

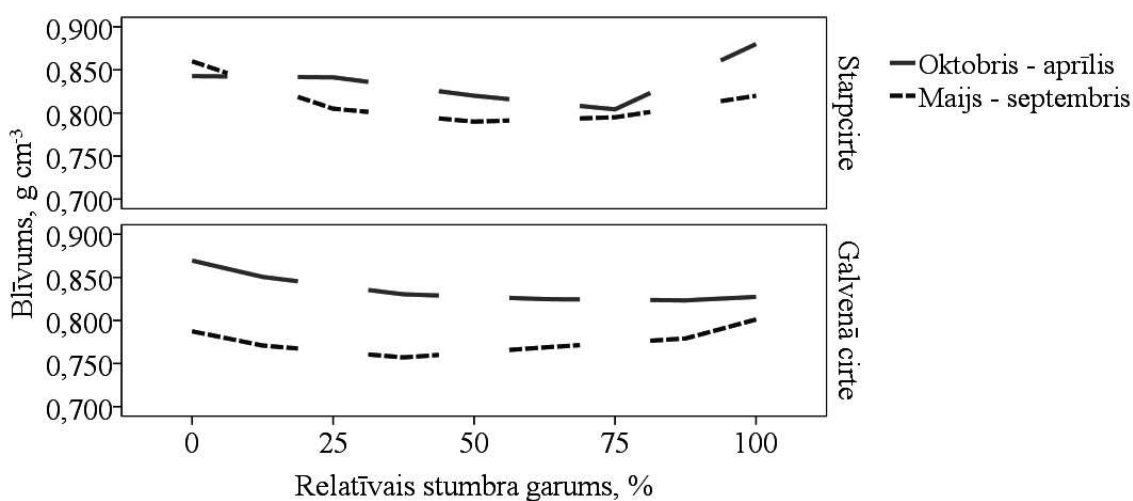
3.13. tabula

Apses svaigi cirstas koksnes blīvuma rādītāji

Cirtes veids	Oktobris - aprīlis		Maijs - septembris		Vidēji gadā	
	$\bar{x}, \text{g cm}^{-3}$	s	$\bar{x}, \text{g cm}^{-3}$	s	$\bar{x}, \text{g cm}^{-3}$	s
Starpcirte	0,841	0,045	0,814	0,039	0,834	0,045
Galvenā cirte	0,837	0,039	0,778	0,043	0,813	0,050
Vidēji	0,837	0,039	0,779	0,043	0,814	0,050

Blīvums svaigi cirstai apses koksnei, kas iegūta starpcirtes abās sezonās samazinās no stumbra resgaļa līdz 60 – 75 % augstumam, kam tālāk seko blīvuma paaugstināšanās.

Galvenajā cirtē „maijs – septembra” periodā novērojama blīvuma pazemināšanās no stumbra resgaļa līdz 40 % augstumam, kam tālāk seko blīvuma paaugstināšanās līdz galotnes daļai, bet „oktobra – aprīļa” periodā novērojams koksnes blīvuma pazemināšanās stumbra garumā galotnes virzienā (skat. 3.21. att.).



3.21. att. Apses koksnes blīvuma (svaigi cirstā stāvoklī) izmaiņas stumbra garumā.

3.6. Mizas raksturojums

Priedei mizas parametri ir atšķirīgi visā stumbra garumā, jo virzienā no resgaļa uz galotni, samazinās mizas biezums, izmainās mizas veids, kā arī tās mitrums un blīvums. Mizas mitrums priedei resgalī ir 99%, vidusdaļā tas palielinās līdz 170% un galotnes daļā vēl turpina palielināties līdz 191%. Šī mitruma starpība gandrīz 90% robežās norāda uz ļoti būtisku stumbra daļas ietekmi.

Svaigi cirstas mizas blīvums mainās līdzīgi. Resgalī mizas blīvums ir $0,600 \text{ g cm}^{-3}$, vidusdaļā palielinās līdz $0,766 \text{ g cm}^{-3}$ un galotnes daļā sasniedz $0,838 \text{ g cm}^{-3}$ (skat. 3.14. tab.). Šī lielā svaigi cirstas mizas blīvuma variācija mitruma izmaiņu ietekmē, ir ļoti svarīga pie pārrēķinu koeficientu koriģēšanas. Zinot, ka mizas daudzums attiecīgā stumbra daļā var pārsniegt 10 procentus, ir ļoti svarīgi lietkoksnē to pierēķināt vai norēķināt ar pareizo koeficientu, tādējādi precīzāk novērtējot lietkoksnē iznākumu pēc masas metodes.

3.14. tabula

Priedes mizas rādītāji

Mizas rādītājs	Stumbra daļa						Vidēji	
	Resgalis		Vidusdaļa		Galotnes daļa			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mitrums, %	98,7	26,8	169,6	37,4	191,6	29,0	157,0	49,7
Blīvums, $\rho_{sv.c} \text{ g cm}^{-3}$	0,600	0,089	0,766	0,096	0,838	0,086	0,744	0,132
Blīvums, $\rho_0 \text{ g cm}^{-3}$	0,420	0,065	0,456	0,062	0,473	0,064	0,452	0,067

Eglei mizas biezums stumbra garumā mainās pakāpeniski atbilstoši caurmēra izmaiņām, tāpēc nav nepieciešams atsevišķi izdalīt stumbra daļu. Eglei arī ir nelielas atšķirības atkarībā no cirtes veida. Šīs atšķirības ir atspoguļotas 3.15. tabulā. Mizas mitrums pirmajā un otrajā krājas kopšanas cirtē praktiski neatšķiras un ir vidēji 151 %. Galvenajā cirtē tas sastāda 135%. Tātad, palielinoties vecumam, mizas mitrums samazinās. Svaigi cirstas egles mizas blīvumam ir pretēja tendence. Pirmajā krājas kopšanas cirtē tas ir $0,823 \text{ g cm}^{-3}$, tad otrajā krājas kopšanas cirtē tas palielinās par 19 kg m^{-3} un galvenās cirtes vecumā ir līdzīgs. Absolūti sausas mizas blīvums palielinās līdz ar audžu vecuma pieaugumu, no $0,512 \text{ g cm}^{-3}$ pirmajā krājas kopšanas cirtē, līdz $0,549 \text{ g cm}^{-3}$ galvenajā cirtē.

3.15. tabula

Egles mizas rādītāji

Mizas rādītājs	Cirtes veids						Vidēji	
	1. krājas kopšanas cirtē		2. krājas kopšanas cirtē		Galvenā cirtē			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mitrums, %	151,9	33,0	150,1	32,5	135,2	30,2	141,2	32,1
Blīvums, $\rho_{sv.c} \text{ g cm}^{-3}$	0,823	0,080	0,844	0,073	0,843	0,073	0,839	0,075
Blīvums, $\rho_0 \text{ g cm}^{-3}$	0,512	0,059	0,520	0,055	0,549	0,061	0,536	0,062

Bērza mizas mitrums atkarībā no cirtes veida mainās minimāli, vidējā vērtība sastāda 67% (skat. 3.16. tab.). Svaigi cirstas un sausas mizas blīvums palielinās līdz ar audzes vecuma pieaugumu. Eglei un bērzam svaigi cirstas mizas blīvums maz atšķiras no koksnes blīvuma.

3.16. tabula

Bērza mizas rādītāji

Mizas parametrs	Cirtes veids				Vidēji	
	Starpcirte		Galvenā cirte			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mitrums, %	68,0	9,0	66,5	9,5	66,8	9,5
Blīvums, $\rho_{sv.c}$ g cm ⁻³	0,867	0,066	0,891	0,047	0,887	0,051
Blīvums, ρ_0 g cm ⁻³	0,616	0,050	0,662	0,042	0,655	0,047

Apsei mizas mitrums samazinās par 11%, palielinoties audzes vecumam. Gan svaigi cirstas, gan absolūti sausas mizas blīvums galvenajā cirtē ir par 60 kg m⁻³ lielāks nekā starpcirtē. Vidējās vērtības ir attiecīgi 0,890 g cm⁻³ un 0,588 g cm⁻³ (skat. 3.17.tab.). Apses miza svaigi cirstā stāvoklī ir par 75 kg m⁻³ blīvāka nekā koksne

3.17. tabula

Apses mizas rādītāji

Mizas rādītājs	Cirtes Veids				Vidēji	
	Starpcirte		Galvenā cirte			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mitrums, %	112,0	13,4	101,8	13,9	102,7	14,1
Blīvums, $\rho_{sv.c}$ g cm ⁻³	0,830	0,062	0,894	0,049	0,890	0,052
Blīvums, ρ_0 g cm ⁻³	0,500	0,035	0,562	0,033	0,558	0,036

3.7. Trupes raksturojums

Tā kā paraugkoki bija izvietoti izkliedēti pa visu paraulaukumu un tie tika izraudzīti ar noteiktu soli, tad **eglei** trupējuši koki gadījās reti. Iegūto datu nebija pietiekami, lai novērtētu audžu vecumu un sezonālo ietekmi. Tāpēc vērtēti tikai vidējie rādītāji. Trupes mitrums trupējušai egles koksnei ir 51,2 %, blīvums svaigi cirstā stāvoklī ir 0,618 g cm⁻³ un sausas koksnes blīvums ir attiecīgi 0,440 g cm⁻³ (skat. 3.18. tab.). Tas ir nedaudz lielāks nekā svaigi cirstai kodolkoksnei

3.18. tabula

Egles trupes raksturojums

Rādītājs	Trupējuša koksne		Svaigi cirsta kodolkoksne	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mitrums, %	51,2	15,7	42,7	9,8
Blīvums, $\rho_{sv.c}$ g cm ⁻³	0,618	0,103	0,576	0,065
Blīvums, ρ_0 g cm ⁻³	0,440	0,038	0,445	0,047

Apsei trupējušo koku īpatsvars bija lielāks tāpēc bija iespējams vērtēt arī sezonālo ietekmi. Siltajā periodā trapes mitrums ir par 7% lielāks (attiecīgi 93,6) nekā aukstajā periodā (attiecīgi 86,6 %). Siltajā periodā arī svaigi cirstas trapes blīvums ir par 70 kg m⁻³ lielāks nekā aukstajā periodā. Absolūti sausas trapes blīvums atšķiras par 22 kg m⁻³, saglabājot iepriekšējo tendenci (skat. 3.19.).

3.19. tabula

Apses trapes raksturojums

Rādītājs	Sezona				Vidēji	
	Oktobris - aprīlis		Maijs - septembris			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mitrums, %	86,6	29,6	93,6	29,1	89,0	29,5
Blīvums, $\rho_{sv.c}$ g cm ⁻³	0,660	0,116	0,737	0,157	0,686	0,136
Blīvums, ρ_0 g cm ⁻³	0,403	0,085	0,422	0,070	0,409	0,080

3.8. Priedes, egles, bērza un apses blīvumi

Vidējais stumbra koksnes blīvumu ir grūti izvērtēt un salīdzināt daudzu iemeslu dēļ. Vidējo stumbra koksnes blīvumu ietekmē ļoti daudzi faktori: koku suga, ģeogrāfiskā atrašanās, augšanas apstākļi, koka pozīcija audzē, koka vecums, izmērs, augšanas temps, ģenētiskie faktori un citi vides faktori. Šos rādītājus ietekmē arī atšķirīgs meža apsaimniekošanas veids (kopšanas ciršu īpatsvars, galvenās cirtes vecums) un pētījumos lietotā metodika. Tādēļ 3.20. tabulā apkopoti un salīdzināti pētījumā iegūtie koku sugu blīvumi pie dažādām mitruma pakāpēm ar citu valstu pētījumu rezultātiem.

Priedes, egles, bērza un apses koksnes blīvumi, kg m⁻³

Blīvumi	Pētījumā iegūtais	Somija	Krievija	Vācija
Priede				
ρ_0 , kg m ⁻³	470		470-480	485
ρ_{12} , kg m ⁻³	495		500-505	510-530
$\rho_{bāzes}$, kg m ⁻³	420	413	415	
$\rho_{sv.c.}$, kg m ⁻³	855	838-877	863	
Egle				
ρ_0 , kg m ⁻³	445	430	400-420	415
ρ_{12} , kg m ⁻³	470	470	440-445	430-470
$\rho_{bāzes}$, kg m ⁻³	395	385	365	
$\rho_{sv.c.}$, kg m ⁻³	850	797-848	794	
Bērzs				
ρ_0 , kg m ⁻³	595	610	600-620	645
ρ_{12} , kg m ⁻³	620	650	640	650
$\rho_{bāzes}$, kg m ⁻³	510	500-512	520	
$\rho_{sv.c.}$, kg m ⁻³	920	888-957	870	
Apse				
ρ_0 , kg m ⁻³	480		440-465	425
ρ_{12} , kg m ⁻³	510		490-495	500-525
$\rho_{bāzes}$, kg m ⁻³	425	390-410	400	
$\rho_{sv.c.}$, kg m ⁻³	815		762	

4. Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju un pārrēķina koeficientu aprēķināšana

Lai raksturotu koksnes un mizas masas un tilpuma sakarību (pārrēķina koeficients) nepieciešams ietvert iepriekšējā nodaļā aprakstītās koksnes un mizas mitruma un blīvuma izmaiņu tendences.

Nozīmīgākais faktors pārrēķinu koeficientu sastādīšanai ir koksnes blīvums. Pēc daudzfaktoru lineāras regresijas analīzes koksnes bāzes blīvumu būtiski ($p < 0,05$) ietekmē šādi faktori:

- stumbra daļa (priede);
- apaļo kokmateriālu caurmērs bez mizas (priede, bērzs);
- cirtes veids (priede, egle, bērzs, apse).

Pēc būtisko faktoru izvērtēšanas katrai koku sugai sastādīts koksnes bāzes blīvuma aprēķināšanas vienādojums (skat. 4.1. tab.)

4.1. tabula

Koksnes bāzes blīvuma aprēķināšana

Koku suga	Vienādojums	R^2
Priede	$\rho_b = -0,027 * St_d + 0,011 * LN(D_{bm}) + 0,006 * C_v + 0,426$	0,46
Egle	$\rho_b = 0,012 * C_v + 0,366$	0,34
Bērzs	$\rho_b = 0,033 * C_v + 0,001 * D_{bm} + 0,425$	0,27
Apse	$\rho_b = 0,018 * C_v + 0,391$	0,34

R^2 – determinācijas koeficients;

ρ_b – koksnes bāzes blīvums, $g\ cm^{-3}$;

St_d – stumbra daļa (1 – resgalis, 2 – vidusdaļa, 3 – galotnes daļa);

D_{bm} – apaļo kokmateriālu caurmērs bez mizas, cm;

C_v – cirtes veids (skujkoki: 1 – 1.krājas kopšanas cirte; 2 – 2. krājas kopšanas cirte; 3 – galvenā cirte; 2.25 – cirtes veids nezināms (vidēji), lapkoki: 1 – starpcirte; 2 – galvenā cirte; 1.75 – cirtes veids nezināms (vidēji)).

Otrs nozīmīgākais faktors aiz koksnes bāzes blīvuma ir koksnes mitrums, kuru pēc daudzfaktoru lineāras regresijas analīzes būtiski ($p < 0,05$) ietekmē šādi faktori:

- stumbra daļa (priede);
- apaļo kokmateriālu caurmērs bez mizas (priede, egle, bērzs);
- cirtes veids (priede, egle, apse);
- ciršanas sezona (priede, egle, bērzs, apse)

Katrai koku sugai pēc būtisko faktoru izvērtēšanas sastādīts koksnes mitruma aprēķināšanas vienādojums (skat. 4.2. tab.)

4.2. tabula

Koksnes mitruma aprēķināšana

Koku suga	Vienādojums	R^2
Priede	$W_a = -19,992 * LN(D_{bm}) + 1,928 * EXP(St_d) - 8,162 * C_v - 3,795 * S + 167,09$	0,68
Egle	$W_a = -29,973 * LN(D_{bm}) - 4,868 * C_v - 4,197 * S + 216,469$	0,39
Bērzs	$W_a = -6,404 * S - 0,127 * D_{bm} + 98,9$	0,31
Apse	$W_a = -18,05 * S - 7,245 * C_v + 129,513$	0,47

W_a – absolūtais mitrums svaigi cirstā stāvoklī, %;

S – sezona (priede, egle, apse: 1 – oktobris – aprīlis; 2 – maijs – septembris, bērzs: 1 – marts, aprīlis; 2 – oktobris – februāris; 3 – maijs – septembris)

Zinot koksnes bāzes blīvumu un absolūto mitrumu svaigi cirstā stāvoklī iespējams aprēķināt koksnes blīvumu svaigi cirstā stāvoklī (skat. 4.1. formulu)

$$\rho_{sv.c.} = \rho_b * 1 + \frac{W_a}{100}, \quad (4.1.)$$

kur:

$\rho_{sv.c}$ – blīvums svaigi cirstā stāvoklī, t m⁻³.

Lai noteiktu pārrēķina koeficientus bez koksnes blīvuma svaigi cirstā stāvoklī nepieciešams arī mizas blīvums. Eglei, bērzam un apsei aprēķinos izmanto vidējos mizas mitruma un blīvuma rādītājus, bet priedei aprēķina pēc vienādojumiem (skat. 4.3. tab.)

4.3. tabula

Priedes mizas mitruma un blīvuma aprēķināšana

Parametrs	Vienādojums	R^2
Mitrums	$W_a = 67,083 * \ln(St_d) - 1,215 * D_{bm} + 141,192$	0,61
Blīvums	$\rho_{sv.c} = 0,173 * \ln(St_d) - 0,003 * D_{bm} + 0,702$	0,56

Lai noteiktu pārrēķina koeficientus nepieciešama arī koksnes un mizas attiecība, kuru iespējams aprēķināt no apaļo kokmateriālu gala plaknes šķērsgriezuma ar mizu un bez mizas.

Lai aprēķinātu šķērsgriezumu ir nepieciešams caurmērs ar mizu (uzmēra) un caurmērs bez mizas, kuru iegūst no caurmēra ar mizu atņemot mizas dubultbiezumu, kas tiek aprēķināts pēc vienādojumiem (skat. 4.4. tab.)

4.4. tabula

Mizas dubultbiezuma aprēķināšana

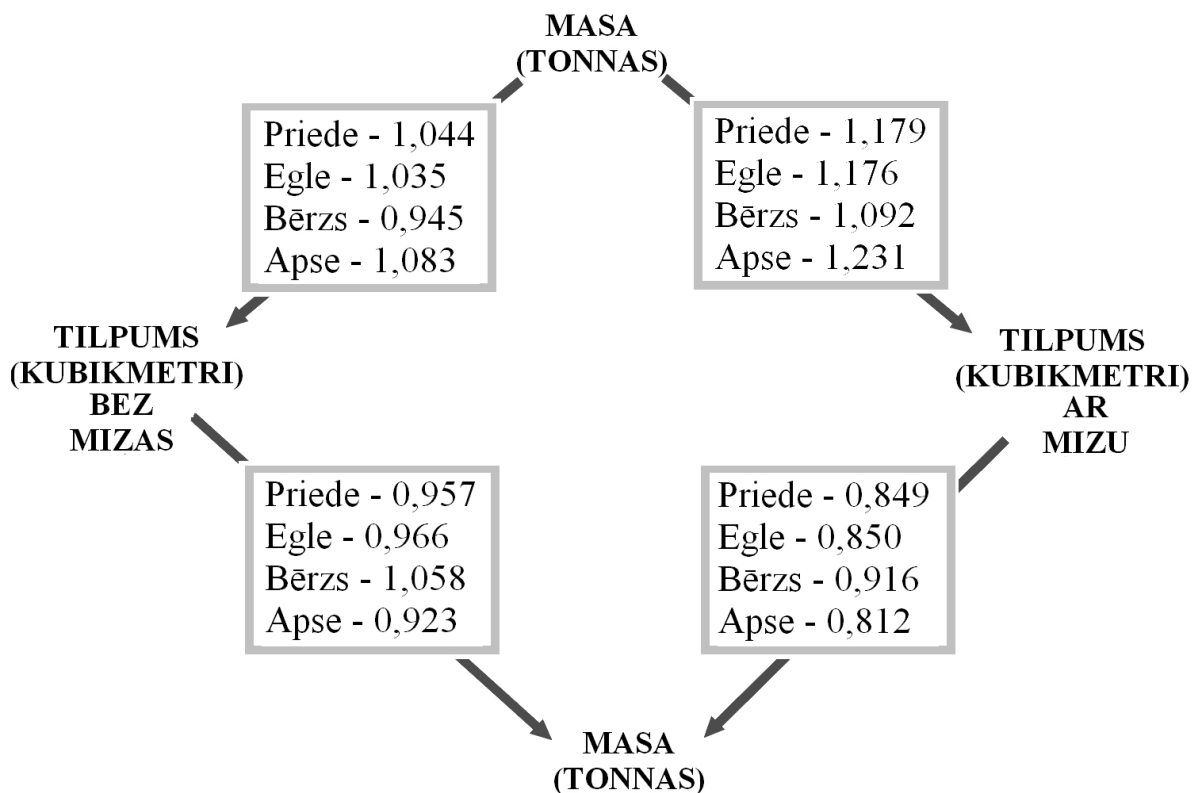
Koku suga	Vienādojums	R^2
Priede	$M_{DB} = 22,28 * St_d^{-1,39}$	0,74
Egle	$M_{DB} = 7,01 * \exp(D_{am})^{0,026}$	0,50
Bērzs	$M_{DB} = 5,792 * \exp(D_{am})^{0,044}$	0,54
Apse	$M_{DB} = 5,876 * \exp(D_{am})^{0,037}$	0,60

M_{DB} – mizas dubultbiezums, mm;

D_{am} – apaļo kokmateriālu caurmērs ar mizu, cm

Zinot koksnes un mizas blīvumu, koksnes un mizas īpatsvaru pēc sastādītā algoritma iespējams aprēķināt pārrēķina koeficientus apaļo kokmateriālu kvantitatīvai raksturošanai.

Dažādām atskaitēm un statistikai var izmantot vidējos pārrēķina koeficientus, lai veiktu pārrēķinus no kubikmetriem (ar un bez mizas) uz tonnām un otrādi. Vidējie pārrēķina koeficienti atsevišķi noteikti priedei, eglei, bērzam, apsei (skat. 4.1. att.).



4.1. att. Vidējie pārrēķina koeficienti lietkoksnes (tilpums bez mizas) un malkas (tilpums ar mizu) apjoma novērtēšanai

Precīzāku rezultāta iegūšanai, lai raksturotu koksnes un mizas masas un tilpuma sakarību (pārrēķina koeficientu), nepieciešams ietvert iepriekšējās nodaļās aprakstītos koksnes un mizas mitruma un blīvuma ietekmējošos faktorus. Būtiskākie pārrēķina koeficientus ietekmējošie faktori ir koku sugu, ciršanas veids, ciršanas sezona un apaļo kokmateriālu caurmērs. Šādas pārrēķina pamatkoeficientu izvēles tabulas svaigi cirstai koksnei sastādītas priedei, eglei, bērzam un apsei. Iegūtie pārrēķina pamatkoeficienti apkopoti 4.5., 4.6., 4.7 un 4.8.tabulā.

Priedes pārrēķina pamatkoeficienti

Caurmērs ar mizu, cm	Malkas koeficients		Lietkoksnes koeficients	
	$t \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$	$t \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$
1. krājas kopšanas cirte (oktobris - aprīlis)				
5.0	0.953	1.049	1.168	0.856
10.0	0.928	1.078	1.025	0.976
15.0	0.870	1.149	0.978	1.022
1. krājas kopšanas cirte (maijs - septembris)				
5.0	0.941	1.063	1.153	0.867
10.0	0.915	1.093	1.010	0.990
15.0	0.856	1.168	0.962	1.040
2. krājas kopšanas cirte (oktobris - aprīlis)				
10.0	0.914	1.094	1.009	0.991
15.0	0.894	1.119	0.955	1.047
20.0	0.836	1.196	0.912	1.096
25.0	0.809	1.236	0.975	1.026
2. krājas kopšanas cirte (maijs - septembris)				
10.0	0.900	1.111	0.994	1.006
15.0	0.880	1.136	0.940	1.064
20.0	0.821	1.218	0.896	1.116
25.0	0.795	1.258	0.958	1.044
Galvenā cirte (oktobris - aprīlis)				
10.0	0.898	1.114	0.992	1.008
15.0	0.877	1.140	0.936	1.068
20.0	0.815	1.227	0.889	1.125
25.0	0.801	1.248	0.858	1.166
30.0 ≤	0.784	1.276	0.915	1.093
Galvenā cirte (maijs - septembris)				
10.0	0.885	1.130	0.977	1.024
15.0	0.863	1.159	0.921	1.086
20.0	0.800	1.250	0.873	1.145
25.0	0.786	1.272	0.842	1.188
30.0 ≤	0.769	1.300	0.897	1.115

Egles pārreķina pamatkoeficienti

Caurmērs ar mizu, cm	Malkas koeficients		Lietkoksnes koeficients	
	$t \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$	$t \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$
1. krājas kopšanas cirte (oktobris - aprīlis)				
5.0	0.917	1.091	1.297	0.771
10.0	0.899	1.112	1.087	0.920
15.0	0.860	1.163	0.991	1.009
1. krājas kopšanas cirte (maijs - septembris)				
5.0	0.906	1.104	1.282	0.780
10.0	0.886	1.129	1.071	0.934
15.0	0.846	1.182	0.975	1.026
2. krājas kopšanas cirte (oktobris - aprīlis)				
10.0	0.908	1.101	1.098	0.911
15.0	0.867	1.153	0.999	1.001
20.0	0.837	1.195	0.944	1.059
25.0	0.813	1.23	0.907	1.103
2. krājas kopšanas cirte (maijs - septembris)				
10.0	0.894	1.119	1.081	0.925
15.0	0.853	1.172	0.983	1.017
20.0	0.822	1.217	0.927	1.079
25.0	0.798	1.253	0.890	1.124
Galvenā cirte (oktobris - aprīlis)				
10.0	0.915	1.093	1.106	0.904
15.0	0.874	1.144	1.007	0.993
20.0	0.842	1.188	0.950	1.053
25.0	0.818	1.222	0.912	1.096
$30.0 \leq$	0.799	1.252	0.886	1.129
Galvenā cirte (maijs - septembris)				
10.0	0.901	1.110	1.089	0.918
15.0	0.859	1.164	0.990	1.010
20.0	0.828	1.208	0.934	1.071
25.0	0.803	1.245	0.895	1.117
$30.0 \leq$	0.784	1.276	0.869	1.151

Bērza pārrēķina pamatkoeficienti

Caurmērs ar mizu, cm	Malkas koeficients		Lietkoksnes koeficients	
	$t\ m^{-3}$	$m^3\ t^{-1}$	$t\ m^{-3}$	$m^3\ t^{-1}$
Kopšanas cirte (oktobris - februāris)				
5.0	0.866	1.155	1.182	0.846
10.0	0.868	1.152	1.047	0.955
15.0	0.872	1.147	1.017	0.983
20.0	0.877	1.140	1.012	0.988
Kopšanas cirte (marts, aprīlis)				
5.0	0.887	1.127	1.210	0.826
10.0	0.893	1.120	1.077	0.929
15.0	0.898	1.114	1.048	0.954
20.0	0.904	1.106	1.043	0.959
Kopšanas cirte (maijs - septembris)				
5.0	0.844	1.185	1.152	0.868
10.0	0.843	1.186	1.017	0.983
15.0	0.846	1.182	0.987	1.013
20.0	0.851	1.175	0.982	1.018
Galvenā cirte (oktobris - februāris)				
10.0	0.918	1.089	1.107	0.903
15.0	0.924	1.082	1.078	0.928
20.0	0.930	1.075	1.073	0.932
25.0	0.935	1.070	1.078	0.928
30.0 ≤	0.939	1.065	1.088	0.919
Galvenā cirte (marts, aprīlis)				
10.0	0.945	1.058	1.140	0.877
15.0	0.952	1.050	1.111	0.900
20.0	0.958	1.044	1.106	0.904
25.0	0.963	1.038	1.110	0.901
30.0 ≤	0.968	1.033	1.122	0.891
Galvenā cirte (maijs - septembris)				
10.0	0.892	1.121	1.076	0.929
15.0	0.897	1.115	1.046	0.956
20.0	0.901	1.110	1.040	0.962
25.0	0.906	1.104	1.045	0.957
30.0 ≤	0.910	1.099	1.055	0.948

Apses pārrēķina pamatkoeficienti

Caurmērs ar mizu, cm	Malkas koeficients		Lietkoksnes koeficients	
	$t \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$	$t \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$
Kopšanas cirte (oktobris - aprīlis)				
5.0	0.850	1.176	1.152	0.868
10.0	0.844	1.185	1.008	0.992
15.0	0.842	1.188	0.969	1.032
20.0	0.842	1.188	0.955	1.047
Kopšanas cirte (maijs - septembris)				
5.0	0.795	1.258	1.078	0.928
10.0	0.782	1.279	0.933	1.072
15.0	0.778	1.285	0.895	1.117
20.0	0.777	1.287	0.881	1.135
Galvenā cirte (oktobris - aprīlis)				
10.0	0.849	1.178	1.013	0.987
15.0	0.847	1.181	0.975	1.026
20.0	0.847	1.181	0.961	1.041
25.0 ≤	0.847	1.181	0.956	1.046
Galvenā cirte (maijs - septembris)				
10.0	0.784	1.276	0.936	1.068
15.0	0.781	1.280	0.899	1.112
20.0	0.779	1.284	0.884	1.131
25.0 ≤	0.778	1.285	0.878	1.139

5. Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju un pārrēķina koeficientu aprēķināšanas metodika

Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju aprēķināšanai ir izstrādāts algoritms, kurš iekļauts datorprogrammā. Šī algoritma izstrādes laikā tika veikta koksnes un mizas mitruma un blīvuma analīze atkarībā no ciršanas veida (koka vecuma), ciršanas sezonas, vietas stumbrā un caurmēra. Ievāktie dati tika izmantoti vienādojumu sastādīšanai svaigi cirstas koksnes un mizas blīvumu aprēķināšanai, kas raksturotu koksnes un mizas masas un tilpuma sakarību.

Datorprogramma izmantojama apaļajiem kokmateriāliem, kas sagatavoti no augošiem (dzīviem), nevis nokaltušiem kokiem. Iegūtās pārrēķina koeficientu vērtības izmantojamas vēsajam „rudens – ziemas” periodam. Siltajā vasaras „maiņa – septembra” periodā, kad uzglabāšanas laikā iespējama kokmateriālu žūšana, jāveic koeficientu korekcija, ja no ciršanas līdz piegādei patērētājam pagājušas vairāk par 5 dienām.

Izstrādātās datorprogrammas darbību var sadalīt trīs nosacītos blokos (skat. 5.1.att.).



5.1.att. Programmas darbības kopējā shēma

Pirmais bloks „Datu ievade” ietver vienkāršu ievadlauku aizpildīšanu. Aprēķini tiek veikti atkarībā no izvēlētajiem parametriem. Otrais programmas bloks raksturo aprēķinu veikšanas procesu un tajā iekļauto ievaddatu validāciju. Trešā programmas daļa „Rezultātu izmantošana” apraksta aprēķinu procesā iegūto koksnes masas un tilpuma pārrēķina koeficientu izmantošanu.

5.1. Datu ievade

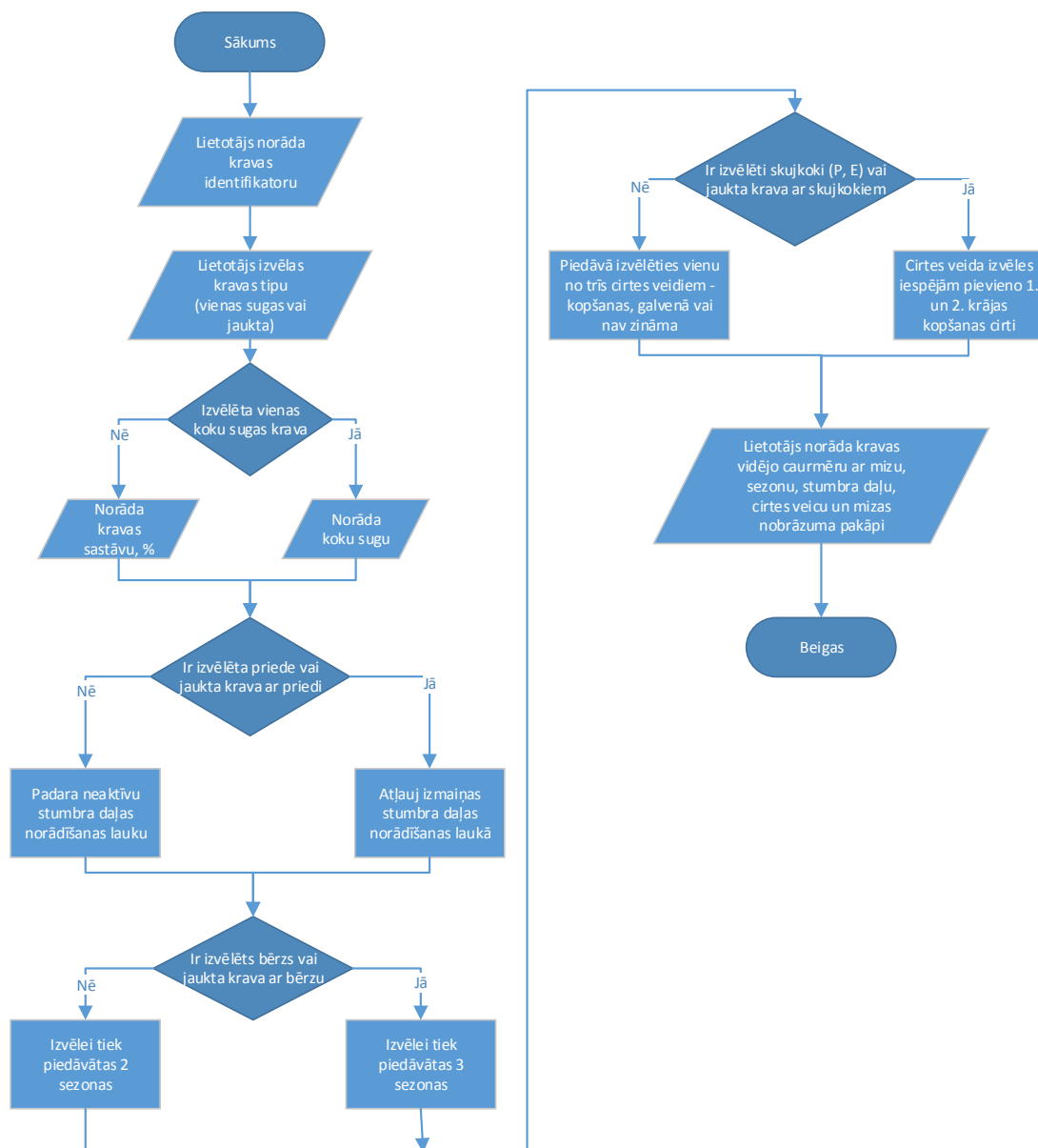
Stumbra koksnes un mizas mitruma un blīvuma rādītāju aprēķināšanai norādāmie parametri apkopoti 5.1.tabulā.

5.1.tabula

Izvēlņu apraksts

Nosaukums	Iespējamās vērtības	Apraksts
Kravas tips	Vienas sugas krava Jaukta krava	Izvēloties „Jaukta krava”, nepieciešams norādīt kravā esošās koku sugas
Koku suga	Priede Egle Bērzs Apse	Izvēle pieejama tad, ja kravas tips ir izvēlēts - „Vienas sugas krava”.
Kravas sastāvs	Kravas sastāvā esošo sugu īpatsvaru summai jābūt 100%	Aizpildāma tikai izvēlētas „Jauktas kravas” gadījumā. Jānorāda koku sugu īpatsvars procentos. Tiek kontrolēts vai ievadīto koku sugu procentuālā summa sastāda 100 %.
Ciršanas sezona	Marts, aprīlis Maijs-septembris Oktobris-februāris Oktobris-aprīlis	Mainās atkarībā no tā vai ir izvēlēts bērzs vai cita koku suga.
Vidējais kravas caurmērs	5 – 60 cm	Ievadlaukā jāieraksta aritmētiski vidējais kravas caurmērs centimetros ar mizu
Stumbra daļa	Resgalis Resgalis un vidusdaļa Vidusdaļa Vidusdaļa un galotnes daļa Galotnes daļa	Stumbra daļa jānorāda tikai tad, ja ir izvēlēta priede vai jaukta krava ar priedi.
Cirtes veids	1. krājas kopšanas cirte 2. krājas kopšanas cirte Starpcirte Galvenā cirte Nezināms (vidēji)	Izvēlēties 1. vai 2. krājas kopšanas cirti var tad, ja kravas sastāvā ir skujkoki (priede vai egle). Pārējos gadījumos jāizvēlas starp starpcirti, galveno cirti vai nezināmu cirtes veidu.
Mizas nobrāzuma pakāpe	Zem 1/3 1/3-2/3 Virs 2/3	Vizuāli novērtējot kokmateriālu kravu, jānorāda viena no piedāvātajām mizas nobrāzuma pakāpēm.

Sastādot programmas ieejas datu kopu, tiek regulēti vairāki parametri. Kopējo programmas izmantošanai norādāmo parametru kopumu raksturo 5.2. attēlā redzamā blokshēma.



5.2.att. Programmas ieejas parametru blokhēma

Datorprogrammas pirmajā ievadlaukā ir jānorāda kravas identifikācijas numurs vai īpašnieks (gadījumā, ja kravu sūta privātais mežu īpašnieks). Šī informācija, kas norādāma brīva teksta formā, ir informatīva rakstura un nekādā veidā neietekmē aprēķinu rezultātus. Nākamais solis ir kravas tipa izvēle. Ja lietotājs norāda, ka krava sastāv no vienas koku sugas kokmateriāliem, tad izvēlnē ir jāizvēlas kāda no piedāvātajām koku sugām. Jauktas kravas izvēles gadījumā lietotājam tiek atklāti vairāki ievadlauki, kur katrā jānorāda attiecīgās koku sugas procentuālais īpatsvars. Tad atkarībā no izvēlētajās sugas tiek veikta izvēlnē piedāvāto vērtību konfigurēšana. Ja ir izvēlēta priedes kokmateriālu krava, tad lietotājam tiek piedāvāts norādīt stumbra daļu, no kuras ir sagatavoti kokmateriāli, jo atšķiras mizas biezums un blīvums. Šāda iespēja tiek atļauta arī gadījumos, kad ir izvēlēta jaukta krava, kuras sastāvā ir priede.

Ja izvēlēta koku suga ir bērzs (vai norādīta jaukta krava, kuras sastāvā ir bērzs), tiek piedāvātas trīs sezonas: „marts, aprīlis”, „oktobris-februāris”, „maijs-septembris”. Savukārt, ja izvēlēta kāda cita koku suga, tiek piedāvātas divas sezonas: „oktobris-aprīlis” un „maijs-

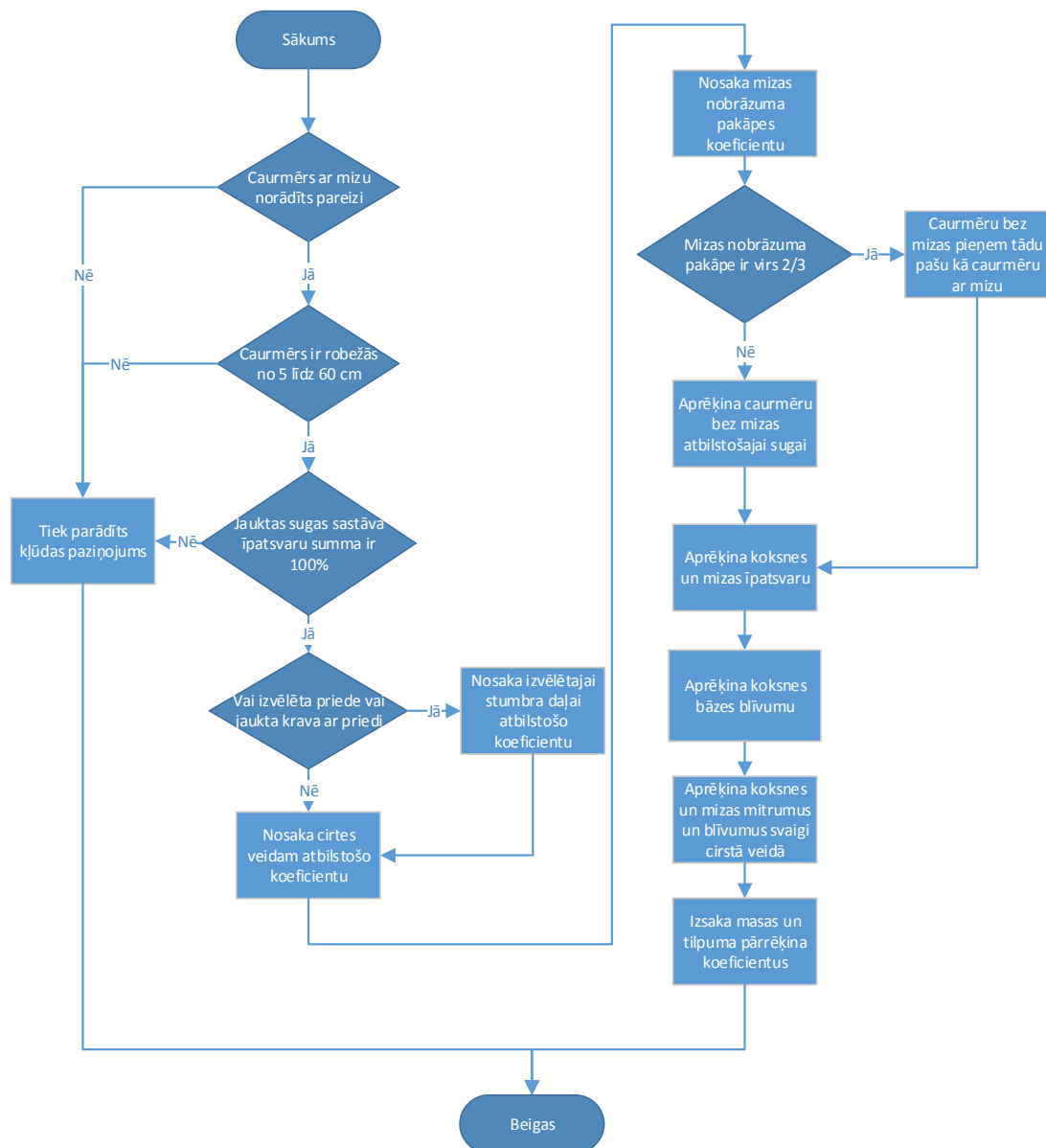
septembris". Tas pamatojams ar to, ka bērziem pavasarī ir izteikti paaugstināts koksnes mitrums, salīdzinot ar citām aplūkotajām sugām.

Cirtes veids, kurā iegūti skujkoku kokmateriāli, iegūtos rezultātus ietekmē būtiskāk nekā lapu koku gadījumos. Šī iemesla dēļ, izvēloties kādu no lapu kokiem, tiek piedāvāts izvēlēties no trīs variantiem: galvenā cirte, starpcirte vai cirtes veids nav zināms. Savukārt, ja izvēlēta skuju koku vai arī jauktu kravu ar skujkokiem tās sastāvā, kopšanas cirte tiek sadalīta sīkāk, izvēršot pirmo krājas kopšanas cirti un otro krājas kopšanas cirti.

Atlikušie parametri: kravas vidējais caurmērs ar mizu un mizas nobrāzuma pakāpe nav atkarīgi no citos ievadlaukos norādītajām vērtībām.

5.2. Aprēķinu veikšana

Pēc datu ievades seko nākamais programmas bloks – aprēķinu veikšana (skat. 5.3. att.). Pirms sākt vienādojumos izmantojamo koeficientu noteikšanu, tiek veikta lietotāja norādīto parametru validācija. Ja datos ir konstatēta neatbilstība definētajiem nosacījumiem, tiek attēlots atbilstošs kļūdas paziņojums un apturēts aprēķinu veikšanas process. Pirmkārt tiek pārbaudīts, vai caurmērs ar mizu norādīts pareizi. Šajā laukā drīkst ievadīt veselus vai decimālskaitļus robežās no 5 līdz 60 centimetriem. Nākamā pārbaude tiek veikta tad, ja lietotājs ir izvēlējis jauktu kravu. Norādot katras kravas sastāvā esošās koku sugas īpatsvaru, to kopsummai jābūt 100%.



5.3.att. Aprēķinu veikšanas blokhēma

Pēc ievaddatu validācijas tiek noteikti parametriem atbilstošie koeficienti, kurus pēc tam izmanto vienādojumos. Tā kā stumbra daļa jānorāda tikai priedei, arī koeficients šim parametram tiek noteikts tikai tad, ja izvēlēta attiecīgā suga. Nākamajā solī tiek noteikta mizas nobrāzuma pakāpe, pēc kuras tiek veikta pārbaude. Ja mizas nobrāzuma pakāpe ir virs 2/3 no stumbra laukuma, tad tiek pieņemts, ka caurmērs bez mizas ir tāds pats kā caurmērs ar mizu. Pretējā gadījumā tas tiek aprēķināts, izmantojot atbilstošu vienādojumu.

Tālākā aprēķinu procesā, izmantojot izvēlētos parametrus un to pielāgojumus, tiek izskaitļots koksnes un mizas īpatsvars, kā arī bāzes blīvums, mitrums un blīvums svaigi cirstā stāvoklī. No iegūtajiem lielumiem aprēķinu beigās tiek izteikti koksnes un mizas masas un tilpuma pārrēķina koeficienti, kuri tiek tālāk pielietoti rezultātu izmantošanas daļā.

5.3. Rezultātu izmantošana

Pēc tam, kad ir noteikti svaigi cirstas koksnes masas un tilpuma pārrēķina koeficienti, tie var tikt izmantoti praksē. Šim nolūkam datorprogrammā ir iestrādāts kalkulators, kas ļauj veikt pārrēķinus, izmantojot no ievaddatiem aprēķinātos koeficientus (skat. 5.4.att.).

Lietkoksnes koeficients: **0.808** $t\ m^{-3}$
1.238 $m^3 t^{-1}$
Malkas koeficients: **0.769** $t\ m^{-3}$
1.300 $m^3 t^{-1}$
Kalkulators
Ievadiet daudzumu kubikmetros

29.49 tonnas

5.4.att. Masas un tilpuma pārrēķina kalkulators

Uzvirzot kursoru un nospiežot peles kreiso pogu uz kāda no 4 pārrēķina koeficientiem, tiek attēlots kalkulators, kurā var ievadīt masu vai tilpumu un iegūt pretējo vērtību (attiecīgi tilpumu vai masu). Koeficientu skaidrojums redzams 5.2.tabulā.

5.2.tabula

Pārrēķinu koeficientu raksturojums

Koeficients	Mērvienība	Apraksts
Lietkoksnes	$t\ m^{-3}$	Raksturo koksnes un mizas kopējo masu uz $1\ m^3$ koksnes
	$m^3\ t^{-1}$	Raksturo cik m^3 koksnes ir tonnā nosvērtās kravas (koksne ar mizu)
Malkas	$t\ m^{-3}$	Raksturo koksnes un mizas blīvumu svaigi cirstā stāvoklī
	$m^3\ t^{-1}$	Raksturo cik m^3 koksnes un mizas ir tonnā nosvērtās kravas (koksne ar mizu)

Literatūra

1. Anttonen S., Piispanen R., Ovaska J., Mutikainen P., Saranpää P., Vapaavuori E. (2002) Effects of defoliation on growth, biomass allocation, and wood properties of *Betula pendula* clones grown at different nutrient levels. *Canadian Journal of Forest*, 32: 498-508.
2. Björklund L., Walfridsson E. 1993. Properties of Scots pine wood in Sweden. – Basic density, heartwood, moisture and bark content. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report 234.
3. Björklund, L. 1984. Massavedens torr-rådensitet och dess beroende av olika faktorer. Summary: Pulpwood basic density and its dependence on different factors. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära, Rapport 155: 1–29.
4. Björklund, L. 1999. Identifying heartwood-rich stands or stems of *Pinus sylvestris* by using inventory data. *Silva Fennica* 33(2): 119–129.
5. Cown, D.J., McConchie, D.L. & Young, G.D. 1991. Radiata pine wood properties survey (revised edition). Forest Research Institute Bulletin 50.
6. Enger T. 2005. Slutrapport fra utviklingsprosjektet Ravekt Volum [Final report from the development project, green weight - volume]. Norsk Virkesmåling _ Prosjekt rasjonell massevirkeåling.
7. Frompong-Mensah, K. 1987. Fibre length and basic density variation in the wood of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) from northern Norway. *Communications of the Norwegian Forest Research Institute* 40(1): 1–25.
8. Gillam S., Henderson A. (2000) Statistics on British timber harvested and used by primary wood processing industries in Great Britain 1987-1999. Economics and Statistics Unit of the Forestry Commission. 27 p.
9. Hakkila P. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Summary: Forest seasoning of wood intended for fuel chips. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 54(6).
10. Hakkila P. 1966. Investigation on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(5). 98 p.
11. Hakkila P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 66(8). 59 p.
12. Hakkila P. 1970. Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Summary: Spruce saw logs as raw material of pulp. *Folia Forestalia* 92. 16 p.
13. Hakkila P. 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(3): 59.
14. Hakkila P., Saranpää, P., Kalaja, H. & Repola, J. 2003. Suomalainen havukuitupuu – laadun vaihtelu ja hallinta.[Finnish Conifer pulpwood - the quality and range management.] Käsikirjoitus. 90 s.
15. Haygreen J.G. & Bowyer, J.L. 1982. *Forest Products and Wood Science: An Introduction* (1st edition). Ames: Iowa State University Press. IOWA, USA.
16. Heger L. 1974. Longitudinal variation of specific gravity in stems of black spruce, Balsam fir, and lodgepole pine. *Canadian Journal of Forest Resource* 4(3): 321–326.
17. Heräjärvi H. 2004. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. *Wood and Fiber Science*, 36(2): 216-227.
18. Heräjärvi H., Junkkonen, R. 2006. Wood Density and Growth Rate of European and Hybrid Aspen in Southern Finland. *Baltic Forestry* 12 (1): 2–8.
19. Hillis W.E. 1987. *Heartwood and Tree Exudates*. Berlin, Springer Verlag: 268.

20. Jalava M. 1946. Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(3). 66 p.
21. Jalava, M. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. WSOY, Helsinki. 352 p.
22. Jensen R.A., Davis J.R. 1953. Seasonal Moisture Variations in Aspen. *Minnesota Forestry Notes*. 2 p.
23. Johansson K. 1993. Influence of initial spacing on the stem and branch properties and graded quality of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8(1): 18–27.
24. Jyske T, Mäkinen H, Sarenpää P. 2008. Wood density within Norway spruce stems. *Silva Fennica* 42(3):439–455.
25. Kainulainen J., Lindblad, J. 2005. Puutavaralajien tuoretiheyden alueellinen vaihtelu mittaussasemien vastaanottomittauksessa. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 19. 29 s. ISBN 951-40-1981-4 (PDF). (In Finnish)
26. Kainulainen J., Lindblad J. 2005. Puutavaralajien tuoretiheyden alueellinen vaihtelu mittaussasemien vastaanottomittauksessa. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 19. 29 s. ISBN 951-40-1981-4 (PDF). (In Finnish)
27. Kalniņš A. 1947. Mežsaimniecības un kokrūpniecības produktu pārbaude. Rīga: Latvijas valsts izdevniecība. 318 lpp.
28. Kärkkäinen M. 1976. Havutukkien pinomittauksen edellytyksiä puutieteelliseltä kannalta. Summary: Wood science prerequisites for the weight measurement of pine and spruce logs. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 89(1). 59 p.
29. Kärkkäinen, M. 1984. Effect of tree social status on the basic density of Norway spruce. *Silva Fennica* 18(2): 115–120.
30. Knigge, W. & Schultz, H. 1966. *Grundriss der Forstbenutzung*. Paul Parey Hamburg. 584 p.
31. Kops L. Būvkoks. – Rīga: Mācību apgāds, 1997. – 188 lpp.
32. Kujala V. 1946. Some recent research data on birches. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(1). 36 p.
33. Lindström, H. 1996. Basic density in Norway spruce. Part III. Development from pith outwards. *Wood and Fiber Science* 28(4): 391–405.
34. Līpiņš L., Liepa I. 2007. Apaļo kokmateriālu uzmērīšana. Jelgava: LLU Meža fakultāte. 104 lpp.
35. Luostarinen K. Verkasalo E. 2000. Birch as sawn timber and in mechanical further processing in Finland. A literature study. *Silva Fennica Monographs* 1. 40 p.
36. Millers M. (2007) Priedes un bērza stumbru gredzenošanas ietekme uz mitruma izmaiņām un plaisāšanu : bakalaura darbs. LLU Meža izmantošanas katedra. 62 lpp.
37. Möttönen V., Luostarinen K. (2005) Discolouration of sawn birch (*Betula pendula*) timber from plantation forests during drying: The role of condensed tannins in discolouration of birch wood. *Baltic Forestry*, 11(1): 13–20.
38. Nakada R., Fujisawa Y., Hirakawa Y., Yamashita K. 1998. Longitudinal change of the green moisture content in the stem of *Cryptomeria japonica* D. Don. *Mokuzai Gakkaishi* 44: 395–402. (In Japanese with English summary)
39. Nylinder P. 1959. Synpunkter på productionens kvalitet. Statens Skogsforskningsinstitut, Stockholm. Uppsats 64. 19 p.
40. Okstad T 1988. Virkesegenskaper hos massevirke av gran (*Picea abies* L. Karst.) fra Midt-Norge. (Properties of spruce pulpwood (*Picea abies* L. Karst.) from Central Norway). *Rapp Nor. Inst. Skogsforsk* 9: 1–28.
41. Ollinmaa P. 1960. On certain properties of wood growing on drained swamps. *Acta Forestalia Fennica* 72(2). 24.
42. Ozoliņš A. 2005. Praktiskā koksne. Rīga: Apgāds „Jumava”. 96 lpp.
43. Panshin A.J., de Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. 4th edition. McGraw-

- Hill. 722 p.
44. Repola J. 2006. Models for vertical density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine the average wood density. *Silva Fennica* 40(4):673_685.
 45. Sell, J. 1997. Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. Baufachverlag Zürich, 88 S.
 46. Sellin A. 1996. Sapwood amount in *Picea abies* (L.) Karst. Determined by tree age and radial growth rate. *Holz-forschung* 50: 291-296.
 47. Siau J.F. 1984. Transport Processes in Wood. Springer-Verlag. Berlin.
 48. Siau J.F. 1984. Transport processes in wood. Syracuse. Springer Series in Wood Science, Springer Verlag, Berlin. 245 p.
 49. Sterner L.G., Hedenberg Ö. (2003) Genetic parameters of wood, fibre stem quality and growth traits in a clone test with *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest*, 18: 103-110.
 50. Stewart C.M. 1967. Moisture content of living trees. *Nature* 214: 138–140.
 51. Tamminen Z. 1970. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark III. Bjoörk [Moisture content, density and other properties of wood and bark III. birch]. Stockholm: Skogshögskolan institutionen för virkeslära rapport nr 63.
 52. Tamminen Z. Moisture content, density and other properties of wood and bark. III. Birch. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk., Stockh. (1970):34
 53. Tamminen, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och berk. I Tall. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark. I Scots pine. Institutionen för Virkeslära, Skogshögskolan, Report 41. 55 p. (In Swedish with English summary)
 54. Tamminen, Z. 1964. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. II Gran. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark. II Norway spruce. Institutionen för Virkeslära, Skogshögskolan, Report 47. 124 p. (In Swedish with English summary)
 55. Trendelenburg R. (1939): Das Holz als Rohstoff. [Wood as material.] München, Berlin, Lehmanns Verlag: 43.
 56. Tsoumis G. (1991): Science and Technology of Wood. New York, Chapman & Hall: 494.
 57. Tuherm H. 2005. Zāģmateriālu žāvēšanas kvalitāte Latvijas kokapstrādes uzņēmumos, tās atbilstība standartu prasībām un uzlabošanas iespējas. Jelgava: LLU. 75 lpp.
 58. Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(2). 105 p.
 59. Vaņins S. (1950) Koksnes zinātne. Rīga: Latvijas valsts izdevniecība. 464 lpp.
 60. Wagenführ R. (1989): Anatomic des Holzes. [Anatomic of wood.] Leipzig, VEB Fachbuchverlag: 334.
 61. Wahlgren H.E., Hart A.C., Maeglin, R.R. 1966. Estimating tree specific gravity of Maine conifers. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Paper FPL-61. 22 p.
 62. Wilhelmsson L., Arlinger J., Spangberg K., Lundqvist S.O., Grahn T., Hedenberg Ö., Olsson L. 2002. Models for predicting wood properties in stems of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand J Forest Res.* 17(4):330_350.
 63. Wilkes J. 1991. Heartwood development and its relationship to growth in *Pinus radiata*. *Wood Science and Technology* 25: 85-90.
 64. Zobel B.J., Buijtenen, J.P. 1989. Wood variation, its causes and control. Springer Series in Wood Science, Springer Verlag. Germany. 363 p
 65. Ванин С. 1949. Древесиноведение. Москва: Гослесбумиздат. 476 с.

66. Уголев Б.Н. 2001. Древесиноведение с основами лесного товароведения. Москва: Московский государственный университет леса. 310с.
67. Уголев Б.Н. 1975. Древесиноведение с основами лесного товароведения. Москва: Лесная промышленность. с.240.