LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

Meža fakultāte
Mežkopības katedra

Mg.silv. OLGA MIEZĪTE

Promocijas darbs

BALTALKŠŅA AUDŽU RAŽĪBA UN STRUKTŪRA

mežzinātņu doktora (Dr.silv.) zinātniskā grāda iegūšanai
Mežzinātnes nozarē Meža ekoloģijas un mežkopības apakšnozarē

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF granta atbalstu

Promocijas darba zinātniskais vadītājs:
LLU Meža fakultātes profesors,
Dr.silv. Andrejs Dreimanis:

_____

Promocijas darba
autore:

_____

JELGAVA
2008

SATURS

ANOTĀCIJA ... **3**
ANNOTATION ... **4**
DARBĀ IEVETOTO TABULU SARAKSTS ... **9**
DARBĀ IEVIETOTO ATTĒLU SARAKSTS ... **11**
DARBĀ IEVIETOTO FORMULU SARAKSTS ... **14**
SAĪSINĀJUMI ... **16**
DARBA APROBĀCIJA ... **17**
1. TEMATIKAS IZZINĀTĪBAS STĀVOKLIS ... **19**
1.1. BALTALKSNIS ALNUS INCANA (L.) MOENCH. UN TĀ AUDŽU ATJAUNOŠANĀS UN IZPLATĪBAS SPECIFIKA UN NOZĪMĪGUMS ... 19
1.1.1. Baltalkšņa atjaunošanās un izplatība atkarībā no ciršanas laika un augsnes auglības ... *20*
1.1.2. Baltalkšņa audžu bioloģiskās un ekoloģiskās īpašības ... *22*
1.1.3. Baltalkšņa audžu kaitēkļi un slimības ... *24*
1.1.4. Baltalkšņa izmantošanas veidi ... *25*
1.1.5. Baltalkšņa audžu resursi Latvijā ... *26*
1.2. BALTALKŠŅA AUDŽU STRUKTŪRA ... 34
1.3. BALTALKŠŅA AUDŽU AUGŠANAS GAITA ... 36
1.4. BALTALKŠŅA AUDŽU RAŽĪBA UN TĀS SALĪDZINĀJUMS AR CITĀM KOKU SUGĀM ... 39
1.5. BIOMASAS NOTEIKŠANAS METODES ... 41
1.6. NODAĻAS KOPSAVILKUMS ... 43
2. MATERIĀLS UN METODIKA ... **45**
2.1. PĒTĪJUMU OBJEKTU APRAKSTS ... 45
2.2. EMPĪRISKĀ MATERIĀLA IEVĀKŠANAS METODIKA ... 49
2.2.1. Parauglaukumu ierīkošanas metodika ... *49*
2.2.2 Baltalkšņa biomasas empīriskā materiāla ievākšana ... *51*
2.3. EMPĪRISKĀ MATERIĀLA APSTRĀDES METODES ... 53
2.3.1. Baltalkšņa audžu dendrometrisko rādītāju noteikšana ... *53*
2.3.2. Baltalkšņa audžu struktūras analīze ... *56*
2.3.3. Baltalkšņa un baltalkšņa audžu biomasas un koksnes blīvuma noteikšana ... *58*
3. BALTALKŠŅA AUDŽU RAŽĪBAS UN STRUKTŪRAS ANALĪZE ... **60**
3.1. BALTALKŠŅA AUDŽU DENDROMETRISKAIS RAKSTUROJUMS ... 60
3.1.1. Pētīto baltalkšņa audžu augšanas gaitas un ražības analīze ... *60*
3.1.2. Pētīto baltalkšņa audžu dendrometrisko rādītāju salīdzinājums ar augšanas gaitas tabulām ... *70*
3.1.3. Baltalkšņa audžu krājas vidējais pieaugums ... *75*
3.1.4. Nodaļas kopsavilkums ... *76*
3.2. BALTALKŠŅA AUDŽU STRUKTŪRA ... 78
3.2.1. Koku skaita izmaiņu raksturs baltalkšņa audzēs ... *78*
3.2.2. Koku skaita sadalījums parastajās caumēra pakāpēs dažāda vecuma baltalkšņa audzēs ... *83*
3.2.3. Baltalkšņa krājas sadalījums caurmēra pakāpēs ... *86*
3.2.4. Koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs dažāda vecuma baltalkšņa audzēs ... *87*
3.2.5. Koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvences baltalkšņa audzēs ... *89*
3.2.6. Koku vainaga struktūras izmaiņas raksturs ... *95*
3.2.7. Nodaļas kopsavilkums ... *101*
3.3. BALTALKŠŅA UN BALTALKŠŅA AUDŽU BIOMASAS APJOMU IZVĒRTĒŠANAS IESPĒJAS ... 102
3.3.1. Baltalkšņa virszemes biomasas novērtēšanas empīriskie vienādojumi ... *102*
3.3.2. Baltalkšņa virszemes biomasas apjomu noteikšanas iespējas pēc koksnes blīvuma ... *107*
3.3.3. Baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomi ... *109*
3.3.4. Baltalkšņa audžu izvērtējums šķeldas iegūšanai ... *116*
3.3.5. Nodaļas kopsavilkums ... *117*
4. SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI ... **119**
INFORMĀCIJAS AVOTI ... **121**
PIELIKUMI ... **127**

ANOTĀCIJA

Miezīte O. Baltalkšņa audžu struktūra un ražība**:** promocijas darbs mežzinātņu doktora (Dr.silv.) zinātniskā grāda iegūšanai, Jelgava: LLU, 2008. Promocijas darba apjoms ir 127 lappuses, 26 tabulas un 58 attēli, 9 pielikumi, izmantoti 136 literatūras avoti.

Pētījumu mērķis: noskaidrot baltalkšņa audžu krājas iegūstamās virszemes biomasas un audžu struktūras kontekstā.

Pētījuma uzdevumi:

- analizēt nekopto baltalkšņa audžu dendrometriskos rādītājus un audžu ražību;
- izpētīt baltalkšņa audžu koku skaita, šķērslaukuma, krājas un vainaga struktūras izmaiņu likumsakarības;
- izstrādāt baltalkšņa bezlapotas virszemes biomasas noteikšanas metodiku un izanalizēt baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomus.

Promocijas darba struktūra ir atkarīga no augstāk minēto pētījumu uzdevumiem un sastāv no 4 nodaļām.

1. Baltalkšņa un to audžu izzinātības stāvoklis.

   Alnus incana (L.) Moench un tā audžu atjaunošanās, izplatības specifikas un bioloģiskā un saimnieciskā nozīmīguma izvērtēšana. Apkopota informācija par baltalkšņa audžu resursiem Latvijā. Nodaļā apkopotas iepriekšējo pētījumu atziņas par baltalkšņa augšanas gaitu, audžu ražību un baltalkšņa audžu struktūru. Veikts baltalkšņa audžu ražības salīdzinājums ar citām koku sugām. Salīdzinātas baltalkšņa biomasas noteikšanas metodes dažādās valstīs.

2. Pētījuma materiāls un metodika.

   Darba uzdevumu realizācijai ierīkoti 55 parauglaukumi 2 – 40 gadus vecās baltalkšņa audzēs. Dota empīriskā materiāla ievākšanas un datu apstrādes metodika.

3. Baltalkšņa audžu struktūras un ražības izvērtējums.

   Apkopoti pētījumu dati par baltalkšņa audžu dendrometriskajiem rādītājiem. Izklāstīts baltalkšņa audžu struktūras elementu variēšanas raksturs dažāda vecuma baltalkšņa audzēs, izmantojot: koku skaita variēšanas raksturu; koku skaita sadalījumu parastajās un dabiskajās caurmēra pakāpēs; krājas sadalījumu caurmēra pakāpēs; koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvenču savstarpējās sakarības baltalkšņa audzēs; koku vainaga struktūras raksturojumu. Veikta baltalkšņa un baltalkšņa audžu biomasas apjomu izvērtēšana ar izstrādāto empīrisko vienādojumu palīdzību. Izpētīts baltalkšņa dabiski mitras un absolūti sausas koksnes blīvuma raksturlielumi. Noskaidroti izpētīto baltalkšņa audžu dabiski mitrās un absolūti sausās virszemes biomasas apjomi. Baltalkšņa audžu struktūras un ražības izvērtēšana veikta ar aprakstošās statistikas, korelācijas, regresijas un dispersijas analīzes metodēm.

4. Secinājumi.

   Apkopotas autores atziņas, secinājumi un priekšlikumi, kas gūti, pētot baltalkšņa audzes.

ANNOTATION

*Miezite O***.** Structure and Productivity of Grey Alder Stands**:** Promotion paper for obtaining doctor's scientific degree in forest science (Dr.silv.), Jelgava: LUA, 2008. The paper contains 127 pages, 26 tables, 58 diagrams, 9 annexes; bibliography contains 136 sources.

The aim of the promotion paper is to characterize grey alder stands in the context of its timber productivity estimated surface biomass and stand structure.

The objectives of the research:

- evaluation of dendrometric parameters, growing process and productivity of grey alder stands;
- investigation of conformities of variations in basal area, growing stock and crown structure of grey alders;
- work the methods biomass determination of aboveground of grey alders and estimation of aboveground biomass of grey alders.

The structure of the promotion paper depends on the above mentioned objectives of the research and consists of 4 chapters.

1. The state of cognizance of grey alder and grey alder stands.

   The chapter deals with the evaluation of grey alder *Alnus incana* (L.) Moench and its stand regeneration, specifics of distribution, and its biological and economic importance. The chapter summaries the findings of the previous research work on the growth, productivity and structure of grey alder. The comparison of grey alder stand productivity with other tree species has been carried out. The methods of grey alder biomass determination in different countries have been compared.

2. Research materials and methodology.

   To carry out the research tasks 55 sample plots have been set up in 2 – 40 year old grey alder stands. Empirical material collection and data processing methodology has been presented.

3. Evaluations of grey alder stand structure and productivity.

   The research data on grey alder stand dendrometric indicators have been summarized. The variating character of structure elements in grey alder stands of different ages has been described, using: the variating character of the number of trees; the distribution of the number of trees in common and natural average stages; the distribution of stand volume into average stages; correlations of cummulative frequency of the number of trees, basal area and stand volume in grey alder stands; characteristics of tree crown structure. The evaluation of the amount of biomass of grey alder stands has been carried out by means of empirical equations. The parameters characterizing the density of naturally wet and absolutely dry wood of grey alder have been researched. The amount of naturally wet and absolutely dry biomass of the researched grey alder stands has been clarified. The evaluation of the structure and productivity of grey alder stands has been carried using the methods of descriptive statistics, correlation, regression and dispersion analysis.

4. Summary.

   The author's findings, conclusions and proposals which were obtained during the research work have been summarized.

IEVADS

Mežs ir Latvijas lielākā sauszemes ekosistēma, vienlaicīgi arī nacionālā bagātība un atjaunojamo dabas resursu kopums. Ar mežu saistītas darbības ietekmē valstij svarīgus ekonomiskos, sociālos un ekoloģiskos aspektus, risina tādas globālas problēmas kā ilgtspējīga zemes izmantošana, bioloģiskās daudzveidības saglabāšana un siltumnīcas efekta stabilizēšana atmosfērā. Meža statistika liecina, ka baltalksnis pēc aizņemtās platības atrodas ceturtajā vietā pēc priedes, bērza un egles. Vēsturiski tā audžu platības ir ievērojami pieaugušas.

Baltalksnis izplatīts visā Latvijas teritorijā. Tas skaidrojams ar šīs sugas izturību pret dažādiem nelabvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem - salu un salnām, labu vairošanās spēju kā ar sēklām, tā arī ar sakņu un celma atvasēm un ievērojamu ātraudzību. Baltalksnis ilgstoši uzskatīts par meža nezāli, kurš galvenokārt izmantojams malkas ieguvei, kā arī nelietderīgi aizņem platības, kurās varētu audzēt vērtīgākas koku sugas. Baltalkšņa galvenās pozitīvās īpašības ir tā pieticība pret augšanas apstākļiem, spēja ar gumiņbaktēriju palīdzību piesaistīt atmosfēras slāpekli un ātraudzība. Baltalksnim raksturīga īpašība ir dažos gados aizēnot ainavu, ieviešoties neapstrādātās lauksaimniecības zemēs, upju krastos, ceļu un grāvju malās.

Sevišķi plaši baltalksnis izplatīts bijušajās un neapstrādātajās lauksaimniecības zemēs. Baltalksnis bieži ieviešas savlaicīgi neapmežotos izcirtumos, nereti tur veidojot ražīgas audzes. Tikai ar ievērojamām pūlēm baltalkšņa vietā izdodas ieaudzēt vērtīgākas koku sugas, kuru augšanu pirmajos gados traucē baltalkšņu atvases. Baltalksnis satopamas dažādas auglības augsnēs, nereti arī slapjās un kūdrainās. Visražīgākās audzes veido trūdvielām bagātās māla un smilšmāla augsnēs, kas galvenokārt sastopamas Zemgalē Aizkraukles, Bauskas, Jelgavas un Saldus rajonos, kā arī citviet Latvijā.

Problēmas raksturojums

Cilvēku skaita pieaugums uz Zemes un klimata pārmaiņas mūsdienās apdraud pasaules sabiedrību. Jau 1992. gadā tika pieņemta Apvienoto Nāciju Organizācijas (ANO) Vispārējā konvencija „Par klimata pārmaiņām”. Cilvēku darbības rezultātā ir ievērojami palielinājusies siltumnīcas efektu izraisošo gāzu koncentrācija atmosfērā, kuras iespaidā notiek Zemes virsmas un atmosfēras sasilšana. Valstis, kas pievienojušās ANO konvencijai, tai skaitā arī Latvija, vēlas stimulēt tādu pasākumu ieviešanu nacionālā un starptautiskā līmenī, kas ļautu samazināt kopējo izmešu daudzumu. Lai samazinātu siltumnīcas efektu izraisošo gāzu koncentrāciju, biomasu iesaka izmantot kā atjaunojamu energoresursu. Biomasai sadegot, ievērojami samazinās kaitīgo izmešu daudzums un to negatīvā ietekme uz atmosfēru. Biomasas izmantošana siltuma ražošanai tiek uzskatīta par videi labvēlīgu un ekonomiski efektīvu siltumapgādes risinājumu. Malka, koksnes šķelda un kokapstrādes atliekas skaidu, granulu un brikešu veidā pašlaik ir nozīmīgs atjaunojamais kurināmais.

Baltalksnis aizņem 190.6 tūkst. ha jeb 6.8 % no Latvijas mežaudžu platības ar kopējo krāju 31.3 miljoni m^3. No baltalkšņa audžu kopējās krājas 4.9 % pieder valstij un 95.1 % pārējiem mežu īpašniekiem. Pieaugot atjaunojamo dabas resursu nozīmei enerģētikā, vispirms siltumenerģijas ražošanā, mainās arī baltalkšņa nozīme meža ekosistēmās. Arvien biežāk baltalksnis tiek uzskatīts par perspektīvu koku sugu biomasas iegūšanai siltuma enerģijas ražošanai.

Baltalkšņa audzēšanai enerģētiskās koksnes ieguvei, salīdzinot ar citām koku sugām, tiek minētas vairākas priekšrocības. Baltalksnis sekmīgi atjaunojas dabiskā ceļā, to maz bojā dzīvnieki. Tas ir ātraudzīgs, izturīgs pret meteoroloģiskajiem apstākļiem,

slimībām un kaitēkļiem. Baltalkšņa audžu atjaunošana un kopšana neprasa daudz līdzekļu. Baltalksnis ir viegli pārstrādājams malkā un šķeldā, tā koksne ātri žūst. Ņemot vērā iepriekš minētās īpašības, no baltalkšņa iegūtā šķelda būtu izmantojama bioenerģijas iegūšanai. Bionerģija – tas ir stratēģiskais resurss, ko izmanto Kioto vienošanās protokola[1] realizācijai fosilā kurināmā aizvietošanai un oglekļa dioksīda izmešu problēmas mazināšanai un ar to saistītajām izmaiņām globālajā klimatā. Izsīkstot fosilajām izejvielām, baltalkšņa saimnieciskā nozīme ievērojami pieaug.

Daudzviet Latvijā baltalksnis lauku iedzīvotājus nodrošina ar malku. To izmanto arī taras kluču sagatavošanai. Pēdējos gados arvien lielākas platības tiek atstātas dabiskajai apmežošanai, un tajās nereti atjaunojas arī baltalksnis.

Augu biomasā ir uzkrāta ogļūdeņražos transformētā Saules enerģija. Sadedzinot koksni, izdalās tieši tik daudz ogļskābās gāzes, cik koks sava mūžā ir akumulējis stumbrā, zaros, lapās un saknēs. Tas nozīmē, ka, koksni sadedzinot vai tai satrūdot mežā, izdalītās ogļskābās gāzes daudzums būs vienāds. Koksnes sadegšanas procesā veidojas mazāk kaitīgu izmešu, salīdzinot ar fosilo kurināmo. Pēdējos ir augsts sēra saturs, kas pēc sadegšanas sēra oksīdu veidā nonāk atmosfērā

Baltalkšņa sekmīga dabiskā atjaunošanās, sevišķi ar atvasēm, ātra un bagātīga koksnes ražošanas spēja ir devusi motivāciju izveidot tipisku atvasāju mežaudžu kopu mazmežainos Latvijas rajonos.

Daba baltalksnim piešķīrusi īsu mūžu, jo 30 gadu vecumā tas pārstāj dot labu pieaugumu. No 30 gadu vecas audzes labos augšanas apstākļos no hektāra var iegūt 180 – 310 m^3 ha^{-1} koksnes (Mūrnieks, 1950). Tā koksnei ir pietiekami liela siltumspēja. Pamatojoties uz baltalkšņa audžu augsto ražību, koksnes siltumspēju un samazinātu kaitīgo izmešu daudzumu, tā izmantošana par kurināmo nākotnē var būt visai perspektīva. Ekonomisko aprēķinu veikšanai vispirms nepieciešams izvērtēt baltalkšņa audžu ražību, lai spriestu par tā piemērotību kurināmās šķeldas iegūšanai. Līdz promocijas darba uzsākšanai, par nozīmīgākām publikācijām pamatoti jāuzskata P. Mūrnieka (1950, 1963) pētījumi par baltalkšņa augšanas gaitu. Augšanas gaitas tabulās atrodama informācija par pilnas biezības audzēm. Dabā esošās audzes pēc biezības un citiem parametriem atšķiras no tabulās dotajiem audžu parametriem. Vēl mazāk informācijas ir par baltalkšņu audžu struktūru un tajās uzkrātajiem biomasas apjomiem. Tradicionālā meža taksācija sniedz informāciju par stumbru koksnes krāju, bet netiek novērtēta pilna virszemes biomasa bezlapotā stāvoklī, ietverot arī zaru masu. Biomasas apjomu novērtēšanai trūkst ērtas tās aprēķināšanas metodes. Promocijas darbs veltīts informācijas apjoma papildināšanai par baltalkšņa audzēm. Dotajā pētījumā veikti baltalkšņa audžu struktūras pētījumi, kas netika izvērtēti P. Mūrnieka darbos.

Pētījumu mērķis: noskaidrot baltalkšņa audžu krājas iegūstamās virszemes biomasas un audžu struktūras kontekstā.

Pētījuma uzdevumi:

- analizēt nekopto baltalkšņa audžu dendrometriskos rādītājus un audžu ražību;
- izpētīt baltalkšņa audžu koku skaita, šķērslaukuma, krājas un vainaga struktūras izmaiņu likumsakarības;
- izstrādāt baltalkšņa bezlapotas virszemes biomasas noteikšanas metodiku un analizēt baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomus.

[1] *Likums par Latvijas Republikas dalību Kioto protokola elastīgajos mehanismos* [tiešsaiste]: Likumi.lv [skatīts 10. jūnijā 2008. g.]. Pieejams http://www.likumi.lv/doc.php?id=167091&from=off.

Pētījumā izmantotie materiāli

Promocijas darbā pētījuma veikšanai izmantotas galvenokārt līdz 30 gadus vecas nekoptas baltalkšņa tīraudzes, kopumā ierīkojot 55 pagaidu parauglaukumus. Materiāli pētījuma veikšanai ievākti pēc nejaušības principa laika posmā no 2005. – 2007. gadam dažādos Latvijas rajonos.

Baltalkšņa sīkstumbru tilpumu empīriskās formulas izstrādei nocirsti 52 koki ar caurmēru līdz 3 cm.

Baltalkšņa bezlapotas virszemes biomasas empīriskās formulas izstrādei izmantoti dati par 188 koku stumbru un zaru biomasu dabiski mitrā un absolūti sausā stāvoklī.

Koksnes blīvuma noteikšanai izmantoti 122 dažāda caurmēra koki.

Pētījuma novitāte

Pēdējie nozīmīgie pētījumi par baltalksni veikti vairāk nekā pirms 40 gadiem. Tikai pēdējos 5 gados atjaunojusies interese par šo koku sugu, kad noskaidrojās, ka iepriekšējā laika periodā tas pētīts visai fragmentāri un nepilnīgi. Izstrādātā promocijas darba novitāte saskatāma šādos pētījumu aspektos:

- iegūti jauni un sugas izzinātības līmeni papildinoši dati par dabisko baltalkšņa audžu augšanas gaitu un ražību dažāda vecuma un bonitāšu tīraudzēs;
- tika veikts baltalkšņa audžu parametru salīdzinājums ar augšanas gaitas tabulām;
- pamatojoties uz baltalkšņu sīkstumbru mērījumu datiem, izstrādāta to stumbru tilpuma noteikšanas empīriskā formula, kas izmantojama audzes krājas aprēķināšanai jaunaudzēs;
- iegūta jauna nepastarpināta informācija par koku skaita sadalījumu parastajās un dabiskajās caurmēra pakāpēs;
- noskaidrotas dažas baltalkšņa vainaga parametru izmaiņu likumsakarības;
- izpētītas koku skaita, šķērslaukuma un krājas sadalījuma kumulatīvo frekvenču likumsakarības dažāda vecuma baltalkšņu audzēs;
- izmantojot paraugkoku metodi, izstrādātas bezlapotas baltalkšņa virszemes biomasas novērtēšanas empīriskās formulas dabiski mitrā un absolūti sausā stāvoklī kokiem ar caurmēru līdz 26 cm;
- izstrādātas empīriskas formulas baltalkšņu audžu bezlapotās virszemes biomasas noteikšanai atkarībā no audzes vecuma, audzes vidējā caurmēra un audzes šķērslaukuma.

Darba zinātniskais nozīmīgums

Dabiskās ekosistēmas atrodas mainīgos vides apstākļos, kas tās ietekmē visdažādākajos veidos, izraisot lielu daudzveidību. Baltalkšņa audzes veido visai savdabīgas ekosistēmas, jo daudzos gadījumos veidojušās neapstrādātās bijušajās lauksaimniecības zemēs. Pēdējos gadu desmitos baltalksnis Latvijā un tuvākajās kaimiņzemēs pētīts visai maz. Pieaugošā kurināmā deficīta apstākļos tiek meklētas alternatīvas siltumenerģijas iegūšanas iespējas. Literatūrā bieži atrodamas norādes, ka baltalksnis vērtējams kā ātraudzīga koku suga, kas īsā laika periodā spēj producēt ievērojamu koksnes daudzumu.

Augšanas gaitas tabulas raksturo hipotētiskas pilnas biezības audzes, kādas dabā sastopamas reti. Reālās audzes atšķiras gan pēc koku skaita uz platības vienības, audzes vidējā caurmēra, augstuma, šķērslaukuma un audzes krājas.

Promocijas darba zinātniskais nozīmīgums izpaužas zinātniskās informācijas apjoma pieaugumā šādos aspektos:

- dabisko mežaudžu ražības izpēte un sakarību noskaidrošana starp audžu dendrometriskajiem parametriem;
- baltalkšņa audžu biomasas novērtēšanas metožu metodiskās pieejas izstrāde un empīrisko regresijas vienādojumu skaitlisko parametru noskaidrošana;
- koku skaita un krājas sadalījuma likumsakarību izpēte parastajās caurmēra pakāpēs;
- līdz šim nepētītā koku skaita sadalījuma izpēte dabiskajās caurmēra pakāpēs;
- informācijas apjoma palielināšana par baltalkšņa audžu struktūru un iegūstamās biomasas apjomiem.

Darba tautsaimnieciskā nozīme

Baltalksnis valsts mežos 1988. gadā aizņēma tikai 1.1 % no ar mežu apklātās platības. Informācija par baltalkšņa platībām audžu ekstensīvās izmantošanas dēļ bijušo kolhozu un sovhozu mežos parasti nebija aktuāla un netika ņemta vērā. Situācija būtiski izmainījusies pēc zemes reprivatizācijas un mežu nonākšanas bijušo īpašnieku vai viņu mantinieku īpašumā. Baltalkšņa audzes Latvijā 2006. gadā aizņēma 6.8 % no mežu kopplatības ar krāju 31.3 milj. m^3. Pēc platības baltalksnis starp citām koku sugām atrodas ceturtajā vietā un veido nozīmīgus koksnes resursus, kas līdz šim nav pienācīgi novērtēti.

Pieaugoša kurināmā deficīta un tā cenu pieauguma apstākļos baltalkšņa vieta un loma meža ekosistēmās ir būtiski jāpārvērtē. Vairumā gadījumu tiek savstarpēji salīdzinātas dažādu koku sugu krājas vienā audžu audzēšanas ciklā, līdz tās sasniedz ciršanas vecumu. Tajā pašā laikā ir skaidrs, ka 70 gadu laikā, kas atbilst vienai bērza audžu apritei, ir iespējas izaudzēt 2 – 3 baltalkšņu koksnes ražas. Baltalkšņa saimnieciskais nozīmīgums izpaužas arī tajā apstāklī, ka tas pārsvarā atjaunojas ar sakņu atvasēm, kas samazina meža atjaunošanas izmaksas. Tātad baltalkšņa audžu padziļināta izpēte no tautsaimnieciskā viedokļa ir nepieciešama.

Kurināmā resursu nepietiekamības apstākļos arī lauku reģionos ievērojami ir pieaugušas malkas cenas. Ievērojami kurināmā daudzumi tiek patērēti pašvaldību īpašumā esošajās kurtuvēs, kurās pāriet uz kurināmās šķeldas izmantošanu, atsakoties no tradicionālas dažāda garuma malkas sagatavošanas. Kurināmās šķeldas sagatavošanas procesā bez stumbru koksnes var izmantot arī zaru biomasu, kuras apjomu noteikšana kubikmetros pašlaik nav iespējama. Tas nozīmē, ka no praktiskā viedokļa nepieciešamas vienkāršas metodes baltalkšņa biomasas apjomu izvērtēšanai, izmantojot vienkārši iegūstamus audžu dendrometriskos parametrus.

Promocijas darbā ir izstrādāta baltalkšņa virszemes biomasas novērtēšanas metodika, kas ar empīrisku regresijas vienādojumu palīdzību ļauj novērtēt reāli izmantojamu baltalkšņu biomasu bezlapotā stāvoklī.

Var uzskatīt, ka promocijas darbam tālākā perspektīvā ir tautsaimnieciska nozīme baltalkšņa audžu ražības un biomasas apjomu novērtēšanā.

DARBĀ IEVETOTO TABULU SARAKSTS

Tabulas Nr.	Tabulas nosaukums	Lpp.
1.1.	Baltalkšņa krājas (m^3) Latvijas rajonos (VMD, 2006)	31 - 32
1.2.	Baltalkšņa vidējā krāja (m^3 ha^{-1}) Latvijas rajonos (VMD, 2006)	32 - 33
2.1.	Pētījumu objektu atrašanās vieta	45 - 48
3.1.	Sakarības starp audzes vecumu, audzes vidējo caurmēru un šķērslaukumu un krāju (y) pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) koeficienti	68
3.2.	Ražīgāko baltalkšņa audžu krājas atkarība no audzes taksācijas parametriem	70
3.3.	Krājas vidējais pieaugums baltalkšņu audzēs	76
3.4.	Koku skaita mainīgums baltalkšņa audzēs	79 - 80
3.5.	Baltalkšņa audžu koku skaita variācijas koeficienta vērtības	81
3.6.	Sakarības ($y = ax^b$) raksturojošie lielumi starp audzes vecumu un koku skaitu	83
3.7.	Koku skaita procentuālais sadalījums caurmēra pakāpēs atkarībā no audzes vecuma	84
3.8.	Lineārās sakarības ($y = ax+b$) koeficienti starp audzes vecumu, caurmēru un pakāpju skaitu	85
3.9.	Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs un kumulatīvās frekvences 2005. – 18.PL	89
3.10.	Koku skaita kumulatīvās frekvences atkarībā no audzes šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvences vērtībām	91
3.11.	Koku skaita kumulatīvās frekvences vidējā vērtība procentos dažādu bonitāšu audzēs	92
3.12.	Koku skaita kumulatīvās frekvences parabolas regresijas vienādojuma ($y = ax^2+bx+c$) koeficientu vērtības	93
3.13.	Izlīdzinātās šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvences	94
3.14.	Koku vainagu garums (%) dažāda vecuma baltalkšņa audzēs	99
3.15.	Relatīvo vainaga garumu raksturojošie logaritmiskā regresijas vienādojuma ($y= aLn(x)+b$) koeficientu vērtības	99
3.16.	Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas noteikšanas parabolas regresijas vienādojuma ($y = ax^2+bx+c$) koeficientu un brīvā locekļa vērtības	104
3.17.	Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) koeficientu vērtības	106
3.18.	Baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjoms bezlapotā stāvoklī	109
3.19.	Baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjomu aprēķināšanas pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) koeficientu vērtības	111

Tabulas Nr.	Tabulas nosaukums	Lpp.
3.20.	Pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) koeficientu vērtības raksturojošie lielumi starp audzes vidējā caurmēra vai audzes šķērslaukuma un baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomu	115
3.21.	Baltalkšņa audžu enerģētiskās koksnes apjomi	116
3.22.	Baltalkšņa audžu enerģētiskās koksnes apjomi pēc ciršanas un šķeldošanas zudumu atrēķināšanas	117
3.23.	Ieņēmumi par enerģētisko koksni (šķeldu, ber.m $^{-3}$) pašreizējā tirgus situācijā	117

DARBĀ IEVIETOTO ATTĒLU SARAKSTS

Attēla Nr.	Attēla nosaukums	Lpp.
1.1.	Baltalkšņa audzes platlapju ārenī: a – 2006. – 4. PL, 17 gadus veca audze ar biezu ievas pamežu, b – 2006. – 8. PL, 15 gadus veca audze bez pameža	22
1.2.	Baltalkšņa mežaudžu atjaunošanās 2005. gadā (VMD 2006.gada dati)	27
1.3.	Baltalkšņa audžu procentuālais sadalījums meža augšanas apstākļu edafiskajās rindās (VMD dati, 2006)	28
1.4.	Baltalkšņa jaunaudžu (1 – 10 gadi) īpatsvars % no tā kopplatības (VMD, 2006)	28
1.5.	Baltalkšņa platību sadalījums rajonos vecuma desmitgadēs (VMD, 2006)	29
1.6.	Baltalkšņa audžu platību sadalījums vecuma desmitgadēs (VMD, 2006)	30
1.7.	Baltalkšņa audžu platību sadalījums bonitātēs (VMD, 2006)	31
1.8.	Baltalkšņu audžu vidējie caurmēri dažādu audžu bonitātēs (VMD, 2006)	33
1.9.	Baltalkšņa koku skaita izmaiņas atkarībā no audzes vecuma (Ozols, Hibners; 1923)	34
1.10.	Baltalkšņa koku skaita izmaiņas atkarībā no audzes vecuma un bonitātes (Mūrnieks, 1963)	35
1.11.	Baltalkšņa audžu taksācijas rādītāji atkarībā no bonitātes un vecuma: a - vidējais caurmērs un b – vidējais augstums (pēc P. Mūrnieka, 1963)	37
1.12.	Baltalkšņa audžu: a – šķērslaukuma un b – krāja atkarībā no bonitātes un vecuma (pēc P. Mūrnieka, 1963)	38
2.1.	Koku dastošana 2006. – 08. PL ar parastās skalas dastmēru	49
2.2.	Transekta nospraušana 2006. – 07. PL	50
2.3.	Trešā apļveida uzskates PL centrs 2006. – 07. PL	50
2.4.	Sešu koku uzskaites PL shēma	51
2.5.	Baltalkšņa biomasas empīriskā materiāla iegūšana 2006. – 10. PL: a – koku zāģēšana; b – stumbra un zaru biomasas svēršana	51
2.6.	Uzmērīto paraugkoku caurmēra un augstuma sakarība: a - līdz 3 cm; b – no 3.1 līdz 26.0 cm	52
2.7.	Baltalkšņa audzes augstumlīkne 2006. – 09. PL	55
2.8.	Baltalkšņa audzes koku sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs 2006. – 19. PL	57
2.9.	Koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulātas vērtības (%) 2006. - 30. PL	57
3.1.	Sakarība starp baltalkšņa audžu vecumu un dendrometriskiem rādītājiem: a – audzes vidējo caurmēru; b – audzes vidējo augstumu; c – audzes koku skaitu; d – audzes šķērslaukumu; e – audzes krāju	62

Attēla Nr.	Attēla nosaukums	Lpp.
3.2.	Sakarības starp audzes vidējo caurmēru un dendrometriskiem rādītājiem: a – audzes vidējo augstumu; b – koka stumbra tilpumu; c – audzes šķērslaukumu; d – audzes krāju	63
3.3.	Sakarība starp koku skaitu audzē un dendrometriskiem rādītājiem: a – audzes vidējo caurmēru; b – audzes šķērslaukumu; c– audzes krāju	64
3.4.	Sakarība starp audzes vidējo augstumu un dendrometriskiem rādītājiem: a – audzes vidējo caurmēru; b – koka stumbra tilpumu; c – audzes šķērslaukumu; d – audzes krāju	65
3.5.	Sakarība starp audzes vecumu un krāju dažādu bonitāšu audzēs	66
3.6.	Sakarība starp audzes šķērslaukumu un krāju dažādu bonitāšu audzēs	67
3.7.	Baltalkšņa audzes krājas dažādu bonitāšu audzēs atkarībā no caurmēra	67
3.8.	Baltalkšņa audžu krājas dažādu bonitāšu audzēs	69
3.9	Baltalkšņa audžu faktisko krāju atrašanās vieta bonitāšu skalā	71
3.10.	Balltalkšņa audžu relatīvās krājas dažādu bonitāšu un vecuma audzēs	72
3.11.	Audžu sadalījums relatīvās krājas grupās	72
3.12.	Balltalkšņa audžu relatīvie caurmēri dažādu bonitāšu un vecuma audzēs	73
3.13.	Balltalkšņa audžu relatīvie audžu vidējie augstumi dažādu bonitāšu un vecuma audzēs	73
3.14.	Balltalkšņa audžu relatīvie audžu šķērslaukumi dažādu bonitāšu un vecuma audzēs	74
3.15.	Relatīvais koku skaits baltalkšņa audzēs	74
3.16.	Krājas vidējā pieauguma izmaiņas atkarībā no audzes vecuma	75
3.17.	Koku skaits baltalkšņa audzēs atkarībā no audžu vecuma un bonitātes	82
3.18.	Sakarība starp dendrometriskajiem rādītājiem un caurmēra pakāpju skaitu: a – audzes vecumu; b – audzes vidējo caurmēru	85
3.19.	Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 2005.-15. PL	86
3.20.	Koku skaita kumulāta 2005. – 18. PL	90
3.21.	Koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulātas 2006. - 12. PL	91
3.22.	Krājas un koku skaita kumulatīvo frekvenču vērtības dažāda vecuma audzēs	93

Attēla Nr.	Attēla nosaukums	Lpp.
3.23.	Koku skaita kumulatīvo frekvenču sakarība ar šķērslaukuma un krājas kumulatīvajām frekvencēm	94
3.24.	Baltalkšņa koka augstuma un vainaga sākuma augstums divus gadus vecās audzēs: a – 2007. – 01. PL, b – 2007. – 02. PL	96
3.25.	Koka augstuma un vainaga sākuma augstuma sakarības 2005 - 04. PL	97
3.26.	Vainaga sākuma un koka augstums: a – 2007. – 06. un b – 2007. – 02. PL	98
3.27.	Relatīvā vainaga garuma atkarība: a – no audzes vecuma; b – no audzes caurmēra	100
3.28.	Sakarība starp baltalkšņa caurmēru līdz 3 cm un stumbra tilpumu	103
3.29.	Baltalkšņa biomasa atkarībā no koka caurmēra (līdz 3 cm)	104
3.30.	Baltalkšņa biomasa atkarībā no koka caurmēra (no 3.1 cm līdz 26 cm)	105
3.31.	Dabiski mitras koksnes blīvums dažādās stumbra griezuma vietās	108
3.32.	Absolūti sausas koksnes blīvums dažādās stumbra griezuma vietās	109
3.33.	Baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomi t ha^{-1} bezlapotā stāvoklī dažādās audžu bonitātēs	110
3.34.	Biomasas apjomi baltalkšņa audzēs no 11 gadu vecuma	111
3.35.	Sakarība starp audzes vecumu un baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasu (t ha^{-1}): a – 1. A bonitātes audzēs; b – 1. bonitātes audzēs; c - 2. bonitātes audzēs un d – 3. bonitātes audzēs	112
3.36.	Sakarība starp audžu caurmēru un baltalkšņa audžu biomasu	113
3.37.	Sakarība starp audžu šķērslaukumu un baltalkšņa audžu biomasu	114

DARBĀ IEVIETOTO FORMULU SARAKSTS

Formulas Nr.	Formulas nosaukums	Lpp.
2.1	Uzskaites parauglaukuma rādiuss, m	53
2.2	Uzskaites parauglaukuma platība, m^2	53
2.3	Koka šķērslaukums i-tajā uzskaites parauglaukumā, m^2;	53
2.4	Audzes šķērslaukums pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m^2 ha^{-1}	53
2.5	Koku skaits uz hektāra pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, gab. ha^{-1};	53
2.6	Koksnes krāja pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m^3 ha^{-1};	54
2.7	Audzes šķērslaukums, m^2 ha^{-1}	54
2.8	Audzes krāja, m^3 ha^{-1}	54
2.9	Koku skaits, gab. ha^{-1};	54
2.10	Audzes vidējā koka šķērslaukums, m^2	55
2.11	Audzes vidējā koka caurmērs, kas aprēķināts no vidējā koka šķērslaukuma (g_{vid}), cm;	55
2.12	Koka augstuma	55
2.13	Baltalkšņa stumbra tilpums (ar caurmēru virs 3 cm)	56
2.14	Koku redukcijas skaitli R_d	56
2.15	Parabolas regresijas vienādojums ($y = ax^2 + ax + c$)	59
	Koku skaita kumulatīvo frekvenču aprēķināšana	93
	Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšana (ar caurmēru līdz 3 cm)	104
2.16	Pakāpes regresijas vienādojums ($y = ax^b$)	59
	Sakarības starp audzes vecumu, audzes vidējo caurmēru, šķērslaukumu un krāju	68
	Sakarības starp audzes vecumu un koku skaitu dažādu bonitāšu audzēs	83
	Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas apjomu aprēķināšana (ar caurmēru no 3.1 – 26.0 cm)	106
	Sakarības starp audžu vecumu un baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjomu dažādu bonitāšu audzēs	111
	Sakarības starp audzes vidējo caurmēru, audzes šķērslaukumu un baltalkšņa audžu virszemes biomasu	115
3.1.	Baltalkšņa audžu koku skaita sadalījuma caurmēra pakāpju skaitu	85
3.2	Baltalkšņa stumbra tilpums (ar caurmēru līdz 3 cm)	102

DARBĀ IEVIETOTO PIELIKUMU SARAKSTS

Pielikuma Nr.	Pielikuma nosaukums
3.1.	Baltalkšņa audžu dendrometriskie rādītāji
3.2.	Baltalkšņa audžu koku procentuālais sadalījums caurmēra pakāpēs
3.3.	Baltalkšņa audžu krājas procentuālais sadalījums caurmēra pakāpēs
3.4.	Baltalkšņa audžu koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs
3.5.	Uzmērītie paraugkoki ar caurmēru līdz 3 cm baltalkšņa biomasas noteikšanai
3.6.	Uzmērītie paraugkoki ar caurmēru no 3 līdz 26 cm baltalkšņa biomasas noteikšanai
3.7.	Uzmērīto baltalkšņa audžu dabiski mitrās un absolūti sausās biomasas apjomi
3.8.	Baltakšņa audžu biomasas vidējie apjomi dažādu audžu bonitātēs un vecumklasēs
3.9.	Baltalkšņa biomasas pieaugumi dažādās audžu bonitātēs atkarībā no MT, audzes vecuma

SAĪSINĀJUMI

A_6 -	attālums no parauglaukuma viduspunkta (M) līdz sestā koka iekšējai perifērijai
AGT -	augšanas gaitas tabulas
ANO -	Apvienoto Nāciju Organizācija
Ap -	platlapju ārenis
ASVB -	absolūti sausa virszemes biomasa
D_6 –	parauglaukuma sestā koka caurmērs
D_g -	audzes vidējais caurmērs
d_i -	koka caurmērs
DMVB -	dabiski mitra virszemes biomasa
G -	audzes šķērslaukums
g -	koka šķērslaukums
g_i -	koku šķērslaukums i-tajā parauglaukumā
Gr -	gārša
Grs -	slapjā gārša
g_{vid} –	audzes vidējā koka šķērslaukums
I -	pirmā vecumklase (1 – 5 gadi)
II -	otrā vecumklase (6 – 10 gadi)
III -	trešā vecumklase (11 – 15 gadi)
IV -	ceturtā vecumklase (16 – 20 gadi)
V -	piektā vecumklase (21 – 25 gadi)
VI -	sestā vecumklase (26 – 30 gadi)
L_i -	parauglaukuma platība
VMD -	Valsts Meža dienests
M -	audzes krāja
MT -	baltalkšņa audzes meža tips
m_1 –	koksnes parauga masa pirms žāvēšanas
m_2 –	koksnes parauga masa absolūti sausā stāvoklī
m^2 -	kvadrātmetri
m^2 ha^{-1} -	kvadrātmetri uz hektāra
m^3 ha^{-1} -	kubikmetri uz hektāra
M_i -	koksnes krāja i-jā parauglaukumā
m_w –	koksnes parauga masa pie noteikta absolūtā mitruma
N -	koku skaits audzē
PL -	parauglaukums
r -	korelācijas koeficients
R^2 -	determinācijas koeficients
R_6 -	parauglaukuma rādiuss
R_d –	redukcijas skaitlis
s_x -	regresijas standartkļūda
$s_{\bar{x}}$ -	standartkļūda
V -	koka stumbra tilpums
V_6 -	sestā koka stumbra tilpums
Vr -	vēris
Vrs -	slapjais vēris
V_w –	koksnes parauga tilpums pie noteikta absolūtā mitruma

DARBA APROBĀCIJA

Par promocijas darba saturu autorei ir 8 publikācijas Latvijas Zinātnes padomes atzītajos zinātniskos izdevumos:

1. Miezīte O., Dreimanis A. Investigations of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench) Biomass. In: *Research for rural development 2006*: international scientific conference proceedings, Jelgava, 17-20 May 2006 / Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, 2006, p.271. - 275.
2. Lazdiņa D., Miezīte O. Comparison of Willow and Speckled Alder Wood for Biomass Application. In: *The 5th International symposium "Wood Structure and Properties '06*", Sliač-Sielnica, Slovakia, September 3–6, 2006. Technical University in Zvolen. Faculty of Wood Sciences and Technology. Sliač-Sielnica: Arbora Publishers, 2006, p.513.
3. Miezīte O., Dreimanis A. Productivity of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) Stands. In: *Research for rural development 2007*: international scientific conference proceedings, Jelgava, 16-17 May 2007 / Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, 2007, p.174.- 180.
4. Miezīte O., Dreimanis A. Peculiarities of renewal and expansion of Grey alder *Alnus incana* (L.) moench. stands in Latvia. In: *10-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis"*, Vilniuje 2007 m. kovo 29 d. / Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas. -Vilnius: Technika, 2007. (Aplinkos apsaugos inžinerijos sekcijos medžiaga), p.245. - 251.
5. Daugaviete M., Miezīte O., Lazdiņa D., Liepiņš K., Lazdiņš A. Biofuel from naturally reforested arable lands – resources, technologies and costs. In: *Third International scientific conference "Rural development 2007"*: proceedings, 8 - 10 November 2007, Kaunas, Lithuania. Kaunas: Akademija, 2007. Vol.3, book 2: Bioenergy in the Baltic Sea Region: economic feasibility, conflicts and chances, p.271 - 276.
6. Liepiņš K., Lazdiņš A., Lazdiņa D., Daugaviete M., Miezīte O. Naturally afforested agricultural lands in Latvia – assessment of available timber resources and potential productivity. In: *11 - osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos "Mokslas–Lietuvos ateitis"*, Vilniuje 2008, Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika, 2008, (Aplinkos apsaugos inžinerijos sekcijos medžiaga), p.194. - 200.
7. Lazdiņš A., Lazdiņa D., Liepiņš K., Miezīte O. Forest from Abandoned Agricultural Lands – Resources and Management Opportunities. In: *The 5th UEAA General Asssembly and the Associated Workshop on „Renewable Energy Resources, Production and Technplpgies"*, Riga, Latvia, 28-31 May 2008 / Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia, 2008, p. 130 – 136.
8. Miezīte O., Dreimanis A. Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) structure. In: *Research for Ruval Development 2008*: international scientific conference proceedings, Jelgava, 21 - 23 May 2008 / Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, 2008. (Of Latvia University of Agriculture is accepted and will be published at the International Scientific conterence proceedings 04.2-04/74).

Autore ir piedalījusies 10 starptautiskajās un vietējās konferencēs vai semināros un 7 no tām referējusi par promocijas darba saturu:

1. Miezīte O., Dreimanis A._Presentation: “Investigations of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench) Biomass”. In: *Research for rural development 2006*: Jelgava, 17-20 May 2006 / Latvia University of Agriculture.
2. Lazdiņa D., Miezīte O. Posters: “Wood properties comparison of willows from plantations and alders from native stands”. In: *The 5th International symposium "Wood Structure and Properties ’06*", Sliač-Sielnica, Slovakia, September 3–6, 2006.
3. Miezīte O. Presentation: „Фитомасса ольхи серой в Латвии”. In: *Warsaw Agricultural University 20 –th Scientifie Conference of Wood Technology Faculty* “Wood – material of the XXI-st century, Rogow, 7-8th November, 2006.
4. Miezīte O., Dreimanis A. Presentation: Productivity of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench) Stands”. In: *Research for rural development 2007*: Jelgava, 16-17 May 2007 / Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, 2007.
5. Miezīte O. Presentation: Peculiarities of Renewal and Expansion of Grey Alder *Alnus incana* (L.) Moench. Stands in Latvia. In: *10-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos*, Vilniuje 2007 m. kovo 29 d. / Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas. -Vilnius: Technika, 2007.
6. Lazdiņa D., Miezīte O._Presentation: **„**Competitiveness of short rotation energy crops on arable lands in Latvia”. In: *Third International Scientific Conference Ruval Development*, Kaunas 8-10th of November, 2007 / Lithuanian University of Agriculture Akademija, Kaunas region, Lithuania.
7. Miezīte O., Presentation: Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) structure. In: *Research for rural development 2008*: Jelgava, 21–23 May 2008 / Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, 2008.
8. A.Lazdiņš, D.Lazdiņa, K.Liepiņš, O.Miezīte Posters: Forest Biofuek from Abandoned Agricultural Lands – Resources and Management Opportunities”. In: *Vth UEAA General Assembly and the Associated Workshop on*: „Renewable Energy Resources, Production and Technologies Riga”. Latvia 28 – 31 May 2008.
9. Miezīte O. Referāts: „Baltalkšņa audžu ražība” LLU Meža fakultātes konferencē / *Mežzinātne un prakse nozares attīstībai.* Jelgava: LLU MF, 2006, 15. –16.martā.
10. Miezīte O. Referāts: „Uzstāšanās ar referātu: Baltalkšņa audžu biomasas noteikšanas metodika”. LLU Meža fakultātes konferencē / *Mežzinātne un prakse nozares attīstībai*. Jelgava: LLU MF, 2008, 16.-17.martā.

1. TEMATIKAS IZZINĀTĪBAS STĀVOKLIS

1.1. Baltalksnis Alnus incana (L.) Moench. un tā audžu atjaunošanās un izplatības specifika un nozīmīgums

Baltalksnis *Alnus incana* (L.) Moench. pieder pie bērzu *Betulaceae* dzimtas un alkšņu *Alnus* ģints (Lange un c., 1978). Sugas apzīmējums *incana* radies no latīņu valodas vārda *incanus*, kas nozīmē nosirmojis. Sugas izcelsme Eiropa un Kaukāzs (Palmšēna, 2006).

Baltalkšņa izplatības areāls ir ļoti plašs. Eiropā tā ziemeļu robeža sniedzas līdz mežatundrai 70. ziemeļu platuma grādam (Lange u. c., 1978). Tas aug arī Āzijā, sevišķi tās rietumu daļā (Avotiņš, 1962). Savvaļā sastopams visā Eiropas mērenās joslas jaukto koku un skujkoku mežu zonā, kā arī Rietumsibīrijā, Ziemeļkaukāzā (Mauriņš, Zvirgzds, 2006). Baltalksnis nav sastopams Anglijā, Spānijā, Itālijā un Grieķijā (Avotiņš, 1962). Latvijā ļoti bieži veido tīraudzes, aug arī mistraudzēs kopā ar bērzu, apsi, egli un citām koku sugām (Mauriņš, Zvirgzds, 2006).

Baltalkšņa izplatības areāls lielākajā daļā sakrīt ar *Populus tremula* L. (*Salicaceae*) areālu (Исаков,1988). Baltalksnis pašreizējā Latvijas teritorijā audzis jau pirmsledus laikmetā kopā ar valriekstiem, zīdkokiem, eglēm un citiem kokiem. Pirms 11 tūkstošiem gadu klimats kļuva siltāks, un baltalksnis atkal parādījās kokaudžu sastāvā. Līdz 16. gadsimta beigām ar dažādiem likumiem mežos tika ierobežota vienīgi vērtīgo koku ciršana, gandrīz neminot pārējās sugas. Lietoja tādus apzīmējumus kā žagaru malka, malkas meži, krūmāji. Kad pieprasījums pēc koksnes palielinājās, malkas ieguvei tika izmantotas arī alkšņu audzes un nepieaudzis mežs. Analizējot Latvijas mežu koku sugu sastāvu, konstatēts (Eglīte, 2002), ka baltalksnis visu laiku uzskaitīts saraksta beigās. Salīdzinot ar citām koku sugām (Rytter, 1996), baltalksnim ir zems dabiskās izplatīšanās potenciāls mežainos apvidos.

Baltalksnis ir vasarzaļš krūms vai trešā, dažkārt otrā lieluma koks, kas visbiežāk sasniedz 15 – 20 m augstumu (Lange u. c., 1978; Булыгин, 1985; Атрохин, Солодухин, 1988). Stumbrs raukts, bieži rievains, ar plānu, gludu, gaiši pelēku mizu. Lapas olveida vai plati eliptiskas, ar smailu vai pastrupu galu un divkārtzobainu malu, apakšpuse mataina. Lapas rudenī nedzeltē, līdz pat salam tās paliek zaļas, tikai apsalušas, sačokurojušās nobirst. Vienmāju suga, ziedi spurdzēs, kas izveidojas jau rudenī. Atsevišķi vīrišķie un sievišķie ziedi uz viena auga. Vīrišķās spurdzes cilindriskas, sievišķās olveida vai ovālas. Baltalksnis sāk ziedēt 8 – 10 gadu vecumā, marta beigās vai biežāk aprīļa sākumā, gandrīz katru gadu (Lange un c., 1978; Проскурякова, 1987; Aas, Riedmiller, 2002; Mauriņš, Zvirgzds, 2006; Plamšēna, 2006). Apputeksnējas ar vēja palīdzību, tāpēc baltalksnim nav smaržīgu un krāšņu ziedu (Симкин, 1979). Sēklas atrodas koksnainos, olveidīgos līdz 10 mm garos čiekuros, nogatavojas oktobrī, izbirt sāk rudenī, bet daļa izbirst vēl ziemā (Bušs, Vanags, 1987; Проскурякова, 1987). Auglis riekstiņš, neizteikti piecstūrains, plakans, ar rudimentāriem vai šauriem spārniņiem (Lange un c., 1978; Булыгин, 1985). Tāpēc baltalkšņa audzēm pieguļošas platības apsējas līdz 50 m attālumā, bet vējš sēklas spēj pārvietot 100 – 150 m attālumā (Mangalis, 2004).

Vainags nenoteiktas formas, biežāk ovāls. Dzinumi trīsšķautņaini, pelēki, olīvzaļi vai brūngani, mataini. Sakņu sistēma sekla, bet plaša un labi veidota, parasti izvietota augsnes virskārtā. Baltalksnis ir ļoti ātraudzīga un gaismas prasīga koku suga, it sevišķi pirmajos 10 – 15 dzīves gados (Kundziņš, 1987), vai pat līdz 20 gadu vecumam (Булыгин, 1985). Vēlāk augšanas temps samazinās, un garuma pieaugums

izbeidzas 30 gadu vecumā. Mūža ilgums 50 – 60 gadi, reizēm spēj sasniegt 150 gadu vecumu (Булыгин, 1985; Bušs, Vanags, 1987).

Zviedrijā un Somijā baltalksnis, pirmkārt, pētīts īsā cirtmeta dēļ, otrkārt, kā viens no enerģijas iegūšanas avotiem (Veiko, 2001).

1.1.1. Baltalkšņa atjaunošanās un izplatība atkarībā no ciršanas laika un augsnes auglības

Baltalksnim piemīt spēja ieaugt tur, kur meža vēl nav. Tālab baltalksni dēvē par pioniersugu, jo bieži ieviešas bezmeža platībās. Ieviešoties ar mežu neapklātās platībās, tas rada piemērotus apstākļus citu sugu augšanai. Tas viegli iesējas izcirtumos, degumos, atmatās, pļavās, ganībās, grāvjos un citās ar mežu neapklātās platībās. Baltalksnis ir ātri augoša koku suga, kas noēno augsnes virskārtu, nomāc nezāles un dod iespēju iesēties un attīstīties citām koku sugām (Mūrnieks, 1950). Atrodamie literatūras dati liecina (Uri et al., 2002), ka baltalkšņi bijušajās lauksaimniecības zemēs pirmajos dzīves gados cieš no lakstaugu konkurences. Eksperimentālajās plantācijās baltalkšņa sēklu sadīgšana un pieaugums pirmajā gadā pēc iesēšanas ir nevainojams, neskatoties uz nezāļu esamību.

Baltalkšņa tīraudžu izcirtumos, ja audzēs iepriekš nav bijuši lielāki tukši laukumi, jaunās atvases diezgan vienmērīgi sadalās visā platībā. Atvases grupējas ap celmiem un to tuvākajā apkārtnē. Grupās ap celmiem atvases izceļas ne tik daudz ar to skaitu, bet gan ar labāku augšanu. No sīkākām sānsaknēm radušās vājākās atvases tiek pakāpeniski apēnotas, nomāktas, un vēlāk aiziet bojā. Baltalkšņa jaunaudzēs, atkarībā no nocirstās audzes vecuma un biezības, veidojas vairāk vai mazāk izteikts grupveidīgs jauno koku izvietojums. Baltalkšņa grupās sākas konkurence, daļa koku atmirst, un 15 – 20 gadus vecās baltalkšņa audzēs jau redzami pa vienam augoši koki. Vecās audzēs sakņu konkurencei nav liela ietekme. Ja izcirtumi ir pilnīgi atklāti saules iedarbībai un atvašu augšanu nav traucējuši citi faktori, tad atvasāju jaunaudze pieslienas vecās audzes sienai ar nesamazinātu biezību un garuma pieaugumu (Kundziņš, 1937).

Ciršanas laiks ievērojamā mērā ietekmē atvašu daudzumu baltalkšņu cirtumos, gan arī atvašu augšanu. Spēcīgākās atvases sastopamas ziemas mēnešos, no novembra līdz martam, cirsto audžu izcirtumos, bet vasaras mēnešu izcirtumos tās ir daudz vājākas.Viszemākā atvašu dzīšanas spēja konstatēta jūnija izcirtumos momentā pēc veco koku pilnīgas salapošanas. Arī atvašu kvalitāte ir sliktāka. Piemēram, desmitgadīgai baltalkšņa janvāra cirsmas audzei vidējais augstums ir 6.3 m un caurmērs 3.4 cm, bet tā paša vecuma jūnija cirsmas audzei vidējais augstums 4.6 m un caurmērs 2.4 cm (Kundziņš, 1937).

Cirsmu platumam atvasājos ir maza nozīme, tās var būt līdz 100 m platas. Izdevīgākais cirsmas virziens ir no dienvidiem uz ziemeļiem (Upītis, 1931). Koku ciršanas veidam un celmu augstumam nav negatīvas ietekmes uz baltalkšņa atvasājiem. Spēcīgākās atvases rodas ne vien no celma, bet arī uz resnākajām saknēm celma tuvākajā apkārtnē (Kundziņš, 1937).

M. Turskis (1924) raksta, ka vislabākās atvases veidojas pavasara izcirtumos. Labas atvases veidojas arī vasarā, bet tās līdz ziemai pietiekoši nenobriest. Busse (1930) par labāko ciršanas laiku min rudeni un ziemas beigas. Turpretī Denglers (1935) uzskata, ka piemērotākais ciršanas laiks ir no februāra līdz sulu laikam (Kundziņš, 1937).

Lapu koki ar sēklām un arī ar atvasēm sekmīgi atjaunojas neaizzēlušos izcirtumos. Lai veicinātu atvašu veidošanos, lapu koki jānocērt vēlā rudenī vai ziemā. Spēcīgu atvašu veidošanai, baltalksnis, tāpat kā citas lapu koku sugas, jācērt vēlu rudenī vai ziemā, kad barības vielas no koka virszemes daļas pārvietojušās uz saknēm (Mangalis, 2004) un spēj dot labas sakņu atvases (Dengler, 1992).

Baltalksnis ir mazprasīga un izturīga koku suga, kas spēj augt gan sausās, gan mitrās augsnēs. Tas spēj augt pat ar slāpekli nabadzīgās augsnēs, pateicoties simbiozei ar aktinomicētēm, piesaistot gaisa slāpekli un veidojot slāpekļa savienojumus. Baltalksnis jau sen pievērsis uzmanību kā augsnes uzlabotājs. Sakņu simbioze ar sēni *Actinomices alni* atklāta jau 1910.gadā. Taču tikai 1978. gadā tika izdalīta pirmā tīrā aktinomicētes kultūra, Pašlaik ir atklāta rinda tīru frankiju infekcijas kultūru. Frankijas ir plaši izplatītas dažādās augsnēs, sastopamas arī aerobas aktinomicētes (Романов, 2005).

Baltalkšņa klātbūtne dažādos meža augšanas apstākļu tipos ļauj spriest par tā spēju pielāgoties dažādām augsnēm. Tas pietiekami labi aug vidēji auglīgās un mēreni mitrās augsnēs, taču sevišķi labvēlīgi augšanas apstākļi ir trūdvielām bagātās, kaļķainās, irdenās smilšmāla, mālsmilts augsnēs un upju palienēs. Baltalksnis aug arī nabadzīgās smilts augsnēs, bet tajās visbiežāk aug sliktāk (Kundziņš, 1937; Mūrnieks, 1950; Ткаченко, 1955; Lange un c., 1978; Булыгин ,1985; Проскурякова, 1987; Laas, 1987; Persson, Manus, 1990; Granball, Vewijst, 1994; Rytter, 1996; Telenius, 1999). Baltalksnis labi aug augsnēs ar pH augstāku par 6 (Savill, 1996).

Baltalksnis aizņem labākās vidēji mitras auglīgas merģeļa māla un upju aluviālās augsnes. Tas var būt ļoti ātraudzīgs un ražīgs minerālās un kūdrainās augsnēs. Lielas tīraudžu platības izveido Zemgales līdzenumā, bet citās valsts daļās izvietots izkaisīti. Baltalksnim vispiemērotākās mālainās augsnes atrodas Zemgales līdzenuma Lielupes baseina ziemeļdaļā. Nereti aug arī upju palieņu aluviālajās augsnēs, kas bagātas ar barības vielām, piemēram, Gaujas, Ogres, Pededzes un daudzu citu mazāku upju ieleju atsevišķās vietās. Latvijas teritorijā baltalksnis izplatīts samērā vienmērīgi (Ozols, Hibners, 1928; Malta, Galenieks; 1936; Kundziņš, 1937; Mūrnieks, 1950), lielāks īpatsvars ir Zemgales un atsevišķos Latgales rajonos.

Sausieņu meža augšanas apstākļu tipos (Bušs, 1981), piemēram, damakšņos (*Hylocomiosa)*, kuros raksturīgas labi aerētas mālsmilts augsnes ar lielu smalko frakciju un humusvielu piejaukumu, sastopams audzes pirmajā stāvā. Vērī (*Oxalidosa)* veido mistrotas audzes ar bērzu, apsi, liepu. Baltalksnis sastopams arī egļu jaunaudzēs, kur dažos gados apsteidz egli un to nomāc. Reizēm veidojas baltalkšņa vēra audzes, kas ir vienas no produktīvākajām, jo atrodas uz mālainām, labi aerētām, skābām augsnēm. Gāršā (*Aegopodiosa)* baltalksnis veido tīraudzi vai mistraudzi ar bērzu un apsi, melnalksni, osi un egli. Baltalkšņa audzes gāršā ir augstražīgas, un to apsaimniekošanu var izvirzīt par meža apsaimniekošanas palīgmērķi, jo šis meža augšanas apstākļu tips sastopams uz bagātām, labi aerētām mālainām vai smilts augsnēm ar ļoti lielu duļķu piejaukumu un vājām podzolēšanās pazīmēm. Cilmiezis šajās augsnēs parasti ir bāzisks merģeļa māls, bet augsnes virskārtu veido amorfs saldais trūds. Baltalksnis parasti ieviešas dabiskās atjaunošanās procesā.

Slapjajā vērī (*Myrtilloso-polytrichosa)* baltalksnis veido mazražīgas audzes vai nīkulīgu pamežu (Zālītis, 2006), atjaunojas pēc audzes nociršanas, jo augsnes virskārtu veido koku un ogulāju jēlkūdras slānis, zem kura atrodami vidēji bagāti podzolētas mālsmilts vai māla slāņi.

Nosusinātās minerālaugsnēs (Zālītis, 2006), platlapju ārenī (*Mercurialiosa* mel.) bieži veidojas ne tikai ošu, melnalkšņu, bērzu un apšu, bet arī baltalkšņu audzes. Šim meža augšanas apstākļu tipam raksturīgas augsnes ar biezu, labi sadalījušos saldā humusa

slāni, zem kura atrodami barības vielām bagāti minerālie horizonti un cilmiezis ar karbonātiem (1.1. att.).

a **b**

1.1. att. Baltalkšņa audzes platlapju ārenī: a – 2006. – 4. PL, 17 gadus veca audze ar biezu ievas pamežu, b – 2006. – 8. PL, 15 gadus veca audze bez pameža
(autores foto)

Zviedru zinātnieku veiktajos pētījumos (Johansson, 1999), salīdzinot baltalkšņa un melnalkšņa audzes smilts, māla un zāļu purva kūdras augsnēs, nav konstatētas būtiskas atšķirības starp vienāda vecuma audžu augstumu un augsnes tipu. Māla augsnēs baltalksnis veido audzes ar vislielāko koksnes krāju, bet slikti aug sausās vietās un barības vielām nabadzīgās kūdras augsnēs. Baltalksnis parasti sasniedz 25 m augstumu, bet nabadzīgās, sausās vai stipri mitrās vietās aug sliktāk (Bušs, Vanags, 1987). Zviedru zinātnieki konstatējuši, ka auglīgās augsnēs būtiski atšķiras tikai koku diametri, bet ne augstumi. Pētījumi liecina, ka tikai 16 % gadījumu koku augstuma izmaiņas izskaidrojamas ar augsnes īpašībām (Johansson, 1999).

1.1.2. Baltalkšņa audžu bioloģiskās un ekoloģiskās īpašības

Baltalkšņa pozitīvās īpašības izpaužas ne tikai ātrā un bagātīgā koksnes ražošanā. Zem audzes vainagu klāja izzūd nezāles, nobirušās lapas sekmē saldā trūda rašanos, jo lapas ir bagātas ar slāpekli un spēj ātri sadalīties. Uz saknēm esošās gumiņbaktērijas spēj saistīt atmosfēras slāpekli un padara to izmantojamu koka saknēm. Sakarā ar to baltalksnis uzskatāms par augsnes uzlabotājsugu, un ar laiku padara augsni daudz noderīgāku arī citām koku sugām. Baltalksnis ir viena no pioniersugām, tas izskaidrojams ar baltalkšņa sakņu simbiozi, jo tādi augi, kas spēj saistīt slāpekli no gaisa, noder kā augsnes ielabotāji un ieviešas vietās, kur nespēj augt citi augi (Ozols, Hibners, 1927; Kundziņš, 1937; Ткаченко, 1955; Rokjānis, 1957; Симкин, 1979;

Persson, Manus, 1990; Indriksons, 1999; Kärki et al., 2000; Uri et al., 2002; Markham, 2005). M. Laiviņš (1984), pētot ezeru salu baltalkšņu mežu sabiedrības, secinājis, ka augsnes virskārtā nenotiek nedzīvās zemsegas uzkrāšanās. I. Liepa u.c.(1996) secina, ka baltalkšņa nobiras pazemina augsnes skābumu, rosina mikroorganismu darbību un bagātina augsnes faunu (sliekas, kurmji u.c.), veicina vispārēju augsnes īpašību izmainīšanos augiem vēlamajā virzienā.

Baltalkšņa audzēs uz hektāra ir 185 – 500 kg gumiņu gaissausā stāvoklī. Tie veģetācijas periodā piesaista 300 – 900 kg atmosfēras slāpekļa (Редько, Титов, 1986). Gumiņi ļoti labi uzkrāj arī fosforu un zināmā mērā arī kāliju, magniju un dzelzi. Ar gumiņbaktēriju palīdzību slāpekļa aprite notiek, sadaloties virszemes nobirām un saknēm, kā arī slāpeklim izskalojoties no gumiņiem. Veģetācijas periodā no tiem tieši augsnē nonāk 1.5 – 11.0 kg ha^{-1} slāpekļa (Мильто, 1968). Pirmajos piecos gados ar baltalkšņu jaunaudzes nobirām augsnē nonāk 145 kg ha^{-1} slāpekļa (Uri et al., 2002). Vidēji viens grams gumiņu masas spēj piesaistīt 0.96 mg slāpekļa stundā. Ja vidējā gumiņu masa ir 24.5 g m^{-2}, baltalkšņa audzē tiek piesaistīti 270 kg ha^{-1} gaisa slāpekļa. Zemsedzes augi slāpekli iegūst no baltalkšņa lapu nobirām. Tā kā baltalksnim piemīt īpašība piesaistīt samērā lielu gaisa slāpekļa daudzumu, iesaistot to bioloģiskajā apritē, tas izraisa interesi par šo sugu kā perspektīvu fitomeliorētāju degradētu teritoriju rekultivācijā. Augi, kam ir simbiotiskas attiecības ar mikroorganismiem – slāpekļa piesaistītājiem, bagātina augsni ar slāpekli, veicina dabisku un ātrāku antropogēnās iedarbības dēļ izzudušās zemsedzes atjaunošanos, ietekmējot arī tās botānisko sastāvu (Романов, 2005).

Baltalksnis kā slāpekli fiksējoša koku suga var tikt efektīvi izmantots augsnes bioloģiskajai mēslošanai. Baltalkšņu sugas labvēlīgi ietekmē augsnes kopīgo mikrobioloģisko daudzveidību un aktivitāti, tas pats sakāms arī par fosfora pieejamību zem baltalkšņa audzēm. Mērenās joslas mežaudzēs baltalksnis nav konfliktsuga, bet augsnes auglības uzlabotājs un sanitārā nodrošinājuma garants. Tas palielina komerciāli vērtīgo koku sugu audžu produktivitāti (Ingestad, 1987; Giardina et al., 1995; Granhall 1994; Arveby, Granhall, 1998; Liepa u.c., 2006). Baltalksni audzē kā augsnes auglības uzlabotāju priežu tīraudžu stādījumos mazauglīgās un smilšainās augsnēs. Tāpēc baltalkšņa audzes Eiropā tiek izmantotas, lai ielabotu augsni pirms citu, barības vielām prasīgāku koku un krūmu sugu, piem., oša, lazdas, pūkainā un kārpainā bērza, stādīšanas. Ne tikai baltalkšņu sakņu mikoriza bagātina augsni ar atmosfēras slāpekli, arī lapu nobiras un atmirušās saknes veido papildus organisko vielu krājumus. Tie vēlāk rada labvēlīgus apstākļus iepriekšminēto koku un krūmu sugu produktīvai augšanai (Kärki, 1999; Johanson, 1999; Mauriņš, Zvirgzds, 2006; Liepa u.c., 2006).

Mežaudzēs sugu maiņa ir viens no pilnvērtīga meža ilglaicīgas un stabilas pastāvēšanas pamatnosacījumiem. Mūsu bioma klimatiskajos apstākļos skuju koku, it sevišķi egļu audzes nomainās ar mīkstajiem lapu kokiem, kas savas paaudzes laikā būtiski izmaina edafisko situāciju, izveidojot skujkoku augšanai labvēlīgus apstākļus. Šajā pārveides procesā samazinās arī sakņu trupes *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. izplatīšanās iespējas (Liepa u.c., 1996), kuras īpatsvars skujkoku trupēšanā var sasniegt 70 % un vairāk (Cwielong et al., 1993). Tomēr ne visas mīksto lapu koku sugas spēj veikt šo misiju. Par to nepārprotami liecina bērzu un apšu damaksnī, vērī un gāršā sastopamās egļu biogrupas, kas gandrīz simtprocentīgi inficētas ar sakņu trupi. Šādās audzēs bieži ir bojātas arī otrā stāva egles. Sakņu trupe var pievarēt ne vienu vien egļu mežaudzi, īpaši bijušajās lauksaimniecības zemēs stādītās egļu audzes (Apinis, 1999). Tā apdraud arī dabiskās priežu audzes visās tajās valstīs, kur notiek intensīva mežu apsaimniekošana. Sakņu trupe ir plaši izplatīta mērenajā joslā visā pasaulē. Eiropas ziemeļu daļā *Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref. galvenie saimniekaugi ir skujkoki,

visvairāk bojājumu konstatēti priedei *Pinus sylvestris* L. un eglei *Picea abies* (L.) Karst.. Vairāk nekā pusi no mežu platības Austrumeiropā un Baltijas valstīs aizņem priedes un egles. Šo audžu fitopatoloģiskais stāvoklis ir ļoti svarīgs mežsaimniecībā. Bieža sakņu trupes sastopamība dabiskajās audzēs apdraud priežu audžu audzēšanu daudzās teritorijās arī citur Austrumeiropā (Fjodorov, 1998). Kā nozīmīgs faktors sakņu trupes ierobežošanā tiek minēta baltalkšņa pozitīvā ietekme uz egļu mikorizu. Baltalksnis veicina inficēto augšņu atveseļošanu un aizsardzību pret *H. annosum*, jo īpaši veicina mikorizas sēnes *Amphinema byssoides* attīstību. Baltalkšņa klātbūtne fitocenozē vieš trupes sēņu izveidošanai nelabvēlīgu vidi: uzlabo augsnes struktūru, aerāciju, detrīta trūdēšanu un mineralizāciju, minerālo barības vielu piekļūšanu augiem un citas augsnes īpašības. Tie ir faktori, kas nosaka neuzņēmību pret sakņu trupi. Baltalksnis pozitīvi ietekmē egles mikorizu ar sakņu trupi inficētās audzēs (Gaitnieks u.c., 1998; Liepa u.c., 1996; Gaitnieks u.c., 2000).

Lai uzlabotu koku augšanas apstākļus smilts augsnēs, bieži priežu stādījumos ievieš arī lapu kokus – bērzu un baltalksni. Priežu, bērzu un alkšņu sakņu attīstības noskaidrošana mistrotos stādījumos sauso virsāju apmežojumos dod iespēju pamatoti secināt par attiecīgo sugu piemērotību konkrētai videi, par to nozīmi augsnes auglības uzlabošanā un mistrotu audžu veidošanā (Kundziņš, 1950; Kalninsh, 1954; Gailis, 1958). Pētījumos konstatēts, ka baltalksni ne tikai vajag, bet nepieciešams izmantot kā augsnes auglības un aizsardzības uzlabotājsugu priežu (Kundziņš, 1950), egļu un priežu stādījumos (Мильто, 1967). Baltalkšņa lapas satur līdz 4 % slāpekļa, tas ir, divreiz vairāk nekā bērza lapas. Zinātnieki konstatējuši, ka, sadaloties baltalkšņa lapām, ik gadus augsnē nonāk 80 – 120 kg slāpekļa, 50 – 90 kg kalcija, 17 – 38 kg kālija, 10 – 15 kg fosfora. Salīdzinot ar citām lapu koku sugām, šie krājumi 1.5 – 2 reizes lielāki (Katkevičs, 1989). Tas veicina ātrāku nobiru sadalīšanos un uzlabo augsnes auglību. Pozitīva baltalkšņa iedarbība uz skujkoku augšanu norit ātri līdz tam brīdim, kamēr baltalkšņa koku vainagi nenomāc valdošās koku sugas augšanu (Мильто, 1967). Pretējās domās ir Tkačenko, 1955, kurš raksta, ka baltalkšņa sakņu sistēma nepārsniedz 10 – 20 cm dziļumu, tikai retos gadījumos atsevišķas saknes atrodas dziļāk zemē, bet tā ātraudzība, gaismas prasīgums un īpatnēja sakņu sistēma traucē citu koku sugu augšanu.

Baltalkšņa sakņu sistēma ir sekla, bet plaša un labi veidota, parasti augsnes virskārtā, kas dod iespēju to izmantot upju krastu un kalnu nogāžu nostiprināšanai (Ткаченко, 1955; Dengler, 1992; Eglīte, 2006; Mauriņš, Zvirgzds, 2006). Šveices zinātnieki (Francis et al., 2005), pētot dažādu kokaugu sugu izturību pret dažādām ūdens līmeņa izmaiņām un applūšanas periodiem, secināja, ka baltalksnis grants augsnē pilnīgi iznīka, un smilts augsnēs applūdumos tas iznīka vai arī nīkuļoja. Visas sugas deva priekšroku stabiliem ūdens līmeņa apstākļiem. Straujas ūdens līmeņa izmaiņas ir postošas visām sugām, un atjaunošanās smilts augsnēs bija sekmīgāka nekā grantī. Pētījums apliecina, ka baltalksni vēlams stādīt tikai vietās, kur dominē stabili mitruma apstākļi.

1.1.3. Baltalkšņa audžu kaitēkļi un slimības

Visā meža dzīves laikā kokus ietekmē daudzi negatīvie faktori, kuru skaitā sevišķa nozīme ir meža dzīvniekiem un slimībām, tālab mežu aizsardzība pret postošiem organismiem ir viens no visaktuālākajiem mežsaimnieciskiem pasākumiem. Meža dzīvei negatīvo faktoru nozīmes samazināšana līdz praktiski nenozīmīgam līmenim ir realizējama, tikai rūpīgi kopjot augošos mežus.

Baltalksni var uzskatīt par viegli audzējamu koku sugu, jo to nebojā pārnadži, kas skuju koku, apšu un ošu audzes var iznīcināt pilnībā vai padarīt par mazvērtīgām (Lange u.c., 1978).

Kopumā ņemot, baltalksnim nav bīstamu kaitēkļu un postošu slimību, tomēr baltalksnis ļoti cieš no lapgraužiem, ja to audzē mazauglīgās augsnēs. Sevišķi tas cieš no alkšņu lapgrauža *Agelastica alni* L. tā savairošanās gados. Sastopams arī alkšņu spīdīgais lapgrauzis *Melasoma aenea* L., alkšņu raibais smecernieks *Cryptorrhynchus lapathi* L., kā arī citas sugas, kuru kāpuri papildbarošanās vai ziemošanas laikā bojā lapas vai koksni (Plīse, Bičevskis, 2001; Mauriņš, Zvirgzds, 2006; Urban, 2007).

Neīstā posas piepe *Phellinus igniarius* (L.ex Fr.) Quel. izraisa lapu koku sugu balto, centrālo trupi. Trupes izplatība stumbrā galvenokārt ir atkarīga no inficēšanās vietas. Dažkārt tā izplatās pa stumbru visā tā garumā (Вакин и др.,1980). Pirmās trupes pazīmes alkšņu stumbros parādās tikai 21 – 30 gadu vecumā. Baltalksni cērtot 25 gadu vecumā, var iegūt augstvērtīgus, trupes gandrīz nebojātus kokmateriālus. Minerālaugsnēs ar trupi inficēto koku ir vairāk nekā kūdras augsnēs (Pīrāgs, 1962). Voroņežas apgabalā 50 – 60 gadu vecumā 60 – 80 % baltalkšņa audžu slimo ar trupi, ko izraisa sēne *Fomes igniarius f. alni* Bond., kura izplatās galvenokārt stumbra vidējā un apakšējā daļā, noārdot celulozi un lignīnu (Vaņins, 1956). Melnā bērzu piepe jeb čaga *Inonotus obliguus* (Fr.) Pil bojā galvenokārt bērzus, bet sastopama arī uz alkšņiem, izraisot korozo – destruktīvo centrālo trupi (Вакин и др.,1980). Pētot alkšņu stumbru trupi, konstatēta sakarība, ka vairāk inficēto koku 31 – 50 gadu vecumā ir minerālaugsnēs, mazāk kūdras augsnēs. Viszemākais bojāto baltalkšņu daudzums konstatēts nosusinātos niedrāju un dumbrāju meža augšanas apstākļu tipos, toties trupes izplatība palielinās nosusinātā vēra un gāršas meža augšanas apstākļu tipos (Pīrāgs, 1962). Igauņu zinātnieki, ievācot datus 33 audzēs Somijas austrumdaļā, konstatēja, ka dabiskajās un arī dažās apsaimniekotajās audzēs stumbra trupes izplatība baltalksnim ir biežāk sastopama nekā eglei, bet retāk nekā purva bērzam (Kärki et al., 2000).

Uz baltalkšņa zariem vēja slotas var veidot sēne *Taphrina epiphylla* (Sadeb)Sacc. (Vimba, 2005)[2].

1.1.4. Baltalkšņa izmantošanas veidi

Mežiem ir nepārvērtējama loma kā skābekļa un koksnes producētajiem. Koksne ir viena no izejvielām, no kuras izgatavo vairākus desmitus tūkstošus dažādu izstrādājumu un produktu. Neskatoties uz to (Liepa u.c., 1991), apmēram pusi no pasaulē iegūstamās koksnes izmanto par kurināmo, bet trešo daļu par zāģmateriāliem un citiem celtniecības materiāliem.

Baltalksni tā nelielo izmēru dēļ bieži izmanto dažādu taras materiālu izgatavošanai. Arī dažādu kokšķiedru plātņu izgatavošanā baltalksnis ir ļoti piemērota izejviela. No baltalkšņa koksnes iegūst visvērtīgāko zīmēšanas ogli, kā arī ogli, kuru izmanto pulvera ražošanai (Проскурякова, 1987; Симкин, 1979; Apinis, 1999). Alkšņu sugu nozīmīgums pēdējā laikā nepārprotami pieaudzis. Pieaugošā nepieciešamība pēc lētā enerģijas avota ir koncentrējusi uzmanību uz jauniem biomasas resursiem. Somijā

[2] Vimba E. (2006) *Taphrina epiphylla izraisa alkšņu vējslotas* [tiešsaiste] [skatīts 2007.g.7.martā]. Pieejams:http://latvijas.daba.lv/scripts/atteli/albums.cgi?d=senes&f=9&k=apsarmes_un_veejslotas/

pētnieki ieteikuši koksnes biomasu ražot no ātri augošiem lapu kokiem, arī tādiem kā baltalksnis (Kärki et al., 1999).

Baltalkšņa audzēšanas rentabilitāte ir atkarīga no tā izmantošana veida. Koksne ir viendabīgs materiāls, to var viegli apstrādāt, padarot izmantojamu dažādiem izstrādājumiem (Kärki et al., 1999). Koksne augošam kokam ir balta ar neizteiktu sarkanīgu akcentu, bet, līdzko to nocērt, tā pakāpeniski maina krāsu uz sarkanīgu vai brūnsarkanu. Izžuvusi tā ir nedaudz gaišāka. Baltalkšņa koksne ir viegla, mīksta, viegli apstrādājama, krāsojama un ūdens izturīga. Baltalksnis koksnes stiprības ziņā atpaliek no melnalkšņa un alkšņu hibrīda (Pīrāgs, 1962; Атрохин, 1988). Ar koksnes plastifikācijas metodi tehniski mazvērtīgo baltalkšņa un arī citu mīksto lapu koku koksni pārvērš augstvērtīgā materiālā, kas neatpaliek no visvērtīgāko koku koksnes, tā paplašinot tās izmantošanas iespējas (Kundziņš, Vanags; 1987). Baltalkšņa koksni bieži izmanto kurināšanai un kokogļu iegūšanai (Pīrāgs, 1962; Атрохин, 1988).

Baltalkšņa malka pēc siltumspējas atpaliek no bērza malkas. Toties tā ir ļoti ieteicama zivju un gaļas produktu kūpināšanai, jo piedod tiem tīkamu izskatu un aromātu (Проскурякова, 1987; Zviedre, 2002; Mauriņš, Zvirgzds, 2006). Kā kurināmais baltalksnis būtu izmantojams ne tikai atsevišķu māju krāsnīs, bet arī pielāgotos apkures katlos, kuri apsilda daudzdzīvokļu mājas. Dānijā, Zviedrijā, Vācijā un Holandē veido speciālas plantācijas enerģētiskās koksnes ieguvei (Apinis, 1999). Siltumatdeves ziņā baltalksnis ieņem nākamo vietu pēc priedes, egles un bērza. Baltalkšņa malka ir sevišķi piemērota kurināšanai kamīnos, jo tā nedzirksteļo. Ārzemēs arvien ir pieprasījums pēc kamīnmalkas. Arī zivju un gaļas kūpināšanai alkšņa malka ir neaizvietojama. Baltalksnis ir izmantojams parketa dēlīšu vai citu izstrādājumu, piemēram, mēbeļu detaļu izgatavošanai. To var izmantot celtniecībā, sevišķi tādos mezglos, kas pastāvīgi atrodas ūdenī. Agrākos laikos no baltalkšņa gatavoja aku grodus (Briedis, 1999).

Pasaulē baltalksni izmanto sērkociņu, finiera, celulozes, plastificētas koksnes un mēbeļu ražošanā (Eglīte, 2006).

Baltalksnim ir svarīga nozīme biškopībā, jo agrā pavasarī izsalkušās bites barojas ar tā ziedputekšņiem (Атрохин, 1988).

Baltalkšņa sievišķie čiekuriņi un miza ir izmantojama ādas miecēšanai un krāsošanai, medikamentu iegūšanai. Stumbra miza satur miecvielas (līdz 18 %), dabiskās krāsvielas un citas vērtīgas vielas, tālab ir izmantojama ķīmiskajā rūpniecībā. Čiekuriņus, zaru mizu un lapas izmanto tautas medicīnā (Проскурякова, 1987; Атрохин, 1988).

Baltalksnis noderīgs ainavas veidošanā (Plamšēna, 2006), jo krāsu dažādības dēļ piemērots, lai veidotu pāreju uz savvaļas vidi.

Atsevišķos gadījumos baltalksnis var izrādīties nevēlams (Mūrnieks, 1950), jo aizņem platības, kur mežkopjiem ir bijuši citādi nodomi. Baltalksnis iekaro arī neizmatojamās lauksaimniecības zemes.

1.1.5. Baltalkšņa audžu resursi Latvijā

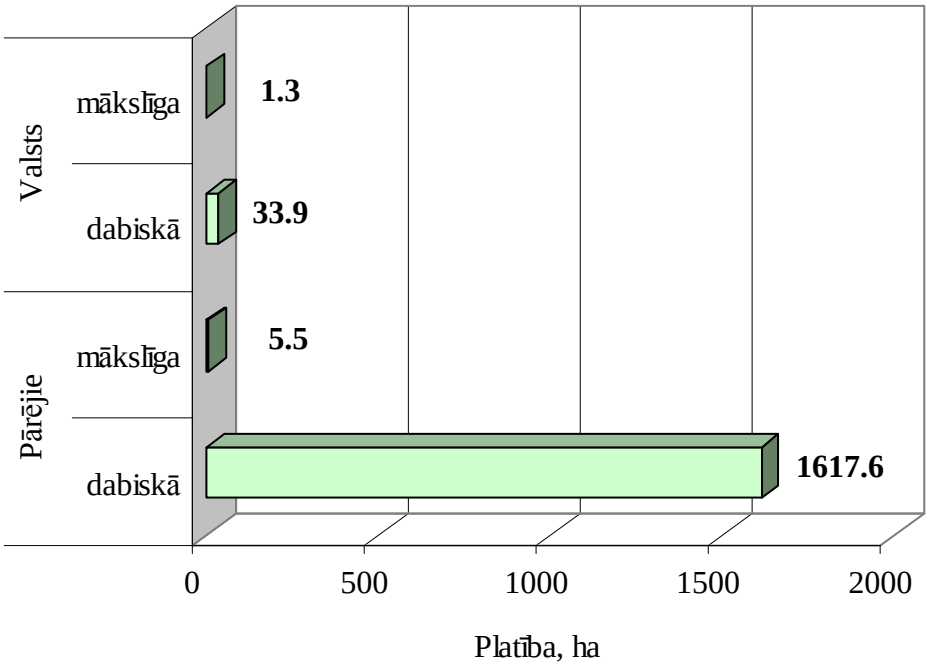
Baltalkšņa audžu platības Latvijā ievērojami ir pieaugušas pēc Otra pasaules kara, jo kara gadu izcirtumi laikus netika apmežoti ar saimnieciski vērtīgām koku sugām. Dabiskās atjaunošanās procesā izcirtumos bieži vien ieviesās baltalksnis, un pieauga tā platības.

Baltalkšņa platības ievērojami palielinājās 20. gadsimta piecdesmitajos un sešdesmitajos gados bijušajos kolhozos un sovhozos, dabiski apmežojoties neizmantotajām lauksaimniecības zemēm.

Pēc Latvijas neatkarības atjaunošanas un zemes reformas realizācijas šie meži nonāca bijušo zemes īpašnieku vai viņu mantinieku īpašumā. To apstiprina baltalkšņu audžu sadalījums valsts un privātajos mežos. Lielākā daļa (94.7 %) baltalkšņu audžu atrodas pārējo īpašnieku mežos, bet valsts mežos tikai 5.3 % no visām audzēm, kurās baltalksnis ir valdošā koku suga (VMD, 2006).

Ar baltalksni atjaunojušos platību apjoms samazinās. To var secināt pēc VMD datiem, jo 1 – 10 gadus vecas baltalkšņu audzes no kopējās sugas aizņemtās platības aizņem tikai 4.6 % jeb 545.5 ha valsts un 8158.3 ha pārējo īpašnieku mežos.

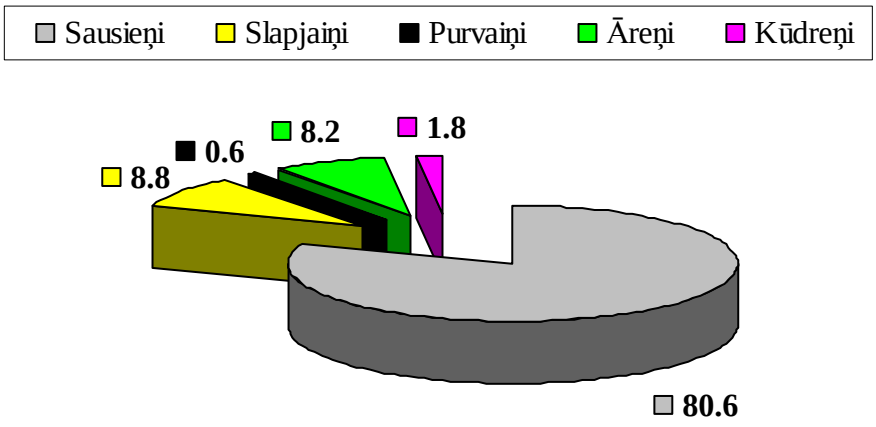
Baltalksnis galvenokārt atjaunojas dabiski. Mākslīgi 2005. gadā tas atjaunots tikai 6.8 ha platībā, kas atbilst 0.4 % no kopējās atjaunotās platības (1.2. att.). Dabiskā atjaunošanās atkarīga no dažādiem faktoriem: sēklu koku klātbūtnes, sēklu ražas, meteoroloģiskajiem apstākļiem sēklu dīgšanas laikā, kā arī lakstaugu radītās konkurences.



1.2. att. Baltalkšņa mežaudžu atjaunošanās 2005. gadā (VMD, 2006)

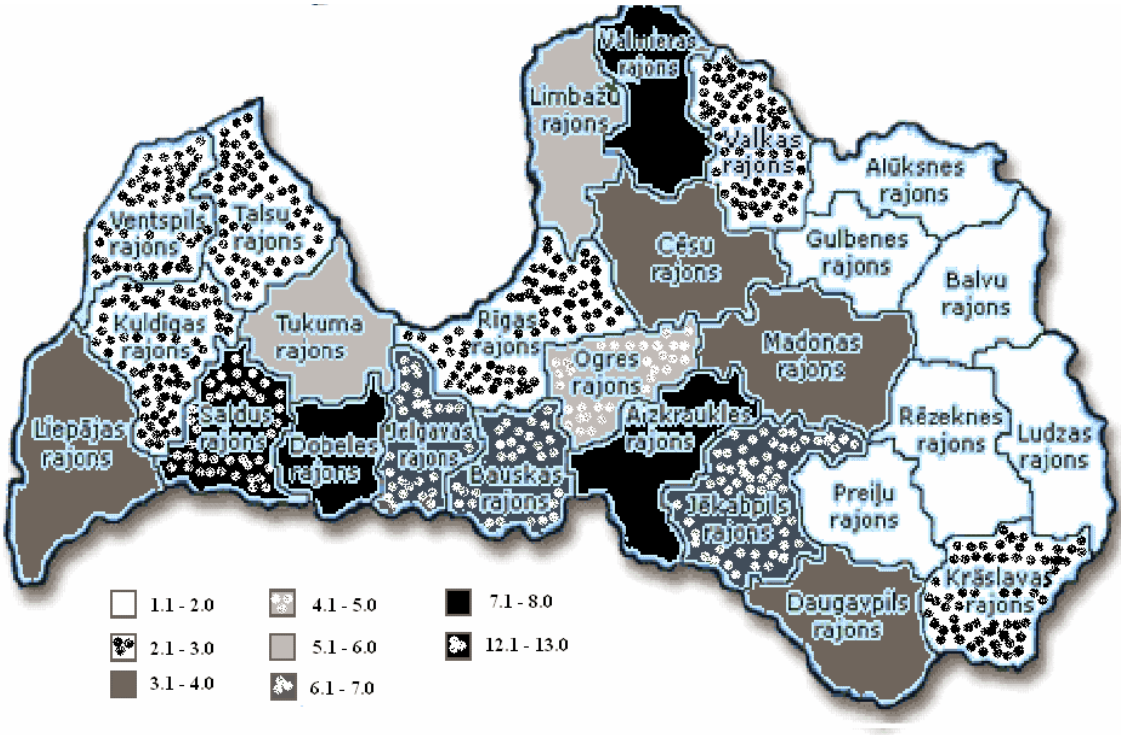
Baltalkšņa jaunaudžu (1 – 10 gadu vecas) dabiskā atjaunošanās galvenokārt notikusi normāli mitrās minerālaugsnēs – 81 % no kopējās jaunaudžu platības. Baltalkšņa jaunaudžu platības visvairāk sastopamas vēra *Oxalidosa* meža tipā – 75 %, mazāk damaksnī *Hylocomiosa* – 12 % un gāršā *Aegopodiosa* –13 % (1.3. att.).

Vienlīdz daudz tas atjaunojies slapjo un nosusināto minerālaugšņu edafiskajās rindās – 8.7 % un 8.2 %, mazāk nenosusinātajās – 0.6 % un nosusinātās kūdras augsnēs 1.8 %.



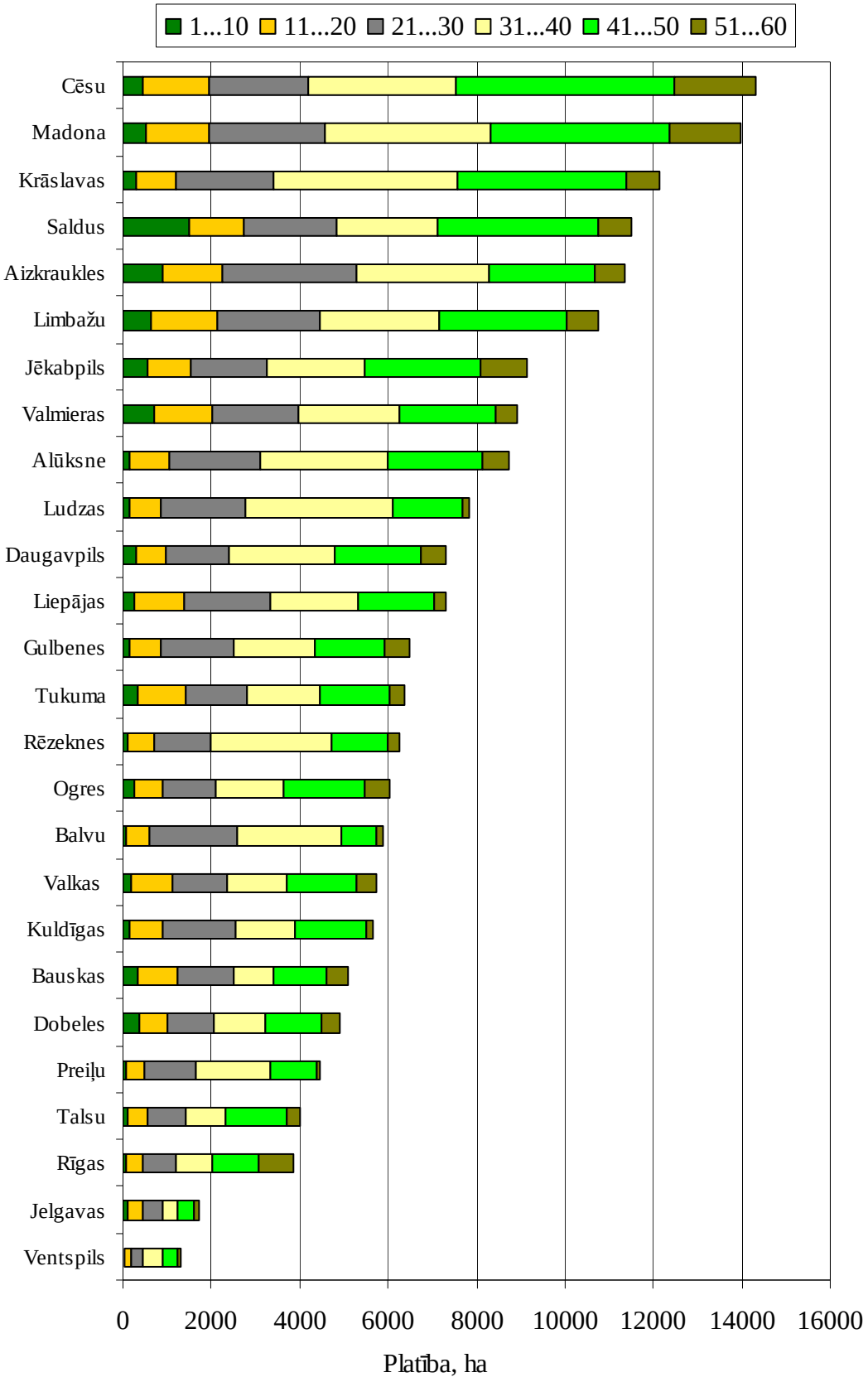
1.3. att. Baltalkšņa audžu procentuālais sadalījums meža augšanas apstākļu edafiskajās rindās (VMD dati, 2006)

Lielākais baltalkšņu jaunaudžu (1 – 10 gadi) īpatsvars konstatēts Latvijas dienviddaļā Liepājas, Saldus, Jelgavas, Bauskas, Aizkraukles un Jēkabpils, kā arī Cēsu, Madonas un Valmieras rajonos. Latgalē jaunaudžu īpatsvars nepārsniedz 2 %. Ievērojamāks baltalkšņa audžu īpatsvars ir Saldus rajonā (1.4. att).



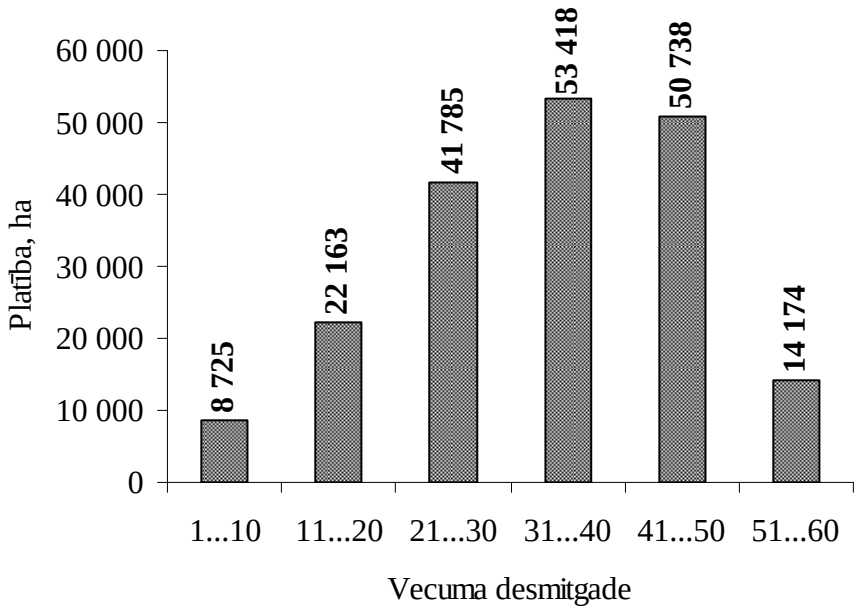
1.4. att. Baltalkšņa jaunaudžu (1 – 10 gadi) īpatsvars % no tā kopplatības (VMD, 2006)

Vislielākās baltalkšņu kopējās platības ir Cēsu, Madonas, Krāslavas, Saldus, Aizkraukles, Limbažu un Jēkabpils rajonos. Mazāk par 2 tūkst. ha baltalkšņa audžu ir Ventspils un Jelgavas rajonos, tajos baltalksnis aizņem samērā nelielas platības (1.5. att.).



1.5. att. Baltalkšņa platību sadalījums rajonos vecuma desmitgadēs (VMD, 2006)

Audžu sadalījums vecuma desmitgadēs pēc platības nav vienmērīgs. Latvijā dominē 21 – 50 gadus vecas audzes, kuru platība katrā desmitgadē pārsniedz 40 tūkst. ha^{-1} (1.6. att.). Toties līdz 10 gadus vecu audžu platības ir 8.7 tūkst. ha^{-1}. Tas rāda, ka pieaugušo audžu ciršana nav notikusi pietiekami lielos apmēros, un notiek pāraugušo audžu platību uzkrāšanās. Visai lielas ir par 50 gadiem vecāku audžu platības (14.2 tūkst. ha^{-1}), kurās var sagaidīt koksnes kvalitātes pasliktināšanos, sākoties koku nokalšanai audžu novecošanās dēļ.

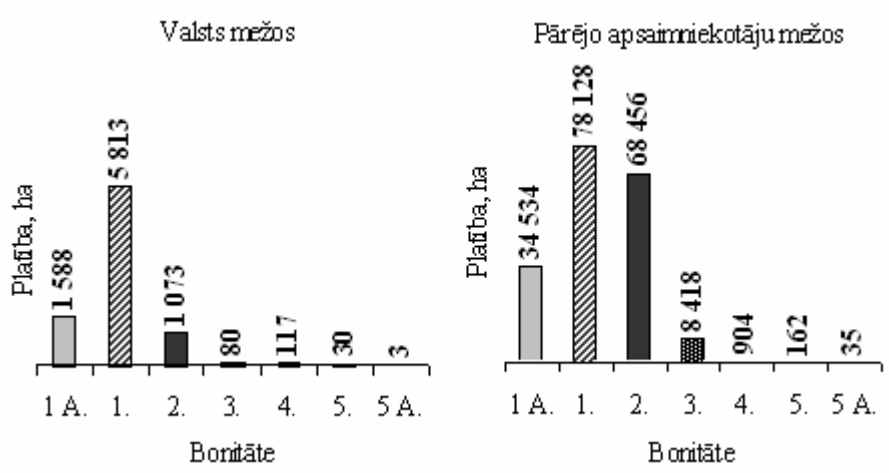


1.6. att. Baltalkšņa audžu platību sadalījums vecuma desmitgadēs (VMD, 2006)

Audžu bonitāte ir noteikta, izmantojot audzes vecumu un audzes vidējo augstumu pēc M. Orlova izstrādātajām tabulām (Sarma, 1948). Baltalksnis pārsvarā veido 1. A līdz 2. bonitātes audzes. Trešās un zemāku bonitāšu audzes kopskaitā nepārsniedz 10 tūkst. ha^{-1}, kas atbilst 5 % no audžu kopplatības.

Audzes bonitāte raksturo koku sugas augšanas efektu konkrētajā augšanas vietā. Auglīgos augšanas apstākļos koki sasniedz lielāku caurmēru un augstumu, kas savukārt ietekmē stumbra tilpumu un koksnes krāju. Valsts mežos dominē 1.A līdz 2. bonitātes baltalkšņa audzes. Zemāku bonitāšu audzes nepārsniedz 10 % no kopplatības, tas liecina, ka valsts mežos sastopamas galvenokārt augstāko bonitāšu audzes. Baltalksnis aizņem auglīgos meža augšanas apstākļu tipus. Līdzīga aina vērojama pārējos lietotāju mežos un valstī kopumā (1.7.att.). Vislielākās ir 1. un 2. bonitātes audžu platības, bet ievērojami mazāk 1. A bonitātes audžu. Zemāko 3. – 5. bonitātes audžu īpatsvars ir neliels, tām nav būtiska loma baltalkšņu koksnes krājas veidošanā.

Koksne ir atjaunojams dabas resurss, kuras nozīme pieaug kā enerģijas avotam un kā atmosfēras oglekļa dioksīda saistītājam.



1.7. att. Baltalkšņa audžu platību sadalījums bonitātēs (VMD, 2006)

Baltalkšņa kopējā krāja Latvijā ir 31.3 milj. m^3, kas vērtējams kā vērā ņemami koksnes resursi (1.1. tab.). Vairāk nekā puse krājas koncentrēta audzēs, kas vecākas par 30 gadiem. Tas nozīmē, ka to var izmantot taras kluču, malkas un tehnoloģiskās šķeldas iegūšanai.

1.1. tabula

Baltalkšņa krājas Latvijas rajonos (VMD, 2006)

Rajons	Vecuma desmitgades (m^3)						Kopā, tūkst. m^3
	1 – 10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	51 – 60	
Aizkraukles	29812	157789	551779	562011	493416	138850	1933.7
Alūksnes	4024	98782	333942	468999	387823	115791	1412.4
Balvu	1936	61862	302551	357260	134311	29990	887.9
Bauskas	12495	114927	242638	175488	234757	104913	885.2
Cēsu	13868	161669	387867	598876	953132	344493	2459.9
Daugavpils	12142	82035	248687	451298	386485	111849	1292.5
Dobeles	15430	63625	170004	203166	229482	75683	757.4
Gulbenes	4509	70281	243018	276576	250512	66424	911.3
Jelgavas	3065	40564	78653	59123	75680	21797	278.9
Jēkabpils	14709	103157	292584	393405	481283	202729	1487.9
Krāslavas	10374	82266	364747	782199	689200	139389	2068.2
Kuldīgas	4538	89615	246554	208627	263006	24057	836.4
Liepājas	8578	114870	305767	336709	315618	44517	1126.1
Limbažu	17928	180234	408375	481038	561493	151799	1800.9
Ludzas	7894	78099	354512	623909	297952	26163	1388.5
Madonas	14114	149804	388094	621496	711708	313198	2198.4
Ogres	11759	78149	219607	275889	362753	127487	1075.6
Preiļu	2176	48198	210622	322088	205941	16132	805.15
Rēzeknes	3731	55948	222598	501072	249492	48744	1081.6
Rīgas	2534	39394	129579	136649	192278	153267	653.7
Saldus	52678	146390	328340	372215	663568	142570	1705.8

1.1. tabulas nobeigums

Rajons	Vecuma desmitgades						Kopā, tūkst. m^3
	1 – 10	**11 – 20**	**21 – 30**	**31 – 40**	**41 – 50**	**51 – 60**	
Talsu	3530	47425	128083	155873	241334	54809	631.1
Tukuma	16062	140593	242233	303651	296180	74528	1073.2
Valkas	4712	103662	188308	219517	283230	87538	887.0
Valmieras	19794	166128	361587	427825	424223	103790	1503.3
Ventspils	950	13643	40273	67641	57927	14735	195.2
Kopā	**293342**	**2489109**	**6994002**	**9382600**	**9442784**	**2735242**	**31337.1**

Baltalkšņa krāja no viena hektāra visskaidrāk parāda audžu reālo ražību, ko ietekmē koku skaits audzē, audzes biezība, bonitāte un stumbru parametri. Visstraujākā krājas uzkrāšanās audzēs notiek līdz 30 gadu vecumam (1.2. tab.). Vecākās audzēs krājas uzkrāšanas notiek ievērojami lēnāk, tikai par 8 – 11 m^3 katrā nākamajā desmitgadē. Tas apstiprina zināmo praksi, kas noteica baltalkšņa cirtmetu 31 gada vecumā. Vidējās krājas no hektāra tikai dažos gadījumos pārsniedz 200 m^3 ha^{-1}. Vidējā krāja 35 gadu vecumā atbilst 173 m^3 ha^{-1}. Protams, ka atsevišķās audzēs tās ir lielākas. Vidējā krājas izmaiņa ir 5 – 6 m^3 ha^{-1} gadā. Vidējais audzes caurmērs pieaugušās audzēs nepārsniedz 20 cm. Vidējā caurmēra pieaugums pēc 40 gadu vecuma ir neliels, jo sākas pastiprināta koku atmiršana koku novecošanās dēļ.

1.2. tabula

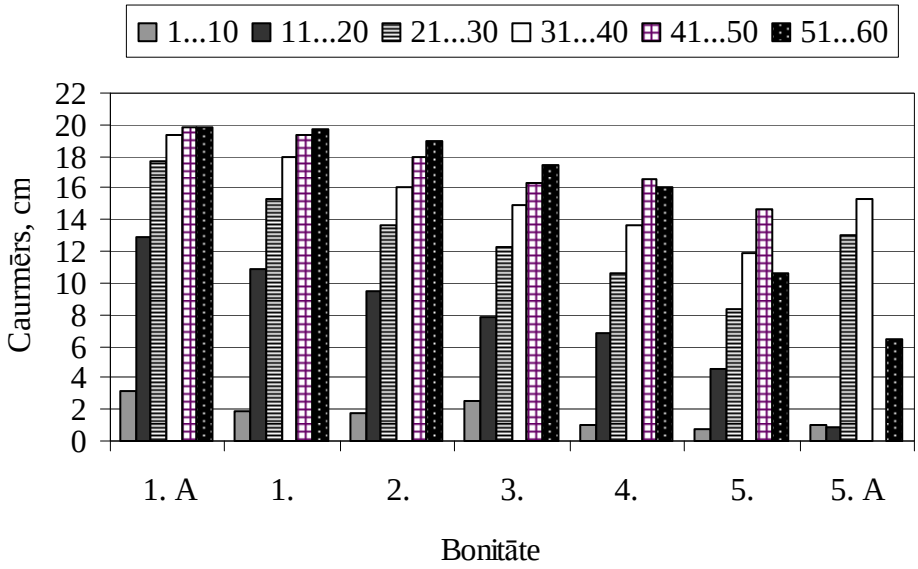
Baltalkšņa vidējā krāja (m^3 ha^{-1}) Latvijas rajonos (VMD, 2006)

Rajons	Vecuma desmitgade						Vidēji
	1 - 10	**11 - 20**	**21 - 3 0**	**31 - 40**	**41 - 50**	**51 - 60**	
Aizkraukles	34	117	180	187	205	213	171
Alūksnes	26	108	157	160	178	193	158
Balvu	29	113	153	151	172	188	151
Bauskas	37	130	190	191	199	206	173
Cēsu	32	108	172	178	193	190	172
Daugavpils	42	121	175	187	199	200	177
Dobeles	42	99	164	171	183	185	155
Gulbenes	43	114	162	169	176	185	162
Jelgavas	29	114	178	186	197	202	163
Jēkabpils	25	108	170	179	183	195	163
Krāslavas	33	92	164	189	181	184	170
Kuldīgas	29	120	151	152	164	179	148
Liepājas	35	101	156	170	182	186	154
Limbažu	28	120	176	177	196	206	167
Madonas	28	103	148	167	174	196	157
Ogres	42	122	178	176	193	204	172
Preiļu	32	114	182	191	195	208	180
Rēzeknes	36	92	169	183	190	196	171
Rīgas	30	111	167	170	185	191	169
Saldus	36	117	156	162	184	188	148

1.2. tabulas nobeigums

Rajons	Vecuma desmitgade						Vidēji
	1 - 10	**11 - 20**	**21 - 3 0**	**31 - 40**	**41 - 50**	**51 - 60**	
Talsu	30	107	151	168	177	188	158
Tukuma	47	129	174	185	190	200	168
Valkas	27	109	151	166	180	185	155
Valmieras	29	126	186	185	197	205	168
Ventspils	26	97	142	157	167	188	148
Vid. krāja	**34**	**111**	**167**	**175**	**186**	**194**	**164**
Min. krāja	**25**	**92**	**142**	**151**	**164**	**172**	**148**
Max. krāja	**56**	**130**	**190**	**191**	**205**	**213**	**180**

Vidējie caurmēri dažādu baltalkšņa audžu bonitātēs, līdz 30 gadiem strauji pieaug, sevišķi vecumā no 11 – 20 gadiem, izņemot 5 A. Pēc 30 gadiem pieaug nedaudz vai pat samazinās (1.8. att.). Tas nozīmē, ka notiek pieauguma samazināšanās baltalkšņa audzēs.



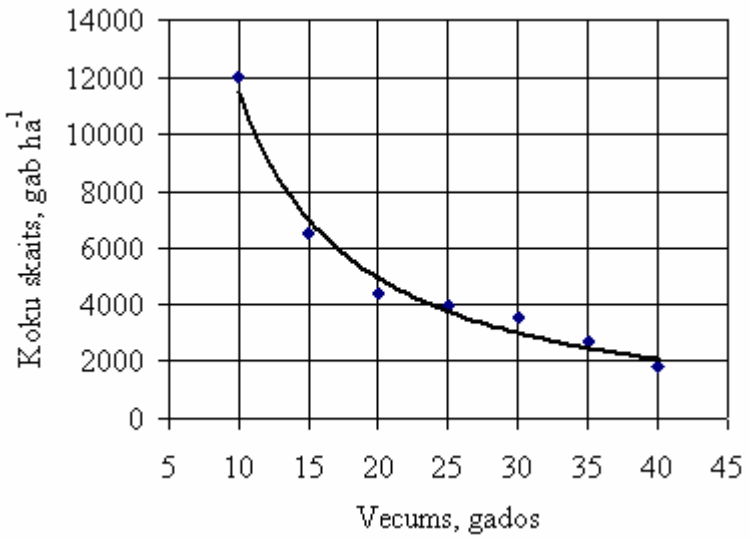
1.8. att. Baltalkšņa audžu vidējie caurmēri dažādu bonitāšu audzēs (VMD, 2006)

Precīzāk koku sadalījuma noteikšanai caurmēra pakāpēs nepieciešami papildus pētījumi. Iepriekšējie pētījumi liecina, ka baltalkšņa audzēs salīdzinājumā ar citām koku sugām ir palielināts tievo koku īpatsvars, jo tajās praktiski netiek veiktas kopšanas cirtes. P. Zālītis (2005) raksta, ka nedaudzie nogabali, kuros veiktas eksperimentālās kopšanas cirtes, izretinot 2 – 4 m augstas baltalkšņa jaunaudzes līdz 1.5 – 2.0 tūkstošiem koku uz vienu hektāru, uzrāda izcilu koksnes pieaugumu.

1.2. Baltalkšņa audžu struktūra

Mežaudžu struktūra ietekmē audžu ražību un dinamiku laika gaitā. Lielas biezības audzēs kokiem ir paaugstināta fotosintēzes aktivitāte un nepietiekama apgaismojuma dēļ vienlaicīgi lieli biomasas zudumi. Šajā gadījumā paaugstinātais fotosintēzes process neietekmē kokus pozitīvi (Кайрюкштис и др., 1988).

Latvijā baltalkšņa audžu koku skaita dinamiku pirmie pētījuši J. Ozols un E. Hibners (1923), sagrupējot audzes vecuma grupās ik pa pieciem gadiem, sākot no 10 gadu vecuma. Vidējais koku skaits uz hektāra 10-gadīgajās audzēs ir 12000 koki (1.9. att.), 15-gadīgajās baltalkšņa audzēs no sākotnējā skaita saglabājas tikai 54 %, 20-gadīgajās – 37 %, 30-gadīgajās – 30 %, bet 40-gadīgajās 15 % koku. Koku atmirums baltalkšņa audzēs pēc J. Ozola un E. Hibnera (1923) pētījumiem 10 – 40 gadu vecumā ir 85 %.

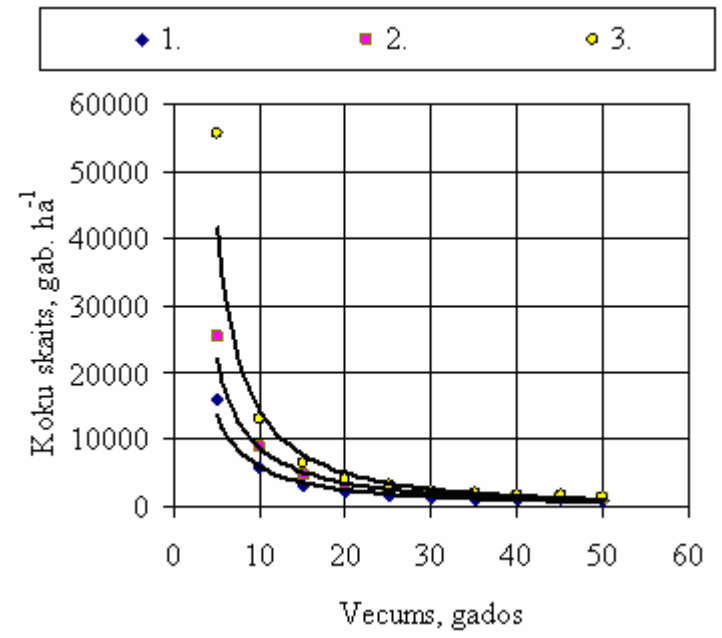


1.9. att. Baltalkšņa koku skaita izmaiņas atkarībā no audzes vecuma
(Ozols, Hibners; 1923)

P. Mūrnieks (1963) ir apkopojis baltalkšņa augšanas gaitu un koka skaita dinamiku trijās baltalkšņa audžu bonitātēs. No pētījuma rezultātiem izriet, ka augstākas bonitātes audzēs līdz 25 gadus vecumam ir mazāks koku skaits uz ha (1.10. att.). No augšanas gaitas tabulām izriet, ka 5-gadīgajās 1. bonitātes baltalkšņa audzēs uz hektāra ir 15.9 tūkst. koki, 2. bonitātes – 25.1 tūkst. koki un 3. bonitātes – 55.6 tūkst. koki. No 5 līdz 50 gadu vecumam baltalkšņa audzēs saglabājas: 1. bonitātes audzēs 7 % no koku skaita uz ha, otrās – 5 %, trešās – 3 % koku. Liels koku atmirums ir vecumā no 5 līdz 10 gadiem: pirmās bonitātes audzēs – 38 %, otrās – 36 % un trešās 23 %. Desmit gadu ilgā laika posmā no 5 līdz 15 gadiem koku atmirums pirmās bonitātes audzēs ir 55 %, otrās – 54 % un trešās – 51 %.

Pēc 30 gadu vecuma koku skaits izlīdzinās un atrodas starp 1.5 – 2.5 tūkst. koku ha^{-1}.

P. Mūrnieka (1963) pētījumos vidējais koku atmirums ir lielāks visās bonitātēs, salīdzinot ar J. Ozola un E. Hibnera (1923) datiem. Rodas salīdzināšanas grūtības, jo J. Ozola un E. Hibnera pētījumos dati ir par baltalkšņa audzēm no desmit gadu vecuma, bet P.Mūrniekam – no piecu gadu vecuma. Minēto autoru pētījumos trūkst datu par koku sākotnējo skaitu baltalkšņa audzēs.



1.10. att. Baltalkšņa koku skaita izmaiņas atkarībā no audzes vecuma un bonitātes
(no AGT, Mūrnieks, 1963)

Lietuvas zinātnieki (Ozolincius et al., 2005) veikuši pētījumus par koku nokalšanas procesu dažādu koku sugu audzēs. Tika izmantoti dati no 420 eksperimentālajiem parauglaukumiem un no 900 pastāvīgā monitoringa parauglaukumiem dažādās mežaudzēs. Pētījumi aptvēra 20 – 120 gadus vecas audzes sekojošām koku sugām: parastā priede *Pinus sylvestris* L., parastā egle *Picea abies* L. Karst., bērzi *Betula pendula* Roth. un *B. pubescens* Ehrh., apse *Populus tremula* L. parastais osis *Fraxinus excelsior* L. Ozols *Quercus robur* L. un alkšņi *Alnus glutinosa* L. un *Alnus incana* L.. Piecus līdz desmit gadus ilgos periodiskos pētījumos pastāvīgajos parauglaukumos konstatēts, ka vidējais ikgadējais nokalšanas temps visām koku sugām Lietuvā konstatēts 0.55 % nokaltušu koku un 0.62 % monitoringa meža nogabalos. Viszemākais nokalšanas temps konstatēts priedei, ozolam un osim, koku sugām ar lielāko ciršanas vecumu, bet augstākais atmirums raksturīgs sugām ar mazāku ciršanas vecumu.

Koka augstumi dzīves laikā pārcieš vairākas augstuma pieauguma palielināšanās un samazināšanās fāzes. Pirmā koku augstumu straujā pieauguma fāze parādās pēc koku sakņu sistēmas saslēgšanās, otrā, vainagu saslēgšanās brīdī vai neilgā laika posmā pēc tā. Pēc dotajām koku augstuma pieauguma fāzēm iestājas depresijas periods, kura ilgums atkarīgs no audzes sākotnējā biezuma. Jo audzes biezums lielāks augšanas sākuma periodā, jo depresijas laika posms ilgāks (Кайрюкштис и др., 1988). Palielinoties audžu biezībai, samazinās vidējais diametrs un augstums, un izmainās koku augšanas klašu struktūra. (Юодвалькис, Баркаускас, 1988).

Par produktivitāti var spriest pēc vainagu saskares koeficienta. Palielinoties vainagu saskares koeficientam, koka caurmēra pieaugums samazinās (Атрохин, Стирбис,1975). Koka zaļais vainags ir koksnes pieauguma noteicošais faktors. Lielāki vainagi nodrošina lielāku pieaugumu un palielina audzes vērtību (Ebert, 1994; Eberts, 1996). Vainagi pēc apjoma alkšņu hibrīdiem ir lielāki nekā pioniersugām, kas sekmē daudz lielāku koka pieaugumu. Pirmie zari un vainags alkšņu hibrīdiem atrodas augstāk nekā baltalksnim, bet zemāk nekā melnalksnim. Zaru skaits uz viena vainaga garuma metra ir vienāds, bet hibrīdam zari resnāki (Pīrāgs, 1962).

Dabiskā atjaunošana prasa 2 – 3 reizes mazāk līdzekļu, tomēr, skatoties visa meža audzēšanas cikla ilgumā, bieži vien tā var izrādīties mazāk efektīva (Saliņš, 2002). Agrīnās sastāva kopšanas cirtes ir veicamas līdz 10 gadu vecumam. Turpretim 18 – 20 gadu vecumā kopšana praktiski nedod nekādu mežsaimniecisko efektu. Lapu koku skaits dabiski atjaunojušās platībās dažkārt sasniedz pat 120 tūkst. gabalus uz ha, tas liecina par lielas enerģijas daļas izlietošanu nelietderīgā konkurences cīņā (Jansons, 1998; Jansons, Zālītis, 1998).

1.3. Baltalkšņa audžu augšanas gaita

Mežsaimniecība būtiski atšķiras no pārējām tautsaimniecības nozarēm ar ļoti ilgo aprites laiku, tāpēc nav sagaidāma tajā ieguldīto līdzekļu drīza atdeve. Analizējot vietējo koku sugu augšanu, var secināt, ka baltalksnis ir tā suga, kura īsā laika posmā spēj dot lielu koksnes masu no platības vienības, lai gan līdz šim baltalksnis tika uzskatīts par mazāk vērtīgu nekā bērzs vai skuju koki. Pēc P. Mūrnieka (1950) pētījumiem, vidēji auglīgos augšanas apstākļos baltalkšņu audžu krāja 20 gadu vecumā var sasniegt līdz 200 m^3 ha^{-1}, t.i., vidējais pieaugums ir līdz 10 m^3 ha^{-1}. Šādā vecumā līdzīgu krāju nesasniedz neviena no pārējām mūsu vietējām koku sugām, izņemot egli vislabākajos augšanas apstākļu tipos (Dolacis, Hrols, 2001).

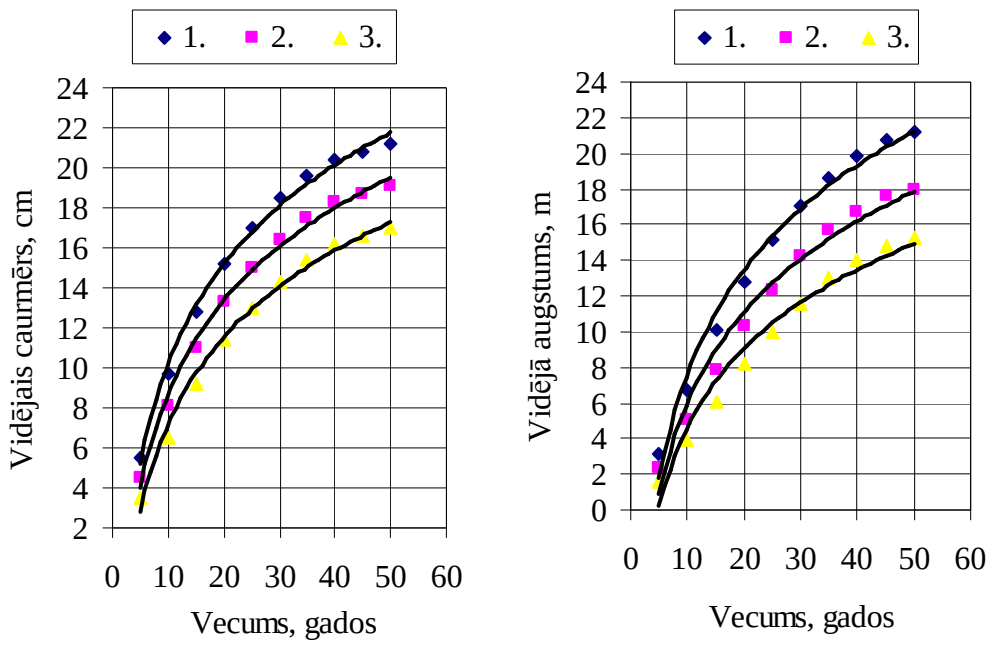
Jaunībā visu atvašu īpatņu biomasas producēšanas spēja pamazām pieņemas spēkā, sasniedz maksimumu un pēc tam samazinās. Atvasāju galvenā īpatnība ir koksnes masas paātrināta ražošana.

Audzes produktivitāte ir atkarīga no koka vidējā augstuma, vecuma, biezības un meža augšanas apstākļu tipa, bet vienvecuma un vienas un tās pašas bonitātes audzēs – no koku skaita uz platības vienības (Атрохин, 1980; Антанайтис и др.,1986).

Baltalksnis pieskaitāms pie ātri augošām sugām, jo agri sasniedz augšanas kulmināciju. Audzes bonitāte norāda uz augsnes potenciālo auglību noteiktos augtenes apstākļos. Audzes ražību raksturo koksnes krāja, ko attiecīgā audze spēj dot uz platības vienību noteiktā laikā. Literatūrā biežāk minētais baltalkšņa audžu ciršanas vecums ir, sākot no 15 gadiem (Ozols, 1923; Brants, 1929; Mūrnieks, 1950; Katkevičs, 1986). Kritisko vecumu, t.i., laiku, kad augšanas ātrums kulminē, baltalksnis sasniedz 30 gadu vecumā (Kundziņš, 1937; Ткаченко, 1955). Pēc tam to pāraug citas koku sugas, kas veicina strauju baltalkšņa atmiršanu.

Sevišķi auglīgās augsnēs baltalksnis 15 gadu vecumā sasniedz 15 cm caurmēru (1.11. att.). Pilnas biezības pirmās bonitātes audzēs 30 gadu vecumā sasniedz vidējo augstumu 17 m, bet pirmajos 10 gados pat 10 m augstumu (1.11. att.), kas liecina par straujo augšanu jaunaudzes periodā (Mūrnieks, 1950).

Pēc P. Mūrnieka (1963) pētījumiem pie pilnas biezības audzēs (1.10. att.), vidējais caurmērs 15 gadu vecumā pirmās bonitātes audzēm ir 12.8 cm, otrās – 11.0 cm un trešās 9.2 cm, divdesmit gadu vecumā atbilstoši 15.2 cm, 13.3 cm, 11.4 cm, bet augšanas kulminācijas vecumā (30 gadi) tas ir 18.5 cm, 16.4 un 14.3 cm. No 15 līdz 30 gadu vecumam baltalkšņa caurmērs pieaug par 1. bonitātes audzēs 5.8 cm, otrās – 5.4 cm un trešās 5.1 cm.



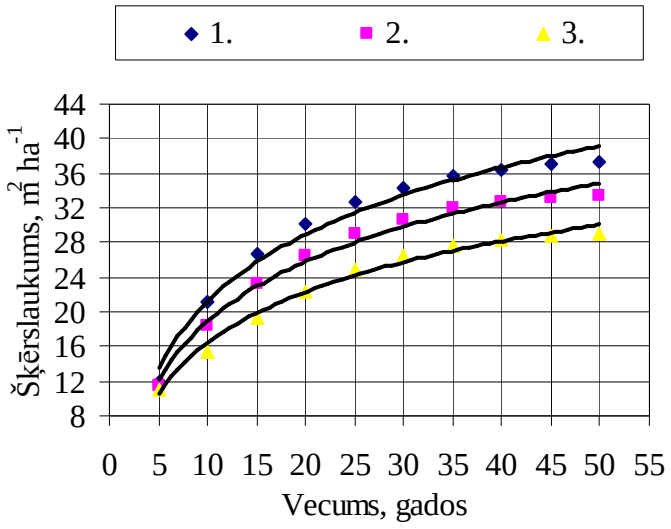
a **b**

1.11. att. Baltalkšņa audžu taksācijas rādītāji atkarībā no bonitātes un vecuma: a - vidējais caurmērs un b – vidējais augstums (pēc P. Mūrnieka, 1963)

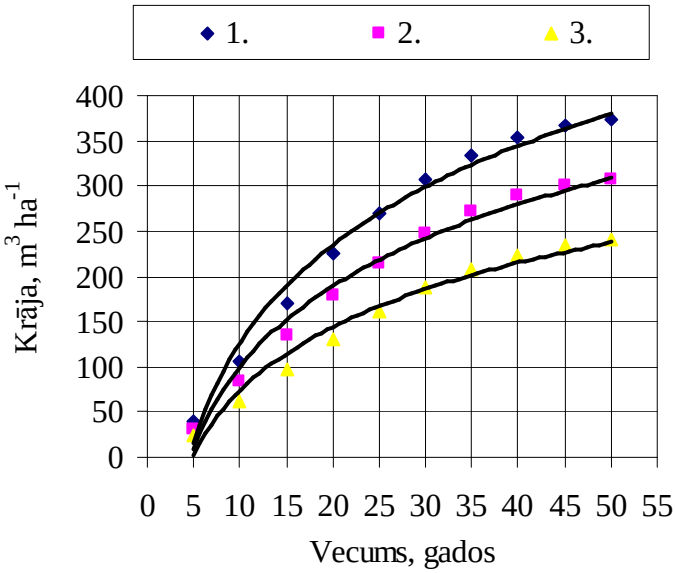
Ja par baltalkšņa minimālo ciršanas vecumu pieņem 15 gadus, tad atbilstoši P. Mūrnieka (1950) pētījumiem, 1. bonitātes pilnas biezības audzēs šķērslaukums ir 26.6 m^2 ha^{-1} un krāja 171 m^3 ha^{-1}, otrajā bonitātē – 23.3 m^2 ha^{-1} un 134 m^3 ha^{-1}, bet trešajā 19.4 m^2 ha^{-1} – 97 m^3 ha^{-1} (1.12. att.).

Analizējot P. Mūrnieka (1950) darbu, secināms, ka lielais koku skaits pilnas biezības audzēs nodrošina īpaši lielu audzes šķērslaukumu, kas 20 gadu vecumā ir 30 m^2 ha^{-1}. Tas ir daudz lielāks nekā priedei un eglei tajā pašā vecumā pēc AGT (P. Mūrnieks, 1963). Galvenās audzes krājas vidējais pieaugums kulminē 16 – 18 gadu vecumā un pēc tam pakāpeniski samazinās. Pirmās bonitātes audzēm ir visaugstākais vidējais krājas pieaugums – 11.5 m^3, otrās – 9.0 m^3, bet trešās – 6.5 m^3 ha^{-1} gadā. Baltalkšņa audzes kā koksnes ražotājas pārspēj citas koku sugas. Izdevīgākais baltalkšņa audžu ciršanas vecums ir 17 – 20 gadi. Cērtamā vecuma audžu biezība ir 7 – 8, un krāja apmēram 135 m^3 ha^{-1}. J. Ozols un E. Hibners (1923) norāda, ka Lielupes augštecē baltalkšņa audžu cērtamais vecums ir 15 gadi, bet V. Eiche (1936) raksta, ka cērtamais vecums ir 15 – 20 gados. Ievērojot baltalkšņa pieticību un izturību, ātro augšanu un izteikto atvašu dzīšanu, atkārtojot ciršanu ik pa 15 – 25 gadiem, normāls atvasājs dod no hektāra apmēram 200 – 250 kraujmetru malkas un žagaru (Brants, 1929). Tas atbilst 140 – 175 m^3 lielai koksnes krājai.

Baltalksnis ir ļoti ātraudzīga koku suga. Galvenās audzes krājas vidējais pieaugums kulminē 17 gadu vecumā. Šajā vecumā 1. bonitātes audzes krāja ir 196 m^3 ha^{-1}, ar gada vidējo pieaugumu 11.5 m^3 ha^{-1}. Kopējā galvenās un starpaudzes krāja sasniedz 230 m^3 ha^{-1}. Baltalkšņa audzes kā koksnes ražotājas, līdz 50 gadu vecumam pārspēj visas pārējās koku sugas. Baltalkšņa audžu ciršanas vecums 17 – 20 gadi (Mūrnieks, 1950).



a



b

1.12. att. Baltalkšņa audžu: a – šķērslaukuma un b – krāja atkarībā no bonitātes un vecuma (pēc P. Mūrnieka, 1963)

Latvijas likumdošanā kritiskais un minimālais šķērslaukums noteikts melnalksnim. Baltalksnim doto šķērslaukumu vērtības nav norādītas[3], kā arī baltalkšņa audzēm ciršanas vecums nav noteikts[4].

---

[3] *Noteikumi par koku ciršanu meža zemēs* [tiešsaiste]: LR MK noteikumi Nr.892, 2. pielikums, spēkā no 2006. g. 11.aprīļa. Izdoti saskaņā ar Meža likuma 13. pantu [skatīts 25. maijā 2008.g.]. Pieejams http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/Koku_cirshana_mezha_zemes.pdf

[4] Meža likums [tiešsaiste] : LR likums. Spēkā esošs no 2000.03.17. [skatīts 25. maijā 2008.g.]. Pieejams http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/Meza_likums2.pdf Meža likuma 9.pants

Baltalksnis izņēmuma gadījumos sasniedz līdz 27 m augstumu un 50 gadu vecumu. Parasti tā mūžs ir īsāks, un vidējais augstums audzēs nepārsniedz 20 m. Tā ir ļoti ātri augoša suga un 15 – 20 gados izveido cērtamas audzes, dodot vērtīgu kurināmo (Malta, Galenieks, 1936). Baltalksnis labvēlīgos augšanas apstākļos sasniedz 20 m augstumu un 50 cm diametru. Tomēr lielākoties tas izaug 15 m augstumā un 30 cm resnumā. Baltalkšņa audžu vidējais pieaugums līdz 30 gadus vecās audzēs ir 5 – 10 m^3 ha^{-1} gadā. No 20 gadu vecas audzes labos augšanas apstākļos var iegūt 200 m^3 koksnes (Ozols, Hibners, 1927; Mūrnieks, 1950). Pētījums liecina, ka enerģētiskās koksnes iegūšanai nekoptās baltalksņa audzes ir cērtamas no 15 – 17 gadu vecuma, jo vecākās audzēs gada vidējais pieaugums samazinās. Līdz ar to samazinātos baltalkšņa audžu aprites cikla garums.

1.4. Baltalkšņa audžu ražība un tās salīdzinājums ar citām koku sugām

Mežsaimniecības galvenais uzdevums ir koksnes izaudzēšana tautsaimniecībai, lai gan bieži vien priekšplānā izvirza citus uzdevumus, izmantojot mežus ūdens glabāšanai un augsnes aizsardzībai, rekreācijas apstākļu uzlabošanai, vērtīgu dzīvnieku un augu saglabāšanai un audzēšanai utt. (Рокъянис, 1957).

Baltalkšņa stādījumi trešajā veģetācijas periodā dod vidēji 300 – 500 kg gaissausas lapu masas, bet sakņu sistēma sastāda 400 – 800 kg gaissausas masas uz hektāra (Рокъянис, 1957).

Baltalkšņa produktivitāte Igaunijā pētīta bijušajās lauksaimniecības zemēs sugas īsā cirtmeta dēļ. Virszemes biomasas apjomi izvērtēti piecus gadus pēc audzes iestādīšanas. Absolūti sausas koksnes daudzums atšķirīgās biomasas frakcijās dažādos gados variēja visai plašā intervālā. Piecu gadu periodā sausā materiāla saturs stumbra koksnē konstatēts no 51 līdz 61 %, lapās – no 39 līdz 50 % un zaru pieaugumā – no 41 līdz 47 %. Pirmajā rudenī pēc iestādīšanas virszemes biomasas sausna ir 0.37 t ha^{-1}. Piecgadīgā baltalkšņa biomasas sausna ir 15.9 t ha^{-1}. Ceturtajā gadā pēc stādīšanas zemzemes biomasas sausnas sastāda 2.7 t ha^{-1}, veidojot 18 % no kopējās biomasas. Gumiņu biomasas sausna ir 169 ± 76 kg ha^{-1} un sīksaknīšu (d < 2 mm) – 550 ± 105 kg ha^{-1}. Visi gumiņi atrodas augšējā 20 cm biezajā augsnes slānī, tai skaitā 73.8 % uz sīksaknītēm (Uri et al., 2002).

Virszemes biomasas sausnas lielākie apjomi ir baltalkšņa gāršā, kurā sešgadīga audze dod 50.9 t ha^{-1}. Biomasas pieaugums samazinās vecākajās mežaudzēs, piemēram, 14 gadus vecajā audzē ir 9.5 t ha^{-1} gadā, bet 40 gadus vecā – 5.5 t ha^{-1} gadā (Löhmus et al., 1996; Tullus et al., 1996; Tullus et al., 1998). Maza izmēra stumbriem ir mazāk zaru nekā liela izmēra stumbriem. Sevišķi daudz dzīvu zaru ir liela augstuma kokiem (Kärki, 1999).

Zviedrijā desmit melnalkšņa *Alnus glutinosa* (L.) un piecpadsmit baltalkšņa *Alnus incana* (L.) audzēs veikti pētījumi bijušajās lauksaimniecības zemēs. To vecums ir no 4 līdz 36 gadiem. Vidējā kopējā masa absolūti sausā stāvoklī uz celma melnalkšņa audzēm ir 39 t ha^{-1}, biomasas sausnas apjoms variē robežās no 5 līdz 140 t ha^{-1}. Baltalkšņa audzēs kopējā sausnas masa uz celma ir 61 t ha^{-1}, variēšanas intervāls no 3 līdz 140 t ha^{-1}. Vidējais biomasas sausnas pieaugums melnalkšņa audzēs ir 3.11 t ha^{-1} gadā (0.50 – 7.71), turpretī baltalkšņa audzēs - 4.38 t ha^{-1} gadā (0.66 – 9.32) (Johansson, 2000).

Stumbra tilpuma noteikšanas regresijas vienādojumi ir sastādīti baltalksnim un melnalksnim. Pētīto baltalkšņa audžu vdējais vecums 41 gads un melnalkšņa – 48 gadi. Stumbra tilpuma noteikšanai baltalksnim izmanti divi parametri – caurmērs un koka

augstums, bet melnalksnim bez tiem izmanto vēl vainaga sākuma augstumu. Vidējā krāja baltalkšņa un melnalkšņa audzēs – 428 un 374 m^3 ha^{-1}. Vidējais koksnes ikgadējais pieaugums baltalkšņa un melnalkšņa audzēs 12.0 un attiecīgi 8.4 m^3 ha^{-1}. Reducētais blīvums (bez mizas) baltalkšņa audzēs 359 un melnalkšņa – 427 kg m^{-3}. Reducētais blīvums (bez mizas) ir zemākajiem vainaga zariem baltalksnim 415 un vainaga vidusdaļai – 421 kg m^{-3} un attiecīgi melnalksnim – gan vainaga zemākajiem un sānu zariem vienāds – 423 kg m^{-3} (Johansson, 2005).

Lai noteiktu biomasas pieaugumu auglīgās lauksaimniecības zemēs, Zviedrijas dienvidos veikti pētījumi lapu koku pioniersugu audzēs (Telenius,1999). Eksperiments aptver divus hibrīdpapeļu klonus *Populus trichocarpa x P. deltoides,* apšu hibrīdu *Populus tremula x P.tremuloide),* Zviedrijas izcelsmes kārpaino bērzu *Betula pendula,* baltalksni *Alnus incana, A. incana* un *Salix fragilis* mistrojumu, *A. incana, B .pendula* un *Salix schwerinii* mistrojumu. Sešos gados abi papeļu kloni ir saražojuši 45 t ha^{-1} sausās masas (stumbri un zari), ko neietekmē ne stādījuma retināšana, ne mēslošana. Tajā pašā laikā biomasas sausnas daudzums sešos gados, ko saražojuši apšu hibrīdi, baltalksnis un divas minēto sugu mistraudzes ir no 24 līdz 27 t ha^{-1}, bērzs saražoja mazāk – 14 t ha^{-1}. Pētījuma laikā ir novērots, ka nevienā no audzēm nesākās pašizretināšanās process. Pēc veiktā eksperimenta tika secināts, ka dažus gadus pēc stādīšanas auglīgā aramzemē vairākas koku sugas sasniedz to pašu biomasas produkciju, ko lauksaimniecības kultūras.

Ekosistēmas apgūšanā baltalkšņa un bērza audzes ir līdzvērtīgas pēc biomasas un ikgadējā koksnes pieauguma. Bērza *Betula pendula* L. un baltalkšņa virszemes biomasas pētījumos (Уткин и др., 2005) ir ieguvis šādas galvenās atziņas. Ja izslēdz atsevišķus atmirušus kokaugus, tad bērza audzēs 15 gadu vecumā, bet baltalkšņa audzēs jau 10 gadu vecumā to virszemes biomasa sasniedz 40 t ha^{-1}. Abām koku sugām līdz 30 – 35 gadiem koka vainaga zaru un lapu biomasa ir neliela attiecībā pret visa koka virszemes biomasu. Tikai, pārsniedzot šo vecumu, atkarībā no koka vainaga formas, parādās atšķirības kopējā koka virszemes biomasā.

Ikgadējais virszemes koku stumbru biomasas pieaugums abu koku sugu mežaudzēm atšķiras maz. Par 10 gadiem vecākās audzēs tas sastāda 4.5 – 7.6 t ha^{-1} gadā. Zaru biomasa nedaudz mazāka ir baltalkšņa mežaudzēs, kurās straujāk notiek koku dabiskā atzarošanās. Pārsniedzot 10 gadu vecumu, ikgadējais biomasas pieaugums bērza audzēs variē no 0.25 līdz 0.70 t ha^{-1} gadā, bet baltalkšņa audzēs no 0.45 līdz 1.7 t ha^{-1} gadā.

Lielākas atšķirības pastāv starp bērza un baltalkšņa audžu ikgadējo lapu biomasu. Abu koku sugu mežaudzes līdz 10 gadu vecumam producē aptuveni vienādu lapu biomasas daudzumu no 2.4 – 2.5 t ha^{-1} gadā. Pieaugot mežaudžu vecumam, ikgadējā bērza lapu biomasa palielinās. Bērza audzēs tā sasniedz 3.38 t ha^{-1} gadā, baltalkšņa audzēs – 2.98 t ha^{-1} gadā. Ekosistēmas apgūšanā bērza un baltalkšņa audzes var uzskatīt tuvas pēc biomasas un koksnes ikgadējā pieauguma. Biomasas apjomi Somijā veiktajos pētījumos 36 un 37 gadus vecās baltalkšņa mežaudzēs ir par 25 – 30 % zemāki nekā krievu zinātnieku pētījumos (Уткин и др., 2005).

Pētījumi par baltalkšņa un bērza audžu virszemes biomasu atrodami Somijas zinātnieku publikācijās. Tie veikti mežaudzēs, kas aug bijušajās pļavās, karjeros, nosusinātās augsnēs (Bjorklund, Ferm, 1982; Saarsalmi et al.,1985; Saarsalmi, Mälkönen, 1989). Baltalkšņa četrus gadus vecā tīraudzē, kuras vidējais augstums ir 3.7 m, absolūti sausas koksnes biomasa sastāda 18.01 tūkst. kg ha^{-1}, tai skaitā 12.44 tūkst. kg stumbru, 3.72 tūkst. kg zaru un 1.85 tūkst. kg lapu biomasa (Saarsalmi, Palmgreen et al.,1985). Baltalkšņa astoņus gadus vecā tīraudzē (Bjorklund, Ferm, 1982), kurā ir 39.3 tūkst. koku ha^{-1}, vidējais augstums 5.7 m un vidējais diametrs

3.6 cm, absolūti sausas audzes biomasa sastāda 34.5 tūkst. kg ha^{-1}, tajā skaitā 28.86 tūkst. kg stumbri, 5.64 tūkst. kg zari.

Salīdzinātas arī koptas un nekoptas 35 gadus vecas baltalkšņa mežaudzes. Nekoptā audzē konstatēti 11.7 tūkstoši koku uz hektāra. Audzes ražotā kopējā absolūti sausā biomasa ir 5.3 t ha^{-1} gadā, tajā skaitā 2.36 t ha^{-1} – stumbru masa, 1.23 t ha^{-1} – zaru masa un 1.71 t ha^{-1} lapu masa. Koptajā mežaudzē, kurā koku skaits divreiz mazāks, gadā ražotā virszemes sausā biomasa ir 6.37 t ha^{-1}, tajā skaitā 2.67 t ha^{-1} veido stumbri, 0.77 t ha^{-1} zari un 2.93 t ha^{-1} gadā – lapas (Saarsalmi, Mälkönen, 1989). Var secināt, ka koptās audzes biomasas ražošanas spēja ir 1.5 reizes augstāka. Pētījumā gan nav norādīts, kad veikta audzes kopšana.

Igauņu zinātnieku pētījumos konstatēts (Uri et al., 2003), ka četrgadīgās baltalkšņa audzes kopējā virszemes sausā masa (15750 koki ha^{-1}) sasniedz līdz 12.3 t ha^{-1} un ikgadējais biomasas pieaugums ir 6.7 t ha^{-1} gadā. savukārt, alkšņa hibrīda audzēs (6700 koki ha^{-1}) ir 6.1 t ha^{-1} un 4.5 t ha^{-1} gadā. Četrgadīga baltalkšņa stumbra masa pārsniedz tā paša vecuma alkšņa hibrīda masu (0.64 kg un 0.58 kg). Plantācijas apstākļos baltalksnis pārspēja alkšņa hibrīdu augstuma pieaugumā, jo baltalkšņa audzes vidējais augstums ir 4.6 ± 0.9 m un alkšņa hibrīda – 3.5 ± 0.9 m.

Baltalksnis (Katkevičs, Lukašunas, 1986), salīdzinājumā ar pārējām vietējām koku sugām, ražo lielu koksnes daudzumu. Tā īsās audzēšanas aprites dēļ no vienas platības 100 gados iespējams iegūt 2.5 – 3 reizes vairāk koksnes.

1.5. Biomasas noteikšanas metodes

Pieaugot atjaunojamo kurināmā veidu izmantošanai enerģētikā, galvenokārt siltumenerģijas ražošanā, baltalksnis tiek uzskatīts par perspektīvu koku sugu dedzināmās koku biomasas ieguvei. Baltalkšņa audzēšana enerģijas iegūšanai iekļauta Zviedrijas un Austrijas meža enerģētikas programmās (Daugavietis, 2006).

Masas siltumspēja priedei ir 20.59 MJ kg^{-1}, eglei – 20.31 MJ kg^{-1}, baltalksnim – 20.05 MJ kg^{-1} (Dolacis, Hrols, 1999). Spriežot pēc siltumspējas, baltalkšņa koksne ir vērtīgs kurināmais, kas būtu izmantojams ne tikai atsevišķu māju krāsnīs, bet piemērotos arī apkures katlos, kuri apsilda daudzdzīvokļu mājas. Kurināmās šķeldas ražošana ir perspektīvs variants baltalkšņa mežaudžu izmantošanā.

Biomasas apjomus ietekmējošs faktors ir koksnes blīvums. Dabiski mitras iegūstamās biomasas apjoms ir lielāks, jo koksne katrā konkrētajā gadījumā satur atšķirīgu ūdens daudzumu. Savukārt, absolūti sausās biomasas apjoms ir nemainīgs lielums. Šī iemesla dēļ izšķir dabiski mitras un absolūti sausas koksnes blīvumu. Starpība starp abiem lielumiem raksturo ūdens daudzumu dabiski mitrā koksnē, kas nelietderīgi jātransportē līdz koksnes izmantošanas vietai. Gada garumā vismitrākā koksne ir ziemas mēnešos, bet sausākā – vasaras otrajā pusē. Šī mitruma starpība ir ievērojama, piemēram, bērzam tā var sasniegt 25 % un apsei 50 %. Mitrums atšķiras arī no nokaltušiem kokiem sagatavotai malkai (Līpiņš, Liepa, 2007). Koksnes blīvumu ietekmē arī koka vecums, gadskārtu platums un augšanas apstākļi. Blīvums ir atšķirīgs ne tikai dažādu sugu koku koksnei, bet arī vienas koku sugas koksnei, pat viena stumbra dažādās vietās. Tādēļ praktiskajām vajadzībām katras sugas koku koksnei pieņem vidējo blīvumu pie noteiktas mitruma pakāpes (Draudiņš, 1979).

Koksnes blīvums ir viens no galvenajiem koksnes kvalitātes rādītājiem. (Smilga, Sirtauts, 1987). Pēc koksnes blīvuma vērtē koksnes masu (Vaņins, 1950). Tas raksturo arī tehniskās koksnes īpašības, piemēram, spiedi, stiepi, skaldi paralēli šķiedrai

un statistisko lieci (Smilga, 1988). Alkšņa koksne pieder vieglai koksnei ar blīvumu no 400 – 500 kg m^{-3}. Tas nozīmē, ka viens kubikmetrs baltalkšņa koksnes satur 400 – 500 kg absolūti sausas biomasas (Vaņins, 1950). Koksnes blīvuma svārstības izskaidrojamas ar dažādu faktoru ietekmi. A. Kalniņš (1930), raksta, ka koka vainags ietekmē koksnes blīvumu pa stumbra asi. Savukārt, koka vainagu ietekmē augšanas apstākļi.

Eiropā augošo koku sugu biomasas aprēķināšanas regresijas vienādojumi ir visai atšķirīgi. Vienādojumi var būt diferencēti dažādu parametru aprēķināšanai, piemēram, stumbra masas vai koka biomasas aprēķināšanai. Tos var arī diferencēt atsevišķu koka frakciju biomasas noteikšanai, piemēram, zaru, lapotnes, sakņu apjomu aprēķināšanai. Par argumentu bieži izmanto koka caurmēru vai caurmēra un augstuma reizinājumu (Muukkonen, Mäkipää, 2006). Darbā ir norādes par 188 dažādu koku sugu un biomasas frakciju aprēķināšanas regresijas vienādojumiem. Plaši atspoguļoti daudzi biomasas aprēķināšanas vienādojumi kopā ar dažādiem neatkarīgajiem mainīgajiem lielumiem. Šeit tie visi netiks minēti tāpēc, ka izvēlētie mainīgie lielumi var atspoguļot lokāli derīgas (piemērotas) atkarības, kuras nevar vispārināt un piemērot citiem ģeogrāfiskajiem reģioniem. Lielākā daļa vienādojumu ir izstrādāti Ziemeļeiropā – Zviedrijā, Somijā un Norvēģijā, Centrāleiropā – Austrijā un Dienvideiropā – Itālijā. Atrodami arī daži regresijas vienādojumi no Polijas un Beļģijas. Lielākā daļa vienādojumu saistīti ar virszemes komponentiem, tādiem kā stumbrs, zari un lapotne, bet ir pieejami daži jauni vienādojumi sakņu biomasas aprēķināšanai. Somu zinātnieki baltalkšņa stumbra biomasas noteikšanai izmanto:

1) pakāpes vienādojumu $y = ax^b$, $R^2 = 0.916 - 0.985$, kur arguments ir koka diametra kvadrāta reizinājums ar tā augstumu (D^2H);
2) taisnes vienādojumu $y = a + bx$, $R^2 = 0.96$, kur mainīgais ir koka augstuma kvadrāts (H^2) un otrajā vienādojumā koka caurmēra kvadrāts (D^2);
3) parabolas vienādojumu $y = a + bx + x^2$, $R^2 = 0.97$, dotajā formulā kā mainīgais lielums izmantots koka caurmērs;
4) logaritmiskais vienādojumu $y = a + b \log(x_1) + c \log(x_2)$, $R^2 = 0.984$, kur izmantots x_1 – mainīgais lielums koka caurmērs un x_2 – koka augstums;
5) logaritmiskais vienādojumu $y = a + b(x_1^2) + c \ln(x_2)$, $R^2 = 0.98$, kur x_1 – koka augstuma kvadrāts un x_2 – koka caurmērs(Muukkonen, Mäkipää, 2006).

Publikācijā rezultātu ticamības līmenis nav norādīts.

Pētījumā noskaidrots, ka vislabāk no SPSS programmā piedāvātiem vienādojumiem baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas apjomu līdz 3 cm resniem kokiem apraksta otrās pakāpes parabolas vienādojums ($y = ax^2 + bx + c$, $R^2 = 0.97 – 0.99$), izmantojot kā argumentu koka caurmēru, koka caurmēra kvadrātu un koka caurmēra kvadrāta un augstuma reizinājumu). No 3 līdz 26 cm resniem kokiem vislabāk apromiksē pakāpes vienādojums ($y = ax^b$, $R^2 = 0.98 – 0.99$), izmantojot kā argumentu koka caurmēru, koka tilpumu, koka caurmēra kvadrātu, koka caurmēra un augstuma reizinājumu, koka šķērslaukuma un augstuma reizinājumu un koka caurmēra kvadrāta un augstuma reizinājumu.

Norvēģijas zinātnieku pētījumos baltalkšņa stumbra biomasas aprēķināšanai atrodams logaritmiskais parabolas vienādojums $y = a + b \ln(x) + c (\ln(x))^2$, $R^2 = 0.988$, kur mainīgais rādītājs ir koka caurmērs (Muukkonen, Mäkipää, 2006).

Baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanai plantācijās ir pielietots pakāpes regresijas vienādojums: $y = ax^b$. Noteikšanas determinācijas koeficienti pie dažādiem argumentiem ir augsti $R^2 = 0.960 – 0.997$. Baltalkšņa biomasa izžāvēta 70º C temperatūrā līdz pastāvīgai parauga masai. Koksnes mitrums publikācijā nav norādīts.

Šie pētījumi veikti Igaunijā baltalkšņa plantācijās no 1996. līdz 2000. gadam (Uri, 2001).

Dažādu kokaugu sugu biomasas noteikšanai pārsvarā tiek pielietoti regresijas vienādojumi ar vienu mainīgo $y = ax^b$; iekļaujot vairākus argumentus, dažkārt ir iespējams palielināt atkarīgo mainīgo precizitāti. Protams, pakāpes vienādojuma $y = ax^b$ izmantošana ar ērti nosakāmu argumentu agrāk atviegloja aprēķinu veikšanu. Pēdējā laikā regresijas vienādojumos iekļauj divus vai pat vairākus mainīgos (Карманова, 1976).

Baltalkšņa zaru biomasas noteikšanai izmantoti:

1) pakāpes vienādojums ($y = ax^b$), $R^2 = 0.86 – 0.92$, kur kā mainīgais lielums izmantots koka caurmēra kvadrāta un augstuma reizinājums (D^2H);
2) taisnes vienādojumi ($y = a + bx$;), $R^2 = 0.74$, kur kā mainīgais lielums izmantots koka augstuma kvadrāts (H^2);
3) logaritmiskais taisnes vienādojums ($y = a + b \ln(x)$), $R^2 = 0.892$, kur kā mainīgais neatkarīgais lielums izmantots koka caurmērs (D);
4) parabolas vienādojums ($y = a + bD + cH^2$), kur mainīgie lielumi ir koka caurmērs (D) un koka augstums (H);
5) vienādojums $y = a + bD + cD^2 + dH^2$, kur mainīgie lielumi ir koka diametrs, koka diametra kvadrāts un koka augstuma kvadrāts (Muukkonen, Mäkipää, 2006).

1.6. Nodaļas kopsavilkums

Baltalksnis ir otrā lieluma koks, kas visbiežāk nepārsniedz 25 m augstumu un mūža garumu 50 – 60 gadus. Baltalksnis pieskaitāms pie ātri augošām koku sugām, kas labi atjaunojas ar celma un sakņu atvasēm, bet neizmantotās lauksaimniecības zemēs ar sēklām. Spēcīgākās atvases veidojas ziemas periodā no novembra līdz marta mēnesim izstrādātajās cirsmās.

Baltalksnis labi aug vidēji auglīgās un mēreni mitrās augsnēs, taču sevišķi labvēlīgi augšanas apstākļi ir trūdvielām bagātās, kaļķainās, irdenās smilšmāla, mālsmilts augsnēs un upju palienēs. Vislabāk aug ar trūdvielām nodrošinātās māla un smilšmāla augsnēs vēros, gāršās, upju un strautu ielejās. Slapjās minerālaugsnēs aug ievērojami sliktāk.

Kā augsnes īpašību ielabotāju to stāda mazauglīgās smilts augsnēs, kuras tas labvēlīgi ietekmē ar lapu nobirām. Tas spēj augt ar slāpekli nabadzīgās augsnēs, pateicoties simbiozei ar aktinomicētēm, piesaistot gaisa slāpekli. Baltalkšņa nobiras samazina augsnes skābumu, rosina mikroorganismu darbību un bagātina augsnes faunu, veicinot vispārēju augsnes īpašību izmainīšanos augiem vēlamajā virzienā.

Gaismas vidēji prasīga vai gaismu mīloša suga, kas noēno augsnes virskārtu un kavē zemsedzes augu augšanu. Tam maz kaitēkļu un slimību, to nebojā pārnadži.

Baltalksnis sastopams visā Latvijas teritorijā. Lielākas audžu platības ir Cēsu, Madonas, Krāslavas, Saldus un Aizkraukles rajonā. Tas aizņem 190.6 tūkst. ha jeb 6.8 % no Latvijas mežaudžu platības ar kopējo krāju 31.3 miljonu m^3. Ar baltalksni atjaunojušos platību apjomi samazinās, 1 – 10 gadus vecās audzes aizņem tikai 4.6 % no kopējās sugas aizņemtās platības. Vislielākais baltalkšņa jaunaudžu īpatsvars ir Saldus rajonā, vismazākais Latgales reģionā.

Baltalkšņa koksnes izmantošanas iespējas ir daudzveidīgas. To izmanto taras un parketa dēlīšu, mēbeļu detaļu, sērkociņu, finiera, celulozes, plastificētas koksnes un mēbeļu ražošanā. To var izmantot celtniecībā, sevišķi tādos mezglos, kas pastāvīgi

atrodas ūdenī. Baltalkšņa koksnei ir augsta siltumspēja. Tradicionāli ātri žūstošo baltalkšņa koksni izmanto kurināšanai krāsnīs un kamīnos. Izmantojot visu virszemes biomasu, iegūst koksnes šķeldu siltuma enerģijas iegūšanai. Baltalkšņa malku izmanto zivju un gaļas kūpināšanai, lai iegūtu produkcijas specifisko aromātu un garšas īpašības.

Pēc vecās audzes nociršanas izcirtumos veidojas daudzskaitliskas baltalkšņu atvases, kuru skaits atkarībā no audzes bonitātes variē starp 15 un 55 tūkst. gab. ha^{-1}. No 5 līdz 50 gadu vecumam notiek nepārtraukts koku diferencēšanās process, kas veido koku atmirumu. Saglabājušos koku īpatsvars 1. – 3. bonitātes audzēs nepārsniedz 3 – 7 % no sākotnējā skaita. Vislielākais koku atmirums ir vecumā no 5 līdz 10 gadiem.

Baltalksnis ir ātraudzīga koku suga. Galvenās audzes krājas vidējais pieaugums kulminē 17 gadu vecumā. Šajā vecumā 1. bonitātes audzes krāja ir 196 m^3 ha^{-1}, vidējais koksnes pieaugums 11.5 m^3 gadā. Tajā pašā vecumā galvenās audzes un starpaudzes krāja ir 230 m^3 ha^{-1}.

Literatūrā minētais baltalkšņa audžu ciršanas vecums dažādu autoru darbos ir atšķirīgs, tas variē no 15 līdz 20 gadiem, kas atkarīgs no koksnes izmantošanas veida.

Biomasas apjoms samazinās vecākajās baltalkšņa mežaudzēs. Ekosistēmas apgūšanā bērza un baltalkšņa audzes ir tuvas pēc biomasas un koksnes ikgadējā pieauguma. Pēc 10 gadu vecuma ikgadējais biomasas pieaugums bērza audzēs variē no 0.25 – 0.70 t ha^{-1} gadā, bet baltalkšņa audzēs no 0.45 – 1.7 t ha^{-1} gadā. Vidējais gada sausnas pieaugums melnalkšņu audzēs ir 3.11 t ha^{-1} gadā un baltalkšņu audzēs – 4.38 t ha^{-1} gadā. Dažādu valstu zinātnieku pētījumos ir atšķirīgi dati par baltalkšņu audžu biomasas pieaugumiem, kam par pamatu ir atšķirīgais biomasas mitrums.

Koku sugas ražotās virszemes biomasas apjoms ir atkarīgs no koksnes blīvuma. Dažādos literatūras avotos minētais dabiski mitrās baltalkšņa koksnes blīvums ir intervālā no 680 līdz 1000 kg m^3 un absolūti sausas koksnes blīvums – no 420 līdz 630 kg m^3.

Zinātniskajos pētījumos baltalkšņa biomasas noteikšanai tiek izmantoti dažādi regresijas vienādojumi, kuros par argumentu visbiežāk izmantots koka caurmērs un augstums. Daudzos pētījumos biomasas novērtēšanai izmantots pakāpes regresijas vienādojums $y = ax^b$, $R^2 = 0.916 - 0.985$. Par argumentu bieži tiek izmantot koka caurmērs (D), koka caurmēra kvadrāts (D^2), koka caurmēra kvadrāta reizinājums ar tā augstumu (D^2H). Dažkārt izmanto regresijas taisnes vienādojumu $y = a + bx$, $R^2 = 0.96$, kur arguments ir koka augstuma kvadrāts (H^2) vai koka caurmēra kvadrāts (D^2). Tiek izmantoti arī otrās kārtas parabolas vienādojumi $y = a + bx + x^2$, $R^2 = 0.97$, bet par argumentu koka caurmērs (D). Retāk tiek izmantots vienādojums $y = a + b \log(x_1) + c \log(x_2)$, $R^2 = 0.984$, kurā par x_1 izmantots caurmērs (D) un par x_2 – koka augstums (H). Tiek lietots arī sarežģītāks vienādojums $y = a + b \ln(x) + c (\ln(x))^2$, $R^2 = 0.98$, kurā arguments koka caurmērs (D) vispirms tiek logaritmēts. Koka caurmēra kvadrāta un koka augstumu reizinājuma (D^2H) izmantošana nedod labākus rezultātus biomasas noteikšanai salīdzinājumā ar koka stumbra caurmēru, jo determinācijas koeficients ir zemāks. Dažos pētījumos labākus rezultātus dod koka caurmēra kvadrāta (D^2) izmantošana.

2. MATERIĀLS UN METODIKA

2.1. Pētījumu objektu apraksts

Promocijas darbā pētījuma veikšanai izmantotas galvenokārt līdz 30 gadus vecas baltalkšņa tīraudzes, kopumā ierīkojot 55 pagaidu parauglaukumus. Materiāli pētījuma veikšanai ievākti proporcionāli baltalkšņa platību sadalījumam valstī audžu bonitātēs laika posmā no 2005. līdz 2007. gadam dažādos Latvijas rajonos.

Parauglaukumu atrašanās vietas koordinātes, vecums un bonitāte apkopotas 2.1. tabulā. Pētāmās baltalkšņa audzes tika sadalītas četrās bonitātēs. Iedalījumam bonitātēs izmantotas P. Mūrnieka sastādītās baltalkšņa augšanas gaitas tabulas (Mūrnieks, 1963). Šajās tabulās izdalītas tikai trīs baltalkšņa audžu bonitātes: 1., 2. un 3. Dabā daļa no uzmērītajām audzēm ievērojami pārsniedz 1. bonitātes audžu parametrus, to raksturošanai nepieciešams ieviest papildus vēl 1. A bonitāti. Promocijas darbā 1. A bonitāte tika izdalīta, izmantojot ekstrapolācijas metodi, saglabājot P. Mūrnieka (1963) noteiktos augstuma intervālus starp bonitātēm. Bonitātes noteikšanai nekoptajās baltakšņa audzēs izmantots audzes vidējais augstums un audzes vecums. Pētītajās baltalkšņa audzēs atsevišķi netika izdalīta valdaudze un starpaudze, jo nekopto baltalkšņa audžu izmantošanā enerģētiskās koksnes iegūšanai, svarīgāks ir biomasas kopējais apjoms. Baltalkšņa AGT (Mūrnieks, 1963) norādīta tikai galvenās audzes krāja.

2.1. tabula

Pētījumu objektu atrašanās vieta

Parauglaukumi	Atrašanās vieta	Koordinātes		Vecums gados	Bonitāte
		Z	A		
2005. – 01.	Jelgavas rajons Ozolnieku pagasts Tetele	56º240'13.50"	23º52'16.83"	5	2
2005. – 02.	Ogres rajons Birzgales pagasts Ņega	56º39'39.98"	24º46'40.07"	9	3
2005. – 03.	Bauskas rajons Vecumnieku pagasts	56º36'55.96"	24º33'25.79"	6	1
2005. – 04.	Bauskas rajons Vecumnieku pagasts Kristiņi	56º3.6'58.63"	24º3.37'85"	5	2
2005. – 05.	Bauskas rajons Vecumnieki	56º37'43.88"	24º36'27.75"	5	1
2005. – 06.	Bauskas rajons Bārbeles pag. Vīgrabi	56º25 '42.37"	24º37'6.46"	3	1
2005. – 07.	Bauskas rajons Bārbeles pagasts Vīgrabi	56º25'26.82"	24º37'27.61"	2	1 A
2005. – 08.	Bauskas rajons Bārbeles pagasts Vīgrabi	56º25'33.38"	24º37'7.89"	5	2

2.1. tabulas turpinājums

Paraug-laukumi	Atrašanās vieta	Koordinātes		Vecums gados	Bonitāte
		Z	A		
2005. – 09.	Jelgavas rajons Vilce pagasts	56º50'42.23"	24º40'26.67"	13	2
2005. – 10.	Bauskas rajons Bārbeles pagasts Vīgrabi	56º25'33.69"	24º37'39.54"	12	2
2005. – 11.	Ogres rajons Birzgales pagasts	56º37'31.22"	24º41'16"	13	1 A
2005. – 12.	Bauskas rajons Bārbeles pagasts Vīgrabi	56º39'24.98"	24º44'2.38"	12	1.
2005. – 13.	Jelgavas rajons Ozolnieku pagasts Tetele - 2	56º40'15.57"	23º52'33"	14	2
2005. – 14.	Ogres rajons Birzgales pagasts Vecumnieki	56º37'28.22"	24º40'18.37"	17	1 A
2005. – 15.	Bauskas rajons Birzgales pagasts	56º36'56.45"	24º39'13.56"	17	2
2005. – 16.	Jelgavas rajons Ozolnieku pagasts Tetele - 1	56º40'05"	23º52'31.86"	24	1
2005. – 17.	Jelgavas rajons Elejas pagasts Kroņauce	56º25'4.18"	23º35'39.98"	20	1
2005. – 18.	Bauskas rajons Vecumnieku pagasts	56º36'55.96"	24º33'25.79"	15	1A
2006. – 01.	Valmieras rajons Rencēnu pagasts Meždandari - 1	57º38'53.67"	25º7'39.64"	15	2
2006. – 02.	Valmieras rajons Rencēnu pagasts Meždandari - 2	57º39'0.86"	25º7'56.17"	16	2
2006. – 03.	Valmieras rajons Rencēnu pagasts Dandari	57º38'37.45"	25º8'26.44"	18	2
2006. – 04.	Valmieras rajons Rencēnu pagasts Upītes	57º45'6.53"	25º25'16.39"	17	2
2006. – 05.	Valmieras rajons Rencēnu pagasts Upītes	57º45'7.04"	25º23'44.90"	15	2
2006. – 06.	Aizkraukles rajons Daudzevas pag.	56º30'21.43"	25º13'42.25"	29	1 A

2.1. tabulas turpinājums

Paraug-laukumi	Atrašanās vieta	Koordinātes		Vecums gados	Boni-tāte
		Z	A		
2006. – 07.	Ogres rajons Ogresgala pag. Turkalne	56º50'42.23"	24º40'26.67"	25	1
2006. – 08.	Ogres rajons Turkalne Ogresgala pag.	56º50'35.02"	24º40'35.21"	15	1
2006. – 09.	Ogres rajons Ogresgala pag. Mežvidi-Stūrīši	56º50'25.67"	24º48'5.09"	30	1 A
2006. – 10.	Ogres rajons Rembates pag. Grāf-Līči	56º48'18.36"	24º50'59.14"	30	1 A
2006. – 11.	Ogres rajons Rembates pag. Grāf-Līči	56º48'21.07"	24º51'7.99"	20	1 A
2006. – 12.	Ogres rajons Ogresgala pagasts Jaunliepas	56º50'25.57"	24º45'24.65"	28	3
2006. – 13.	Aizkraukles rajons z/s Kalna Baloži	56º37'3.51"	25º17'28.47"	25	2
2006. – 14.	Aizkraukles rajons z/s Kalna Baloži	56º36'18.13"	25º17'13.05"	30	1
2006. – 15.	Aizkraukles rajons Vecie Lielpēteri	56º36'16.47"	25º18'6.03"	26	1 A
2006. – 16.	Aizkraukles rajons z/s Kalna Baloži	56º36'24.95"	25º17'11.77"	16	2
2006. – 17.	Aizkraukles raj. Vecie Lielpēteri	56º36'14.83"	25º18'4.31"	26	1
2006. – 18.	Aizkraukles rajons Vecie Lielpēteri	56º36'25.88"	25º17'55.36"	15	1
2006. – 19.	Aizkraukles rajons Jaunbaloži	56º35'54.69"	25º18'29.66"	15	2
2006. – 20.	Aizkraukles rajons Jaunbaloži	56º36'69.09"	25º17'11"	20	2
2006. – 21.	Aizkraukles rajons Vecie Lielpēteri	56º37'3.55"	25º17'40.91"	24	1 A
2006. – 22.	Jēkabpils rajons Saukas pagasts Dombrāji	56º18'40"	25º27'46.1"	22	2
2006. – 23.	Jēkabpils rajons Saukas pagasts Dombrāji	56º18'46.3"	25º27'49.2"	30	1 A

2.1. tabulas nobeigums

Paraug-laukumi	Atrašanās vieta	Koordinātes		Vecums gados	Boni-tāte
		Z	A		
2006. – 24.	Jēkabpils rajons Saukas pagasts Dombrāji	56º18'40.1"	25º27'34.2"	19	2
2006. – 25.	Jēkabpils rajons Saukas pagasts Dombrāji	56º18'47"	25º28'15.2"	15	2
2006. – 26.	Jēkabpils rajons Saukas pag. Dombrāji	56º18'46.7"	25º28'2"	26	2
2006. – 27.	Jēkabpils rajons Saukas pagasts Dombrāji	56º18'59.5"	25º28'6.9"	18	2
2006. – 28.	Jēkabpils rajons Saukas pagasts Dombrāji	56º18'50.4"	25º27'51.8"	16	2
2006. – 29.	Jēkabpils rajons Viesītes VM Bincāni	56º20'24.1"	25º28'25.2"	21	1
2006. – 30.	Jēkabpils rajons Viesītes VM Lemeši	56º20'33.5"	25º27'9.7"	25	1
2007. – 01.	Bauskas rajons Stelpes pagasts Prātiņi	56º32'13.10"	24º32'35.64"	2	1 A
2007. – 02.	Ogres rajons Madlienas VM	56º48'3.44"	25º7'14.15"	2	1 A
2007. – 03.	Jelgavas raj. Ozolnieku pagasts Tetele	56º25'35.21"	24º36'58.53"	10	3
2007. – 04.	Jelgavas rajons Elejas pagasts Vilce	56º23'42.74"	23º32'18.66"	29	2
2007. – 05.	Talsu rajons Šķēdes VM	57º15'14.67"	22º45'19.90"	30	2
2007. – 06.	Talsu rajons Šķēdes VM	57º15'39.31"	22º45'14.03"	40	1
2007. – 07.	Krāslavas rajons Ūdrīšu pagasts Glaudāni	56º40'14"	23º52'518.36"	21	3

Pētījumā analizētas trīspadsmit 1. A bonitātes, piecpadsmit 1. bonitātes, divdesmit trīs - 2. bonitātes un četras 3. bonitātes audzes.

2.2. Empīriskā materiāla ievākšanas metodika

2.2.1. Parauglaukumu ierīkošanas metodika

Empīriskais materiāls 2 – 10 gadus vecās audzēs tika iegūts, katrā no tām ierīkojot 15 apļveida vai taisnstūrveida parauglaukumus ar platību 25 m^2, izvietojot tos pa nogabala diagonāli vai audzē nospraustiem transektiem. Katrā parauglaikumā mērīti visu koku caurmēri.

Audzes augstumlīknes aprēķināšanai visā caurmēru intervālā tika uzmērīti 15 – 20 koku augstumi, 2006. gadā ierīkoti 30 parauglaukumi, katrā no tiem noteikti koku augstumi 180 kokiem.

Baltalkšņa audzes no 11 līdz 30 gadu vecumam pētītas, izmantojot sešu koku uzskaites parauglaukumu metodi (Kramer un Akča, 1982).

Katrā audzē ierīkoti 30 sešu koku uzskaites parauglaukumi, katrā no tiem caurmēra mērījumi veikti 180 kokiem (2.1. att.). Uzskaites parauglaukumi tika izvietoti uz transektiem vienādos attālumos pēc sistemātiskā principa (2.2. att.), lai aptvertu visu audzes platību.

2.1. att. Koku dastošana 2006. – 08. PL ar parastās skalas dastmēru
(M. Miezīša foto)

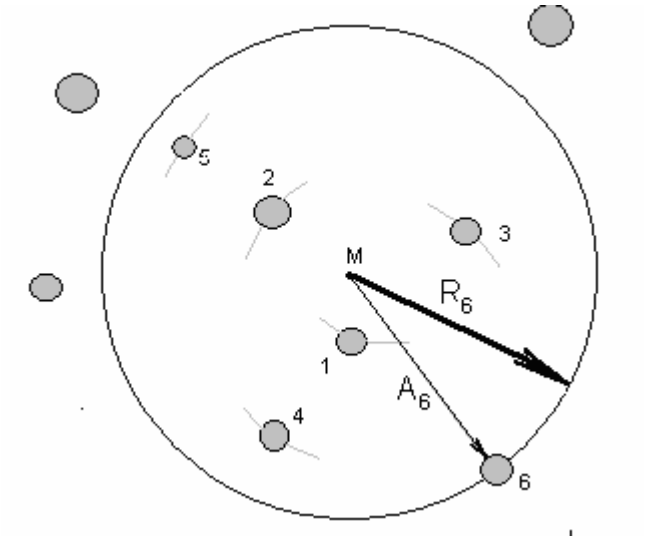
Sešu koku uzskaites parauglaukumu metode balstīta uz attāluma mērījumu no parauglaukuma centra līdz sestajam tuvākajam kokam. Metodi 1968. gadā ieteica Prodans (Kramer un Akča, 1982) kā jauna veida un racionālu punkta uzskaites parauglaukuma metodi koksnes krājas inventarizācijā. Ar šo paņēmienu tiek viegli noteikts audzes šķērslaukums un citi audzes parametri. Vācijas un Austrijas mežsaimniecībā tā tiek plaši izmantota. Sešu koku uzskaites parauglaukumu metode pieskaitāma apļveida uzskaites parauglaukumu metodēm ar mainīgu apļa rādiusu.

2.2. att. Transekta nospraušana 2006. – 07. PL (M. Miezīša foto)

Metodes būtība ir tā, ka uzskaites parauglaukumā ietilpst tikai puse no sestā tuvākā koka. Tas tiek ņemts vērā, nosakot škērslaukumu, krāju un koku skaitu parauglaukumā (2.3. līdz 2.6. formulas).

2.3. att. Trešā apļveida uzskates PL centrs 2006. – 07. PL (autores foto)

No uzskaites parauglaukuma viduspunkta (M) eksperimentāli tika noteikts sestais tuvākais koks un noteikts attālums (A_6) līdz šī koka perifērijai (2.4. att.). Tam pieskaitot pusi no sestā koka caurmēra, tika aprēķināts uzskaites parauglaukuma rādiuss (2.1. formula).



2.4. att. Sešu koku uzskaites PL shēma (Kramer un Akča, 1982)

Sešu koku uzskaites parauglaukumā tika izmērīti visu sešu koku caurmēri. Caurmēra mērīšanai izmantots parastās centimetru skalas dastmērs (ar nolasīšanas precizitāti 0.1 cm). Koku augstuma noteikšanai lietots Vertex augstummērs, koka augstuma noteikšanas precizitāte 0.1 m.

2.2.2 Baltalkšņa biomasas empīriskā materiāla ievākšana

Baltalkšņa virszemes biomasas apjomu izvērtēšanai tika nozāģēts 188 paraugkoki bezlapotā stāvoklī aprīļa un oktobra mēnešos (2.5. att.).

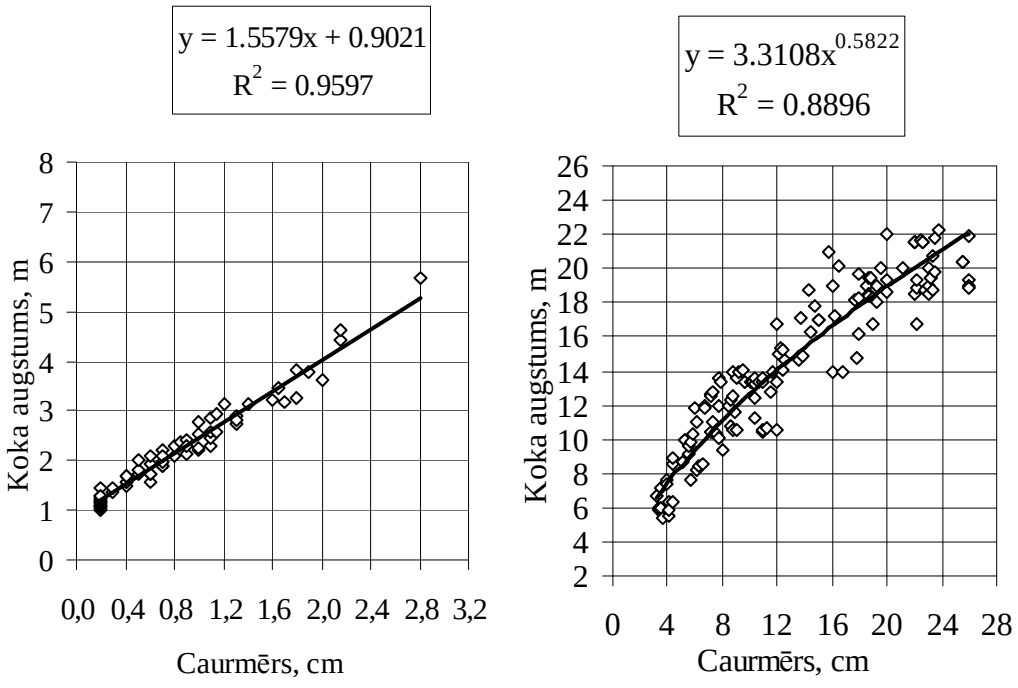
a **b**

2.5. att. Baltalkšņa biomasas empīriskā materiāla iegūšana 2006. – 10. PL: a – koku zāģēšana; b – stumbra un zaru biomasas svēršana
(M. Miezīša foto)

Paraugkoku stumbru garumi variēja no 1.55 m līdz 22.2 m, bet caurmērs 1.3 m augstumā no 0.2 līdz 26 cm. Uzmērītie paraugkoki biomasas noteikšanai sadalīti divās grupās:

- ar caurmēru līdz 3 cm (2.6.a att.);
- ar caurmēru no 3.1 līdz 26 cm (2.6. b att.).

Līdz 3 cm resno koku caurmēra (x) un augstuma (y) parametru empīrisko izkliedi visciešāk raksturo regresijas taisnes vienādojums $y = 1.5579x + 0.9021$, $R^2 = 0.96$, toties no 3.1 līdz 26.0 cm resno koku caurmēra un augstuma parametru - pakāpes regresijas vienādojums $y = 3.3108x^{0.5822}$, $R^2 = 0.892$.



a **b**

2.6. att. Uzmērīto paraugkoku caurmēra un augstuma sakarība:
a - līdz 3 cm; b – no 3.1 līdz 26.0 cm

Nocirstie koki atzaroti un sazāģēti nogriežņos biomasas noteikšanai. Svērumi mežā izdarīti ar KERN firmas svariem, svēršanas precizitāte līdz 0.02 kg. Atsevišķi tika noteikta stumbra un zaru masa dabiski mitrā stāvoklī. Absolūti sausas biomasas īpatsvara noteikšanai koksnes paraugi ar atbilstošu mizas sektoru un zaru paraugi 105°C temperatūrā tika izžāvēti līdz pastāvīgai masai. Attiecinot absolūti sauso biomasu pret dabiski mitro biomasu, noteikts absolūti sausās biomasas īpatsvars. Pēdējo reizinot ar dabiski svaigo biomasu, iegūta absolūti sausā biomasa stumbriem un zariem.

Koksnes blīvuma noteikšanai no baltalkšņa stumbriem 1.3 m augstumā, kā arī ¼, ½, un ¾ no stumbra garuma tika izzāģētas 2 – 3 cm biezas ripas absolūti sausas koksnes masas noteikšanai un koksnes blīvuma aprēķināšanai dabiski mitrā un absolūti sausā stāvoklī. Koksnes mitruma noteikšanai koksnes paraugi nosvērti pirms un pēc to izžāvēšanas. Paraugkoku koksnes paraugi absolūti sausas koksnes masas noteikšanai žāvēti 105°C temperatūrā līdz pastāvīgai masai. Koksnes blīvums katrai ripai dabiski mitrā un absolūti sausā stāvoklī tika noteikts 2 atkārtojumos. Koksnes blīvums kopumā noteikts 122 kokiem.

2.3. Empīriskā materiāla apstrādes metodes

2.3.1. Baltalkšņa audžu dendrometrisko rādītāju noteikšana

Dendrometrisko rādītāju aprēķināšanai izmantoti uzmērīto audžu sešu koku uzskaites parauglaukumu metodes dati: katra uzskaites parauglaukuma rādiuss un platība, koka un audzes šķērslaukums, koku skaits un krāja.

Katram apļveida uzskaites parauglaukumam, baltalkšņa audžu ražības un struktūras raksturošanai, izmantojot formulas (2.1 – 2.6), aprēķināti sekojoši rādītāji:

$$R_6 = A_6 + \frac{1}{2} \cdot D_6, \tag{2.1}$$

kur R_6 – uzskaites parauglaukuma rādiuss, m;
A_6 – attālums no uzskaites parauglaukuma viduspunkta (M) līdz sestā koka iekšējai perifērijai, m;
D_6 – uzskaites parauglaukuma sestā koka diametrs, cm.

$$L_i = 0.785 \cdot (2 \cdot R_6)^2, \tag{2.2}$$

kur Li – uzskaites parauglaukuma platība, m^2;
R_6 – uzskaites parauglaukuma rādiuss, m;

$$g_i = 0.7854 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{5} D_i^{\,2}}{10000} + 0.785 \cdot \frac{D_6^2}{10000 \cdot 2}, \tag{2.3}$$

kur g_i - koka šķērslaukums i-tajā uzskaites parauglaukumā, m^2;
D_i - koka caurmērs, cm,
D_6 – sestā koka caurmērs, cm;

$$G_i = \frac{g_i}{L_i} \cdot 10000, \tag{2.4}$$

kur G_i - audzes šķērslaukums pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m^2 ha^{-1};
g_i – koku šķērslaukums uzskaites parauglaukumā, m^2;
L_i – uzskaites parauglaukuma platība, m^2;

$$N_i = \frac{5.5 \cdot 10000}{L_i}, \tag{2.5}$$

kur N_i - koku skaits uz hektāra pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, gab. ha^{-1};
L_i – i-tā parauglaukuma platība, m^2;

$$M_i = \sum_{i=1}^{5} V_i + 0.5 \cdot V_6 \ , \qquad (2.6)$$

kur *Mi* - koksnes krāja pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m^3 ha^{-1};
V_i – i-tā koka stumbra tilpums, m^3;
V_6 – 6-tā koka stumbra tilpums, m^3.

Izmantojot sešu koku uzskaites parauglaukumos iegūtos datus par parauglaukuma rādiusu un platību, audzes šķērslaukumu un koku skaitu uz hektāra, ar biometrijas metodēm (Paura, Arhipova, 2002; Arhipova, Bāliņa, 2003) aprēķināti raksturojošie statistiskie rādītāji.

Baltalkšņa audžu ražības un struktūras raksturošanai, apļveida uzskaites parauglaukuma dendrometriskie dati izmantoti baltalkšņa audžu dendrometrisko rādītāju audzes šķērslaukuma, krājas, audzes vidējā koka šķērslaukuma un audzes vidējā koka caurmēra (D_g), vidējā koka augstuma (H_g) un tilpuma aprēķināšanai:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{i} G_i}{\sum_{i=1}^{i} L_i} \cdot 10000, \qquad (2.7)$$

kur G – audzes šķērslaukums, m^2 ha^{-1};
G_i – audzes šķērslaukums pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m^2 ha^{-1};
L_i – i-tā uzskaites parauglaukuma platība, m^2;

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{i} M_i}{\sum_{i=1}^{i} L_i} \cdot 10000, \qquad (2.8)$$

kur M - audzes krāja, m^3 ha^{-1};
M_i - koksnes krāja pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m^3 ha^{-1};
L_i - i-tā uzskaites parauglaukuma platība, m^2.

$$N = \frac{5.5 \cdot 10000}{\sum_{i=1}^{i} L_i}, \qquad (2.9)$$

kur N - koku skaits, gab. ha^{-1};
Li - i-tā uzskaites parauglaukuma platība, m^2;
5.5 – koku skaits 6 koku uzskaites parauglaukumā (Kramer un Akča, 1982).

$$g_{vid} = \frac{G}{N}, \tag{2.10}$$

kur g_{vid} – audzes vidējā koka šķērslaukums, m^2;
G – audzes šķērslaukums, m^2 ha^{-1};
N – koku skaits, gab. ha^{-1}.

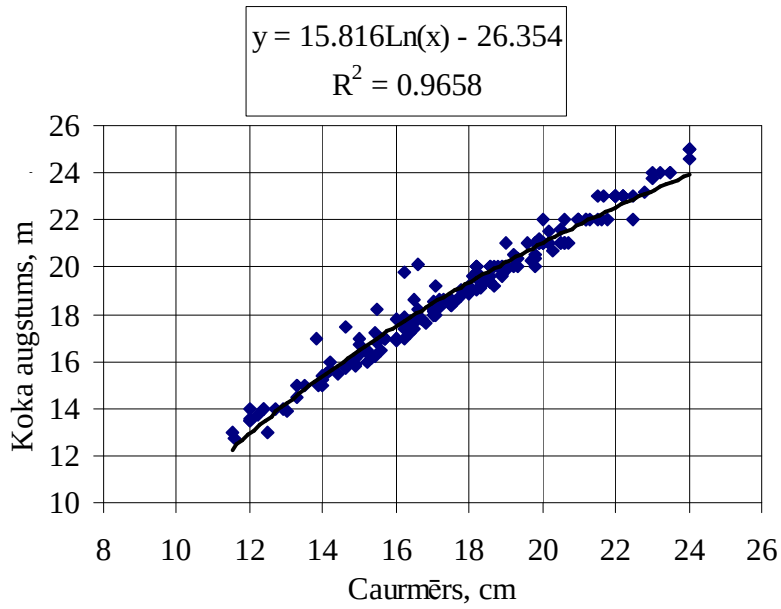
$$D_g = \sqrt{\frac{g_{vid}}{0.785}} \cdot 100, \tag{2.11}$$

kur D_g – audzes vidējā koka caurmērs, kas aprēķināts no vidējā koka šķērslaukuma (g_{vid}), cm;
g_{vid} – audzes vidējā koka šķērslaukums, m^2.

Stumbra tilpuma aprēķināšanai izmantoti izlīdzinātie augstumi, kas iegūti no augstumlīknes regresijas vienādojuma. Koka augstuma (y) aprēķināšanai izmantots logaritmiskais regresijas vienādojums (2.12), kam visbiežāk ir augstākā determinācijas koeficienta (R^2) vērtība, kas vislabāk apromiksē koka caurmēra un augstuma parametru empīrisko izkliedi, piemērs parādīts 2.7.attēlā:

$$y = aLn(x) - b, \tag{2.12}$$

kur x – koka caurmērs, cm;
a – regresijas koeficients;
b – regresijas vienādojuma brīvais loceklis.



2.7. att. Baltalkšņa audzes augstumlīkne 2006. – 09. PL

Baltalkšņa stumbra tilpuma (V, m^3) noteikšanai izmantots algoritms (Liepa, 1996):

$$V = \psi * L^{\alpha} * D^{\beta \lg L + \varphi}, \qquad (2.13)$$

kur L - stumbra garums, m;
D – stumbra caurmērs ar mizu, cm;
ψ, α, β, φ – empīriski noteikti koeficienti (ψ = 0.7450*10^{-4}; α = 0.81295; β = 0.06935; φ = 1.8546).

Baltalkšņa audžu dendrometrisko rādītāju analīzē izmantota aprakstošā statistika (Arhipova un Bāliņa, 2003).

Audžu ražības izvērtēšanai tika veikti audžu krājas skaitlisko vērtību salīdzinājumi ar P. Mūrnieka (1963) AGT. Faktiskās krājas datu analīzes vajadzībām izmantots relatīvās krājas jēdziens, kas atbilst faktiskās krājas attiecībai pret pilnas biezības audžu krāju attiecīgajā bonitātē AGT un izteikts procentos.

2.3.2. Baltalkšņa audžu struktūras analīze

Audžu struktūras pētījums iedalīts šādās apakšnodaļās: koku skaita un krājas sadalījums parastajās caurmēra pakāpēs; koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs; audzes koku skaita kumulātas sakarības ar šķērslaukumu; audzes koku skaita kumulātas sakarības ar krāju; baltalkšņu vainagu mainības raksturojums.

Audzes struktūras pētīšanai izmantotas 2 cm caurmēra pakāpes. Divu centimetru caurmēra pakāpē ietilpst koki ar caurmēru no 1.0 līdz 2.9 cm, 4 cm caurmēra pakāpē koki ar caurmēru 3.0 – 4.9 cm utt.

Koku skaits caurmēra pakāpē izteikts procentos kā caurmēra pakāpes koku skaita attiecība pret audzes koku summu.

Krājas sadalījums caurmēra pakāpēs noteikts % pret audzes kopējo krāju.

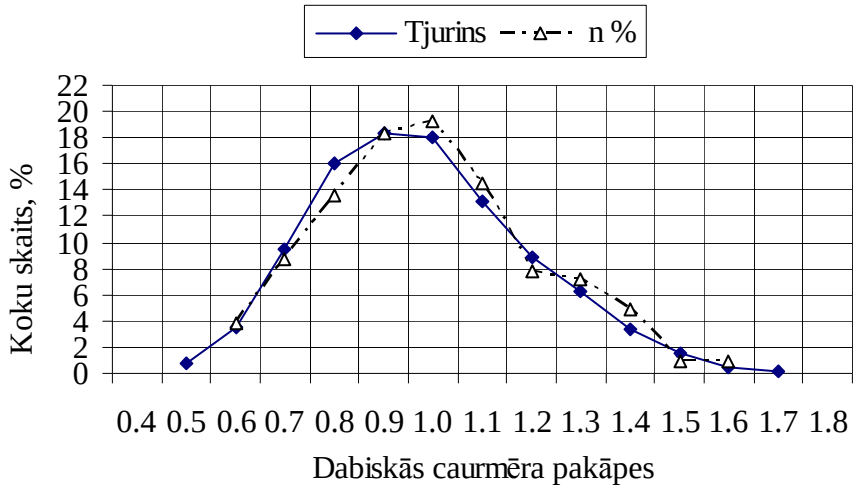
Baltalkšņa audžu struktūras analīzē izmantots praktiskajā meža taksācijā lietotais koku sadalījums procentos caurmēra pakāpēs. Koki grupēti 2 cm caurmēra pakāpēs.

Audzes dzīves laikā koku sadalījumam caurmēra pakāpēs ir mainīgs raksturs, jo, koka caurmēram palielinoties tikai par dažiem milimetriem, tas ierindojas citā caurmēra pakāpē. Praksē parasti pielieto koku skaita sadalījumu parastajās caurmēra pakāpēs. Šim sadalījumam piemīt zināms trūkums, jo, pieaugot audzes vecumam, koki pāriet resnākās caurmēra pakāpēs. Tā rezultātā rodas grūtības, audzes savstarpēji salīdzinot. Arī viena vecuma audzēs koki var sadalīties atšķirīgā caurmēra pakāpju skaitā, kas atkarīgs no koku diferencēšanās procesa, koku caurmēru dabiskās mainības rakstura, veiktajām vai izpalikušajām kopšanas cirtēm. Koka caurmēru var izteikt ne tikai centimetros, bet arī ar koku redukcijas skaitli R_d. Tie baltalkšņa audžu caurmēra struktūras izpētei aprēķināti pēc formulas:

$$R_d = \frac{D}{D_g}, \qquad (2.14)$$

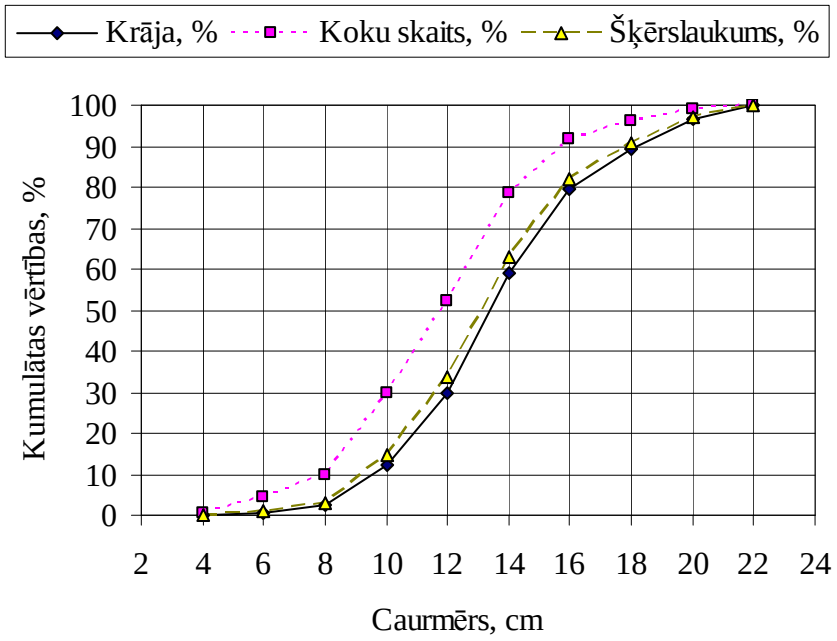
kur D - koka caurmērs, cm;
D_g - audzes vidējais caurmērs, cm .

Bez tam koki, atkarībā no redukcijas skaitļa vērtībām, tika grupēti dabiskajās caurmēra pakāpēs (Анучин, 1960; 1977), kuras izteiktas ar decimālskaitli. Piemēram, dabiskajā caurmēra pakāpē 0.5 ietilpst koki ar redukcijas skaitļiem no 0.46 – 0.55, bet caurmēra pakāpē 1.0 koki, kuru redukcijas skaitļi atrodas intervālā no 0.96 - 1.05 (2.8. att.). Dotais sadalījums rada iespēju savstarpēji salīdzināt audzes neatkarīgi no to vecuma un vidējā caurmēra.



2.8. att. Baltalkšņa audzes koku sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs 2006. – 19. PL

Katrai audzei noteiktas šķērslaukuma, krājas un koku skaita kumulatīvo frekvenču vērtības pa caurmēra pakāpēm, sākot ar audzes tievākajiem kokiem. Ar kumulātu grafisko attēlu palīdzību noteikts koku skaita īpatsvars atbilstošai šķērslaukuma un krājas kumulātai no 10 – 50 %, piemērs parādīts 2.9. attēlā.



2.9. att. Koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulātas vērtības (%) 2006. - 30. PL

Baltalkšņa vainaga garums noteikts kā starpība starp koka augstumu un vainaga sākuma augstumu. Savukārt, vainaga relatīvais garums izteikts procentos aprēķinot kā attiecību starp vainaga garumu un koka augstumu.

Baltalkšņa audžu koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulātu vērtības izvērtēšanai izmantota aprakstošā statistika. Lai raksturotu likumsakarības starp koku skaitu un vairākām faktoriālām pazīmēm (audžu bonitāti, MAAT, audzes vecumu), ir pielietota daudzfaktoru regresijas analīze ar SPSS programmu (Arhipova un Bāliņa, 2003). Pētījumā tika pārbaudīts, vai nekoptas baltalkšņa audzes atbilst Tjūrina atrastajam teorētiskajam sadalījumam. To atbilstības pārbaudei izmantots Hī - kvadrāta tests (Liepa, 1974), izmantojot Microsoft Office Excel 2003 programmu.

2.3.3. Baltalkšņa un baltalkšņa audžu biomasas un koksnes blīvuma noteikšana

Dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas apjomu analīzei izmantota regresijas analīze, ar kuras palīdzību raksturota baltalkšņa virszemes biomasas izkliede atkarībā no analīzē iekļautajiem argumentiem. Līdz 3 cm resnu baltalkšņu biomasas aprēķināšanai pārbaudīti šādi argumenti: koka caurmērs (D); koka caurmēra kvadrāts (D^2); un koka caurmēra kvadrāta un augstuma reizinājums (D^2H), savukārt par 3 cm resnāku baltalkšņa biomasas izvērtēšanai pārbaudīti sekojoši argumenti: koka caurmērs (D); koka stumbra tilpums (V); koka caurmēra kvadrāts (D^2); koka caurmēra un augstuma reizinājums (DH); koka šķērslaukuma un augstuma reizinājums (GH) un koka curmēra kvadrāta un augstuma reizinājums (D^2H).

Baltalkšņa bezlapotas virszemes biomasas (y) aprēķināšanai kilogrammos pārbaudīts otrās kārtas parabolas vienādojums (2.15) un pakāpes regresijas vienādojums (2.16):

$$y = ax^2 + bx + c\,, \tag{2.15}$$

kur x – pārbaudāmais arguments;
a, b – regresijas koeficienti;
c – regresijas vienādojuma brīvais loceklis.
.

$$y = ax^b\,, \tag{2.16}$$

kur x – pārbaudāmais arguments;
a – regresijas koeficienta brīvais loceklis;
b – regresijas koeficients.

Vienādojumu būtiskums pārbaudīts ar dispersijas analīzi (F – tests un t – tests), izmantojot SPSS programmu (Arhipova un Bāliņa, 2003).

Baltalkšņa koksnes blīvums šajā pētījumā tika noteikts pēc ISO 3131 (1975) standarta, un koksnes mitrums noteikts pēc EN 13183 – 1 (2002) standarta.

Ņemot vērā darba uzdevumus un mērķa specifiku, kā piemērotākā atzīta viena un divu faktoru dispersijas analīze. Tā izmantota baltalkšņa koksnes blīvuma izvērtēšanai starp griezuma vietām un starp paraugkokiem. Ar dispersijas analīzes palīdzību novērtēta statistisko datu nozīmība. Sakarības ciešuma izvērtēšanai starp koksnes

blīvumu dažādos stumbra augstumos izmantota korelācijas analīze. Koksnes mitruma analīzei pielietota aprakstošā statistika.

Baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasa analīzei, izmantojot kā argumentu audzes vecumu, audzes vidējo caurmēru un audzes šķērslaukumu, pielietots pakāpes regresijas vienādojums (2.16).

Baltalkšņa audžu biomasas izvērtēšanai vienādojumu būtiskums pārbaudīts ar dispersijas analīzi (F – tests un t – tests), izmantojot SPSS programmu (Arhipova un Bāliņa, 2003).

3. BALTALKŠŅA AUDŽU RAŽĪBAS UN STRUKTŪRAS ANALĪZE

3.1. Baltalkšņa audžu dendrometriskais raksturojums

Baltalksnis uzskatāms par ātras augšanas un attīstības koku sugu, kam straujas dendrometriskās izmaiņas, salīdzinājumā ar citām koku sugām, iestājas visai agri. Koku skaits audzēs ir atkarīgs no dabiskās atjaunošanās procesa sekmīguma, kā rezultātā izveidojas retākas un biezākas audzes, kurās katrā ir individuāls nodrošinājums ar augšanas resursiem. Retās audzēs koku vainagi saslēdzas vēlāk nekā biezās. Tas, protams, atstāj zināmu ietekmi uz dendrometriskajiem rādītājiem.

3.1.1. Pētīto baltalkšņa audžu augšanas gaitas un ražības analīze

Piecdesmit piecu uzmērīto baltalkšņa audžu dendrometriskie rādītāji apkopoti 3.1. pielikumā. Tie aprēķināti, izmantojot 2.1 līdz 2.13. formulu. Uzmērīto baltalkšņa audžu vecums variē no 2 līdz 40 gadiem. Audzes galvenie taksācijas parametri ir savstarpēji saistīti un atkarīgi no daudziem faktoriem. Visā augšanas posmā kokus un audzes ietekmē (Liepa u.c., 1991) dažādi abiotiskie faktori: klimatiskie, edafiskie, orogrāfiskie apstākļi un biotiskie faktori: augi, dzīvnieki un mikroorganismi. Tie ir atkarīgi no audzes vecuma, jo koki līdz pat to bojāejai turpina augt. Jaunībā koki strauji aug gan garumā, gan resnumā, līdz ātrās augšanas periods garumā kļūst lēnāks. Ja vien kokam ir pietiekami augšanas resursi, tā augšana resnumā turpinās līdz koku nociršanai vai dabiskajam vecumam un to atmiršanai. Jau audzes dzīves pirmajā desmitgadē sākas koku diferencēšanās, kuras rezultātā daļa no augšanā atpalikušajiem kokiem aiziet bojā, un vienlaicīgi samazinās koku skaits audzē. Ļoti bieži galvenais faktors šajā procesā ir apgaismojums (Сеннов, 1977). Konkurenci koku starpā izraisa sakņu sistēmas pārklāšanās augsnē, barības vielu un ūdens nepietiekamība (Ткаченко, 1977; Mayer, 1984; Dengler, 1992; Skudra un Dreimanis, 1993).

Baltalkšņa piecdesmit piecu audžu dendrometrisko rādītāju Pīrsona pāru korelācijas rezultāti ļauj spriest par koeficientu vērtību, būtiskumu un virzienu (Liepa, 1974; Arhipova, Bāliņa, 2006). Starp audzes bonitāti un pārējiem audzes dendrometriskajiem rādītājiem konstatētas vājas negatīvas korelatīvas sakarības (starp bonitāti un vidējo baltalkšņa stumbra tilpumu ($r = -0.431$, $p < 0.01$), starp bonitāti un vaidējo audzes caurmēru ($r = -0.283$, $p < 0.05$) un starp bonitāti un vidējo koka augstumu ($r = -0.265$, $p < 0.05$). Tas izskaidrojams ar faktu, ka pētījumu materiāls aptver plašu vecuma intervālu ar visai atšķirīgiem audzes taksācijas parametriem. Visus audzes parametrus nekoptajās baltalkšņa audzēs ietekmē koku skaits uz platības vienības, kas ir atkarīgs no audžu bonitātes un stipri atšķiras pat vienas bonitātes ietvaros vienvecuma audzēs.

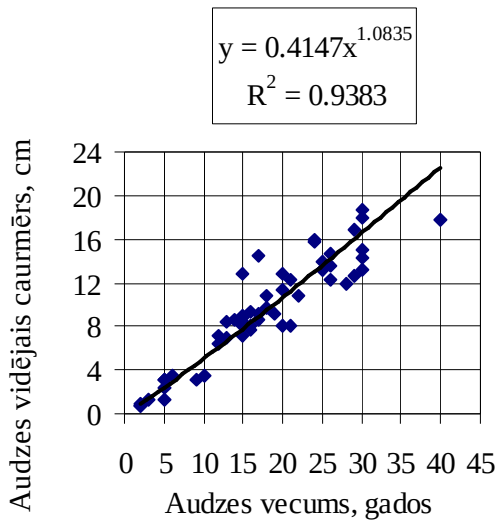
Starp audzes vecumu un pārējiem audzes taksācijas rādītājiem vairumā gadījumu pastāv cieša korelācija. Konstatēta cieša pozitīva korelācija starp audzes vecumu un citiem taksācijas rādītājiem: ar audzes vidējo augstumu ($r = 0.936$, $p < 0.01$), vidējo caurmēru ($r = 0.929$, $p < 0.01$), vidējo stumbra tilpumu ($r = 0.839$, $p < 0.01$), audzes krāju ($r = 0.815$, $p < 0.01$). Arī no P. Mūrnieka (1963) pētījumiem par baltalkšņa audžu augšanas gaitu var secināt, ka starp šiem baltalkšņa audžu dendrometriskajiem rādītājiem pastāv cieša pozitīva korelācija.

Korelacijas analīze bez papildus grafiskās analīzes nedot skaidru priekšstatu par sakarības raksturu. Noskaidrojas, ka vairums audzes taksācijas rādītāju nav lineāri atkarīgi no audzes vecuma (3.1. att.).

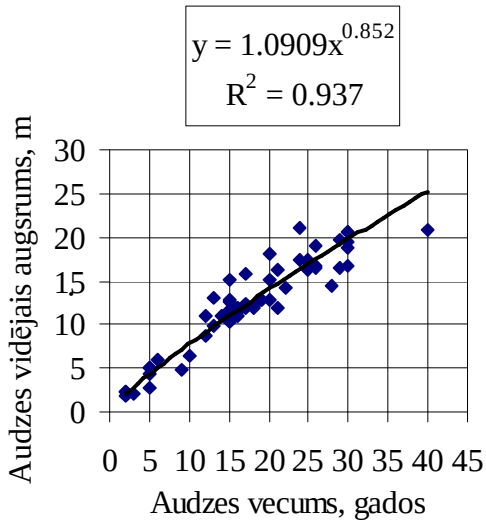
Pētīto audžu vidējais caurmērs un augstums visai maz variē līdz desmit gadus vecajās audzēs (3.2. a un b att.). Jau 15 gadu vecumā audzes vidējā caurmēra variēšanas amplitūda ievērojami pieaug, tā sasniedz 6 cm intervālu un tāda saglabājas līdz 30 gadu vecumam. Arī vidējam audzes augstumam ir līdzīgs variēšanas raksturs, kas 12 - 15 gadu vecumā sasniedz 5 - 6 m. Tas visumā atbilst P. Mūrnieka (1950) konstatētajam, ka 25 gadu vecumā audžu vidējie augstumi iekļaujas 6 m intervālā. Izstrādājot augšanas gaitas tabulas, baltalkšņa audžu vidējo augstumu intervāls 25 gadu vecumā tika sadalīts 3 daļās, ar intervālu 2 m (Mūrnieks, 1950). Promocijas darba izstrādes laikā noskaidrojās, ka daļai baltalkšņa audžu vidējie augstumi pārsniedz 1. bonitātes audžu augstumu augšējo robežlīniju. Šī iemesla dēļ ar ekstrapolēšanas palīdzību noteikta 1. A bonitātes audžu augstumu zemākā robeža. Audzes, kuru vidējie augstumi bija lielāki, pieskaitīti 1. A bonitātei. Jāatzīmē, ka P. Mūrnieka AGT izveidotas ar mazu 1. bonitātes audžu pārstāvētību (9 audzes no 80). Turpretī izmantots liels skaits 2. un 3. bonitātes audžu.

Pieaugot audzes vecumam, koku skaits samazinās ($r = -0.737$, $p < 0.01$) audzes pašizretināšanās procesā (Ткаченко, 1955; Skudra, Dreimanis, 1993; Белов, 1983). Koku skaits dažādos augšanas apstākļos atkarībā no audzes vecuma samazinās ar dažādu intensitāti. Auglīgākos augšanas apstākļos audzes izretinās ātrāk, bet sliktākos – lēnāk. Pētītajās baltalkšņa augstākas bonitātes audzēs koku skaits samazinās straujāk nekā zemākas bonitātes audzēs. Koku diferencēšanās tajās iestājas agrāk nekā zemāku bonitāšu audzēs. Neskatoties, ka korelācija ir vidēji cieša un būtiska, sakarību labāk apromiksē pakāpes vienādojums ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.760$). Vairāk koku par 10000 gab. ha^{-1} ir tikai līdz 10 gadu vecajās audzēs (3.1. c att.). Atsevišķās 11 - 20 gadu vecās audzēs koku skaits sasniedz 5150 - 6200 gab. ha^{-1}.

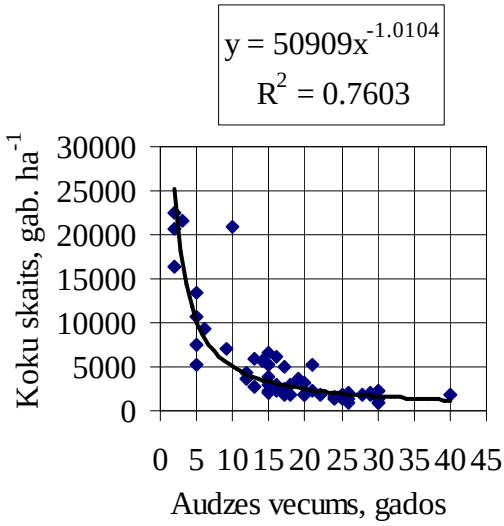
Vidēji cieša pozitīva korelācija konstatēta starp audzes vecumu un šķērslaukumu ($r = 0.672$, $p < 0.01$). Audzes šķērslaukums ir atkarīgs no koku skaita un to caurmēra. Audzes šķērslaukuma atkarību no audzes vecuma ievērojami labāk un statistiski ticami apromiksē pakāpes vienādojums ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$; $R^2 = 0.812$), lai gan līdzīga vecuma audzēs vērojama ļoti plaša šķērslaukuma skaitlisko vērtību variēšana (3.1. d att.). Vienādvecuma audzēs dažādu audžu šķērslaukums atšķiras 1.9 – 3.8 reizes. Vislielākās atšķirības kontatētas 12 - 16 un 28 - 30 gadu vecajās audzēs. Atšķirīgais koku skaits audzēs arī ietekmē audžu šķērslaukuma skaitlisko vērtību.



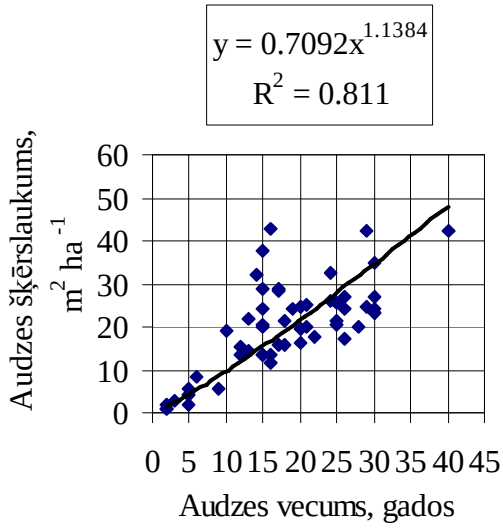
a



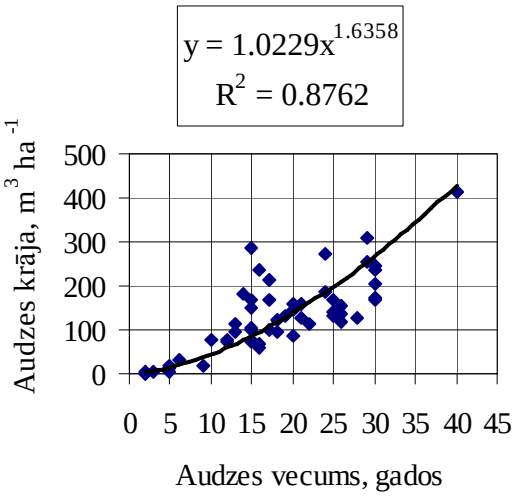
b



c



d

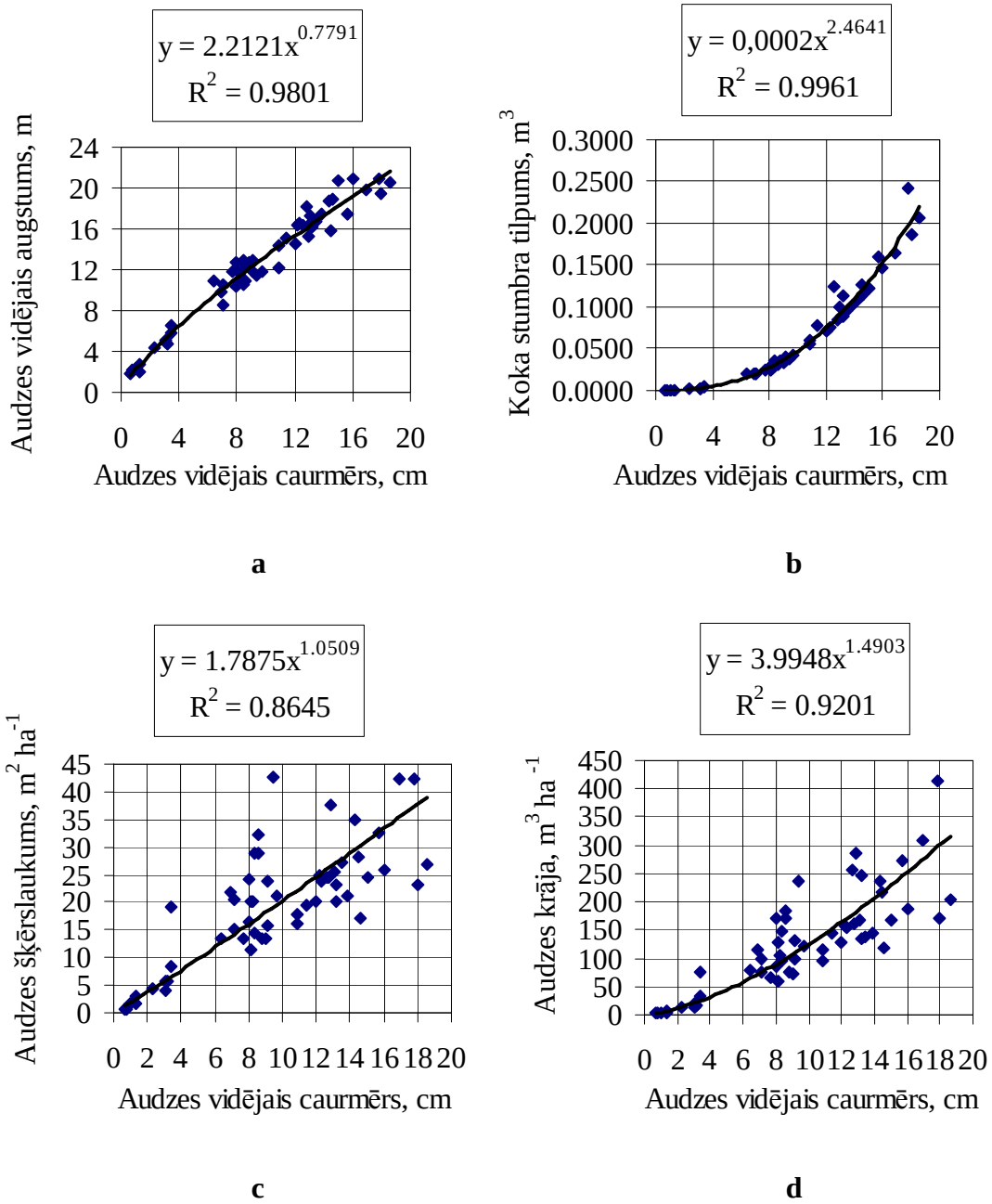


e

3.1. att. Sakarība starp baltalkšņa audžu vecumu un dendrometriskiem rādītājiem: a – audzes vidējo caurmēru; b – audzes vidējo augstumu; c – audzes koku skaitu; d – audzes šķērslaukumu; e – audzes krāju

Korelācijas un regresijas analīzes datu salīdzinājums skaidri pierāda, ka iepriekš minēto dendrometriko parametru savstarpējās sakarības labāk apromiksē pakāpes regresijas vienādojumi ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$), lai gan Pīrsona korelācijas koeficienti ir statistiski ticami (3.2. att.).

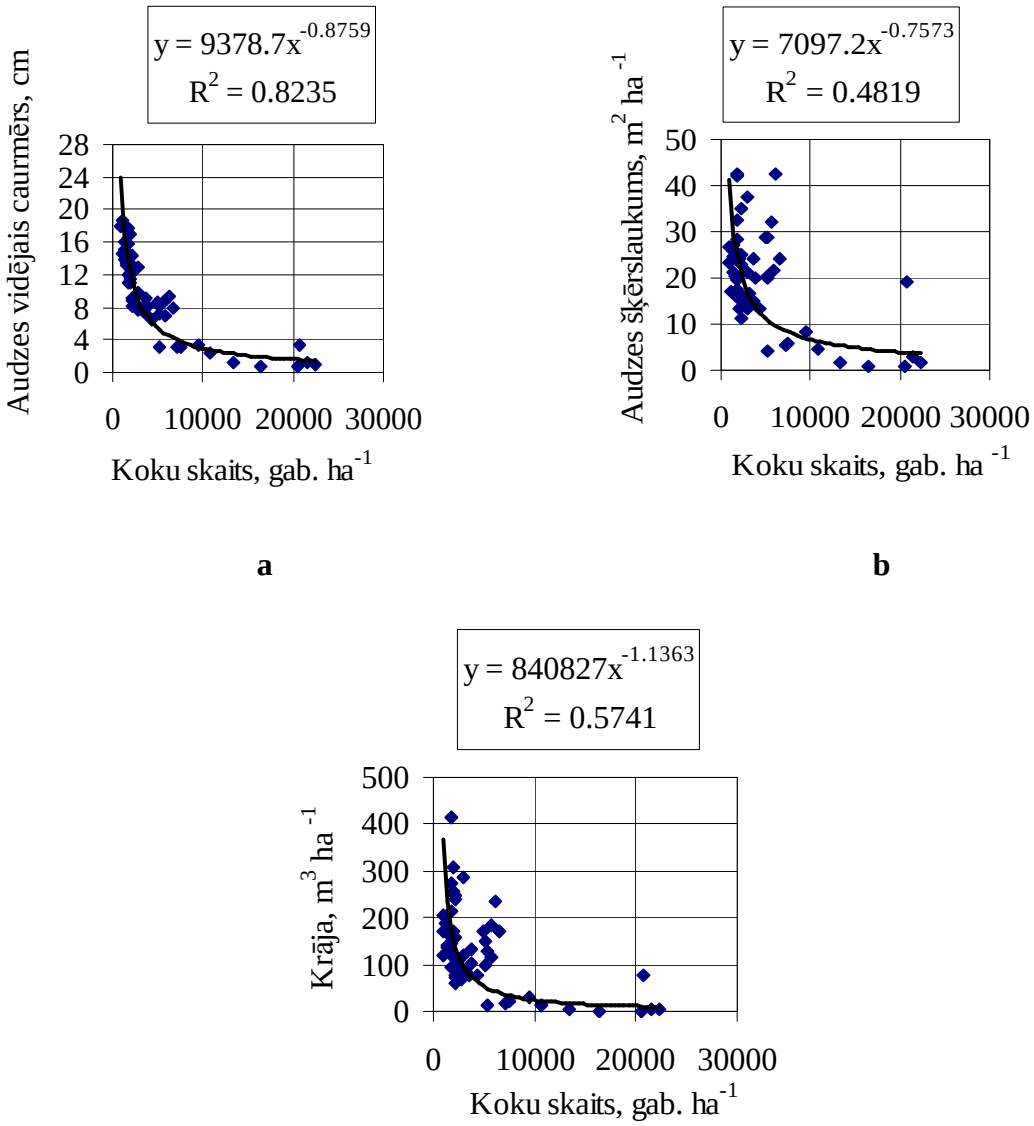
Palielinoties audzes vidējam caurmēram, notiek straujš stumbra tilpuma pieaugums, kas nav raksturojams ar korelācijas koeficientu un regresijas taisni, neskatoties uz to, ka sakarība ir statistiski ticama ($p < 0.01$). Sakarību ievērojami labāk apraksta pakāpes regresijas vienādojums ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.996$), kas uzskatāmi redzams 3.2. (b) attēlā.



3.2. att. Sakarības starp audzes vidējo caurmēru un dendrometriskajiem rādītājiem: a – audzes vidējo augstumu; b – koka stumbra tilpumu; c – audzes šķērslaukumu; d – audzes krāju

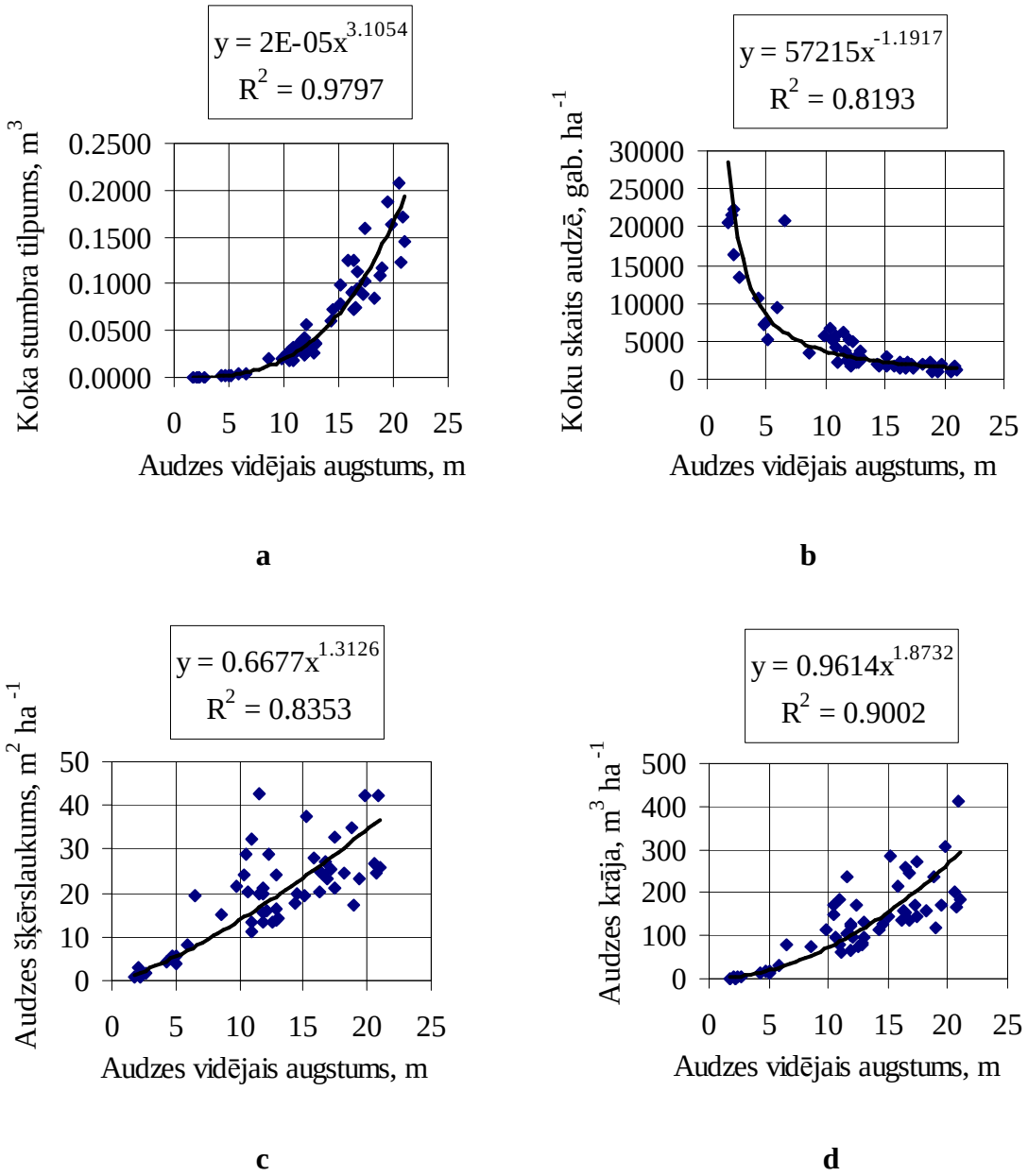
Koku skaitam palielinoties, pētītajā 2 - 40 gadu vecajā baltalkšņu audžu kopā skaidri saskatāms, ka notiek likumsakarīga audzes taksācijas rādītāju samazināšanās (3.3. att.). Korelācijas analīze šajā gadījumā nav pielietojama, jo skaidri izpaužas sakarības līklīnijas raksturs, lai gan Pīrsona korelācijas koeficienti ir statistiski ticami.

Jaunaudzēs līdz desmit gadu vecumam koku skaits ir liels, sasniedzot pat 10 - 20 tūkstošus koku uz hektāra, to dimensijas un citi audzes parametri ir nelieli, kas izskaidro sakarības negatīvo raksturu. Vidēja vecuma vai pieaugušās audzēs ar lielu koku skaitu koku augšanas telpa, apgaismojuma apstākļi un nodrošinājums ar mitrumu ievērojami pasliktinās (Сеннов, 1977), pieaugošas sakņu sistēmas konkurences apstākļos tiek kavēts koku caurmēra pieaugums, kas ietekmē citus audzes parametrus. Liels koku skaits ar vidējām dimensijām veido lielu audzes šķērslaukumu un krāju.



3. 3. att. Sakarība starp koku skaitu audzē un dendrometriskiem rādītājiem: a – audzes vidējo caurmēru; b – audzes šķērslaukumu; c– audzes krāju

Audzes vidējais augstums cieši korelē ar audzes vidējā koka stumbra tilpumu ($r = 0.852$, $p < 0.01$), audzes krāju ($r = 0.818$, $p < 0.01$) un koku skaitu ($r = - 0.810$, $p < 0.01$) , bet vidēji cieši - ar audzes šķērslaukumu ($r = 735$, $p < 0.01$). Korelācijas un regresijas analīzes (3.4. att.) datu salīdzinājums skaidri pierāda, ka iepriekš minēto dendrometriko parametru savstarpējās sakarības labāk apromiksē pakāpes regresijas vienādojumi ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$), lai gan Pīrsona korelācijas koeficienti ir statistiski ticami.

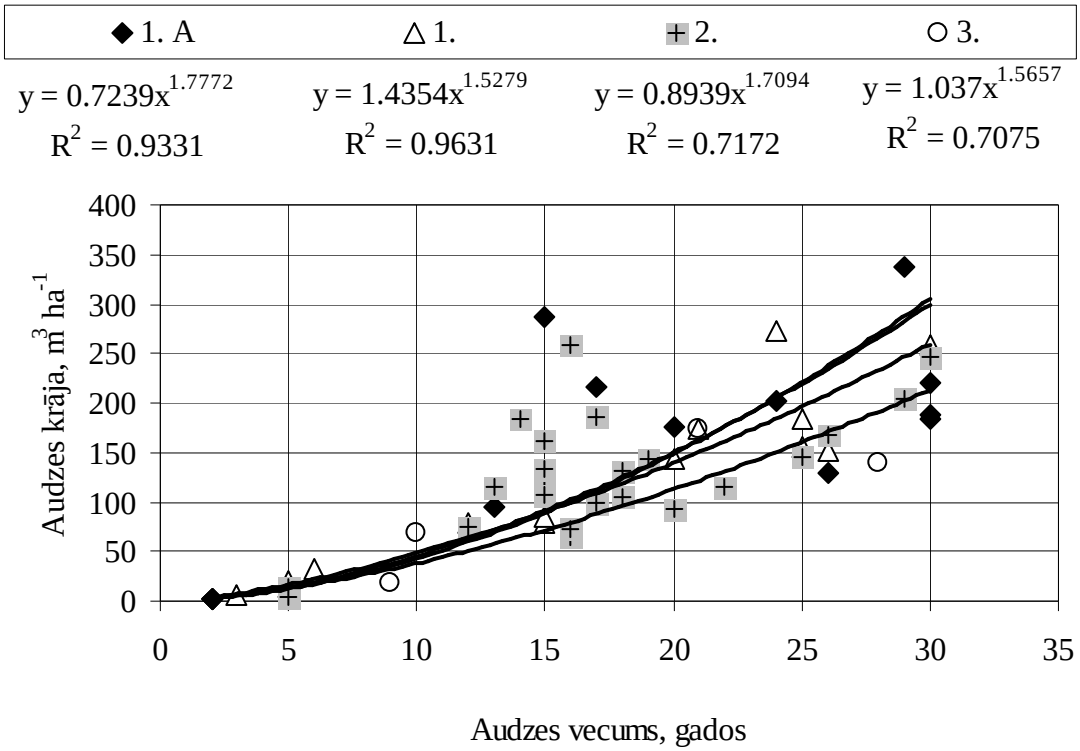


3.4. att. Sakarība starp audzes vidējo augstumu un dendrometriskajiem rādītājiem: a – audzes vidējo caurmēru; b – koka stumbra tilpumu; c – audzes šķērslaukumu; d – audzes krāju

Datu analīze skaidri parāda, ka šaurā vecuma intervālā audzes krāja var atšķirties pat vairākas reizes, kas nav saistīts ar audzes bonitāti (3.5. att.). Audzes krājas variēšanas intervāls 29 – 30 gadu vecās 1. bonitātes audzēs ir no 168 līdz 309 m^3 ha^{-1}.

Galvenais atšķirību iemesls ir audzes šķērslaukums, kas atkarīgs no koku skaita uz platības vienības. Krāja, lielāka par 300 m^3 ha^{-1} konstatēta divās audzēs, bet 251 - 300 m^3 ha^{-1} arī tikai 2 audzēs. P. Mūrnieka (1963) pētījumā audzes krāja, lielāka par 301 m^3 ha^{-1} konstatēta 6 audzēs jeb 7.5 % gadījumu 33 - 49 gadus vecās audzēs.

Pētītajās baltalkšņa audzēs izlīdzinātās audžu krājas (y) atkarībā no audzes vecuma (x) apraksta pakāpes regresijas vienādojums (2.16). Baltalkšņa audžu krājas raksturošanai aprēķinātie regresijas vienādojuma koeficienti un vienādojumi (3.1. tab.) ir statistiski nozīmīgi ($p = 0.0000 - 0.0022 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.708 – 0.963$).

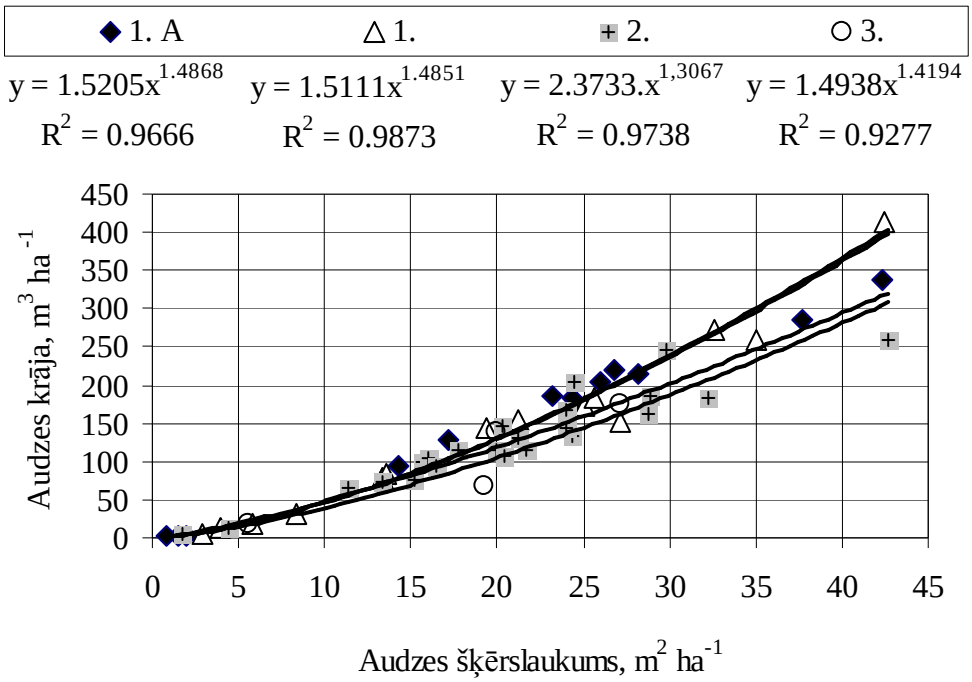


3.5. att. Sakarība starp audzes vecumu un krāju dažādu bonitāšu audzēs

Jebkuras koku sugas audzes krāja ir atkarīga no audzes šķērslaukuma, vidējā augstuma un veidskaitļa reizinājuma (Sarma, 1948; Анучин, 1960, 1977; Лиепа, 1980, Liepa, 1996). Koka augstuma un veidskaitļa reizinājumu apzīmē par veidaugstumu. Tā vērtība ne vienmēr ir zināma ar pietiekamu precizitāti. Baltalksnim to var aprēķināt, izmantojot Mūrnieka (1963) sastādītās baltalkšņa AGT. Audzes krāju bieži aprēķina ar caurmēra pakāpju metodi.

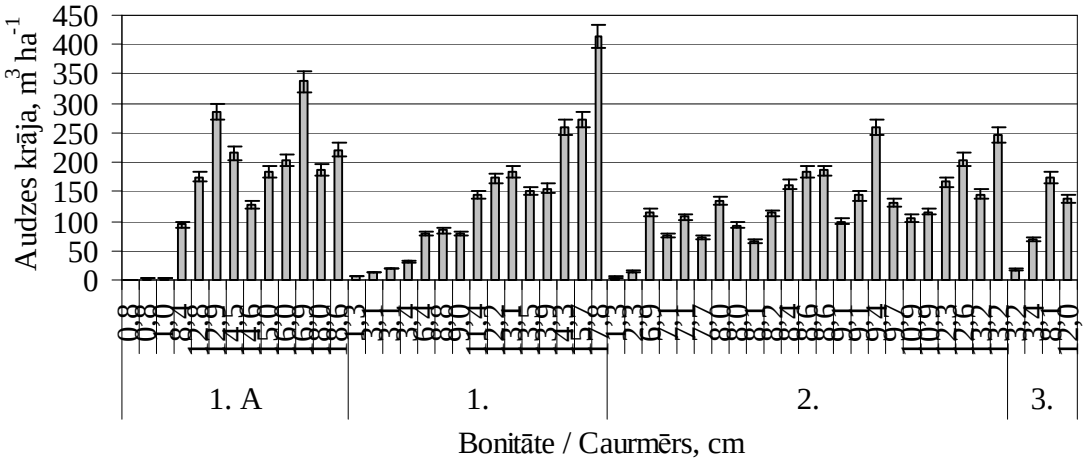
Pētītajās baltalkšņa audzēs izlīdzinātās audžu krājas (y) atkarībā no audzes šķērslaukuma (x) apraksta pakāpes regresijas vienādojums (2.16), tā izmantošanas intervāls dots 3.1. tabulā. Aprēķinātā izlīdzinātā krāja atkarībā no audzes šķērslaukuma pēc regresijas vienādojumiem liecina, ka reālās krājas 1. A un 1. bonitātes audzēs praktiski ir vienādas, bet 2. un 3. bonitātes audzēs zemākas (3.6. att.). Tas izskaidrojams ar to, ka faktiskie augstumi 1. A un 1. bonitātes audzēs pie vienāda šķērslaukuma neatšķiras, bet zemāko bonitāšu audzēs ir mazāki.

Baltalkšņa audžu krājas raksturošanai, izmantojot kā argumentu šķērslaukumu, aprēķinātie regresijas vienādojuma koeficienti un vienādojumi (3.1. tab.) ir statistiski nozīmīgi ($p = 0.0000 - 0.006 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.927 – 0.988$).



3.6. att. Sakarība starp audzes šķērslaukumu un krāju dažādu bonitāšu audzēs

Otrs nozīmīgākais dendrometriskais rādītājs, kas ietekmē krāju, ir audzes vidējais caurmērs. Palielinoties caurmēram, pieaug audzes krāja (3.7. att.).



3.7. att. Baltalkšņa audzes krājas dažādu bonitāšu audzēs atkarībā no caurmēra

Regresijas vienādojumu statistiskā analīze apliecina, ka faktiskās baltalkšņa audžu krājas, kā argumentu izmantojot vidējo caurmēru, dažādu bonitāšu audzēs būtiski neatšķiras ($p = 0.416 > \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.660 - 0.980$). Baltalkšņa audžu krājas raksturošanai, kā argumentu izmantojot šķērslaukumu, aprēķinātie regresijas vienādojuma koeficienti un vienādojumi (3.1. tab.) ir statistiski nozīmīgi 1. A, 1. un 2. bonitātes audzēm ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.980 – 0.867$), bet nav būtiski 3. bonitātes audzēm ($p = 0.2065 > \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.660$).

Audzēs ar lielu koku skaitu augšanas platībā, apgaismojuma apstākļi un nodrošinājums ar mitrumu ievērojami pasliktinās (Сеннов, 1977), pieaugošas sakņu konkurences apstākļos tiek kavēts koku caurmēra pieaugums, kas ietekmē citus audzes parametrus. Baltalkšņa audzes ar mazāku vidējo caurmēru, bet lielāku koku skaitu ar vidējām dimensijām reizēm veido lielu audzes šķērslaukumu un krāju. Šajā pētījumā 2. bonitātes audzēs ar mazāku vidējo audzes caurmēru, bet lielāku koku skaitu audžu krāja pārsniedz 1. A un 1. bonitātes audžu krāju.

3.1. tabula

Sakarības starp audzes vecumu, audzes vidējo caurmēru un šķērslaukumu un krāju (y) pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) **koeficienti**

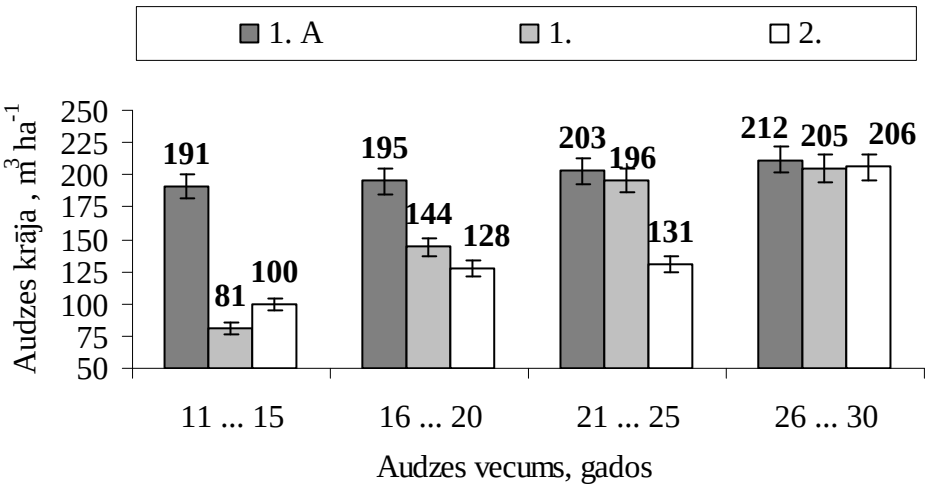
Bonitāte	a	b	R^2	s_x, $m^3 ha^{-1}$	F	t	p - vērtība	Formulas izmantošanas intervāls
Arguments audzes vecums (x)								A, gadi
1. A	0.7239	1.7772	0.933	25.1	270.5	16.5	0.0000	2 ≤ 30
1.	1.4354	1.5279	0.963	10.3	857.6	29.3	0.0000	3 ≤ 30
2.	0.8939	1.7094	0.717	13.9	591.9	24.3	0.0000	5 ≤ 30
3.	1.0370	1.5657	0.708	6.2	447.9	21.2	0.0022	9 ≤ 28
Arguments audzes vidējais caurmērs (x)								D_g, cm
1. A	2.7158	1.5912	0.980	15.6	497.2	22.3	0.0000	0.8 – 18.6
1.	3.7170	1.4993	0.967	0.5	1050.7	32.4	0.0000	1.3 – 15.7
2.	3.9428	1.5706	0.867	0.5	672.9	25.9	0.0000	1.3 – 13.2
3.	7.7808	1.2879	0.660	3.1	3.4	1.8	0.2065	3.2 – 12.0
Arguments audzes šķērslaukums (x)								G, $m^2 ha^{-1}$
1. A	1.5205	1.4868	0.968	22.8	331.0	18.2	0.0000	0.8 ≤ 42.3
1.	1.5111	1.4851	0.987	17.0	633.0	25.2	0.0001	2.9 ≤ 42.4
2.	2.6506	1.2955	0.988	8.4	1697.3	41.2	0.0000	1.8 ≤ 42.7
3.	1.3652	1.5244	0.927	10.5	165.4	12.9	0.0060	5.6 ≤ 27.1

Apzīmējumi:
x – arguments; A – audzes vecums, gados; G – audzes šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$; a – regresijas vienādojuma brīvais loceklis; b – regresijas vienādojuma koeficients; R^2 - determinācijas koeficients, s_x – regresijas standartkļūda, t; F un t – testa faktiskās vērtības; p - ticamības līmenis

Salīdzinot 1. un 2. bonitātes vidējo audžu krāju vecumā no 11 līdz 15 gadiem, pirmajā tā ir par 19 % zemāka, jo 2. bonitātes audzēm ir lielāks koku skaits uz platības vienības, bet zemāks audzes vidējais caurmērs. Vecumā no 26 līdz 30 gadiem vidējās audžu krājas dažādu bonitātšu audzēs ir praktiski vienādas.

Baltalkšņa audžu krāja vecumā no 11 līdz 30 gadiem būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs ($p = 0.0649 > \alpha = 0.05$). Baltalkšņa audzēs vecumā no 11 līdz 15 gadiem uzmērīto audžu vidējā krāja ir 126 ± 17.6 $m^3 ha^{-1}$, no 16 līdz 20 gadiem – 156 ± 16.3 $m^3 ha^{-1}$, no 21 līdz 25 gadiem - 177 ± 16.8 $m^3 ha^{-1}$ un no 26 līdz 30 gadiem – 208 ± 18.5 $m^3 ha^{-1}$ (3.8. att. un 1. pielikums). Iegūtos rezultātus salīdzinot ar Valsts mežu reģistra datiem (VMD, 2006), var konstatēt, ka 11 – 20 gadu veco baltalkšņa audžu vidējās krājas sasniedz 110 $m^3 ha^{-1}$, turpretī 21 – 30 gadu vecajās audzēs 165 $m^3 ha^{-1}$. Jāņem vēra, ka Valsts meža reģistra datu

bāzē ietilpst arī audzes ar citu koku sugu piemistrojumu, kas ir visai atšķirīgs un tā īpatsvars audzes krājā nav zināms.



3.8. att. Baltalkšņa audžu krājas dažādu bonitāšu audzēs

Baltalkšņa audžu daudzveidība pēc to vecuma, koku skaita uz platības vienību, šķērslaukuma un audzes bonitātes būtiski apgrūtina datu analīzi. Ražīgāko audžu krājas analīze liecina, ka tās variē visai plašā intervālā starp 170 – 410 m^3 ha^{-1} un tikai divās audzēs (3.2. tab. un 3.1. pielikums) pārsniedz 300 m^3 ha^{-1}. Šo audžu šķērslaukums pārsniedz 40 m^2 ha^{-1}. Analizējot visas pētījuma audzes, sākot ar jaunākajām un beidzot ar vecākajām, audzes krāja cieši korelē ar šķērslaukumu, bet ražīgāko audžu krājas lineārā sakarība starp audzes šķērslaukumu ir ievērojami vājāka ($p < 0.05$, $R^2 = 0.41$). Tas liecina, ka bez šķērslaukuma ir kāds cits faktors, kas ietekmē krājas izkliedi un tās skaitliskās vērtības. Audzes vidējā caurmēra ietekme uz audzes krāju ir vēl zemāka un nav būtiska ($p > 0.05$, $R^2 = 0.14$). Audzes krājas atkarība no koku skaita uz platības vienību nav statistiski ticama ($p > 0.05$, $R^2 = 0.07$). Audžu grupēšana pēc koku skaita uz platības vienību parāda, ka ražīgākās audzes dalās divās daļās. Pirmajā grupā ir audzes ar koku skaitu 910 – 2870 gab. ha^{-1}, otrajā ar būtiski lielāku koku skaitu 5010 – 6600 gab. ha^{-1}. Pirmajā grupā audzes vecuma variēšanas intervāls ir 15 – 40 gadi, audzes vidējais caurmērs 12.9 – 18.6 cm, škērslaukums 23.2 – – 42.4 m^2 ha^{-1}. Otro grupu veido 14 – 17 gadus vecas audzes ar ievērojami mazāku vidējo audzes caurmēru (8 – 9.4 cm) un 28.9 – 42.7 m^2 ha^{-1} lielu audzes šķērslaukumu. Var secināt, ka līdzīgas, 170 – 237 m^3 ha^{-1} lielas krājas var veidot gan audzes ar lielu koku skaitu (5000 – 6600 gab. ha^{-1}), gan ievērojami retākas, kurās koku skaits nepārsniedz 2200 gab. ha^{-1}. Pilnībā apstiprinās pēc literatūras datiem konstatētās likumsakarības, ka lielu krāju var veidot audzes ar lielu biezību. Baltalksnis ir ātras augšanas un attīstības suga (Крамер, Козловский, 1963), kas īsā laika posmā spēj dot lielu koksnes krāju no platības vienības (Mūrnieks, 1950). Meža taksācijā ir vispārzināma audzes krājas atkarība no šķērslaukuma. Pēdējais savukārt atkarīgs no koku skaita un to caurmēra. Mazs koku skaits ar vidēji lieliem caurmēriem var dot kopsummā mazāku krāju nekā biezas audzes ar relatīvi tieviem kokiem (Этверк, 1974).

3.2. tabula

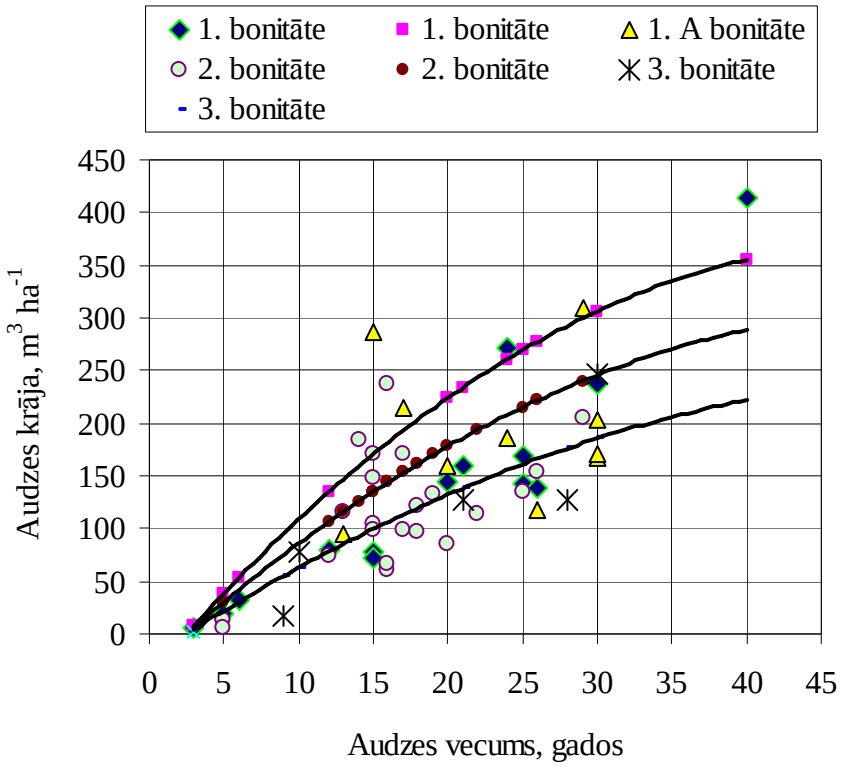
Ražīgāko baltalkšņa audžu krājas atkarība no audzes taksācijas parametriem

PL	Boni-tāte	Vecums gados	D_g, cm	H_g, m	V, m^3	Koku skaits, gab. ha^{-1}	G, m^2 ha^{-1}	M, m^3 ha^{-1}
2005. – 18.	1 A	15	12.9	15.2	0.0990	2870	37.7	286
2005. – 14.		17	14.5	15.8	0.1260	1720	28.2	215
2006. – 21.		24	16.0	21.0	0.1456	1280	26.0	186
2006. – 06.		29	16.9	19.8	0.1635	1890	42.3	309
2006. – 09.		30	18.0	19.4	0.1876	910	23.2	171
2006. – 10.		30	18.6	20.6	0.2069	980	26.8	203
2005. – 16.	1	24	15.7	17.4	0.1600	1700	32.6	272
2006. – 30.		25	13.1	17.2	0.0894	1890	25.6	169
2006. – 14.		30	14.3	18.8	0.1079	2200	35.0	238
2007. – 06.		40	17.8	20.9	0.2420	1710	42.4	414
2005. – 13.	2	14	8.6	10.9	0.0320	5640	32.2	184
2006. – 05.		15	8.0	10.4	0.0257	6600	24.3	170
2006. – 02.		16	9.4	11.5	0.0383	6200	42.7	237
2006. – 04.		17	8.6	12.3	0.0340	5010	28.9	170
2007. – 05.		30	13.2	16.8	0.1126	2190	23.1	247

Lai īsā laikā iegūtu lielu koksnes krāju, kas izmantojama kurināmās šķeldas iegūšanai, baltalkšņa audzēs 14 – 17 gadu vecumā nepieciešami vairāk koku par 3000 gab. ha^{-1}. Šādu audžu izveidošanas iespējas jāpārbauda papildus pētījumos.

3.1.2. Pētīto baltalkšņa audžu dendrometrisko rādītāju salīdzinājums ar augšanas gaitas tabulām

Baltalkšņa audžu atrašanās vieta P. Mūrnieka (1963) bonitāšu skalā redzama 3.9. attēlā. No tā redzams, ka 1. A līdz 2. bonitātes audžu faktiskās krājas var atrasties gan virs 1. bonitātes, gan arī zem 3. bonitātes līknes. Tas liecina par krājas skaitlisko lielumu izkliedes plašo amplitūdu, kas atkarīga no augšanas apstākļiem, koku skaita platības vienībā, koku caurmēra un augstuma, gan aprēķinātā taksācijas rādītāja - audzes šķērslaukuma. Pēdējais, kā norādīts iepriekš, cieši saistīts ar audzes krāju. Krāja lielāka par 300 m^3 ha^{-1} konstatēta tikai divās audzēs, un 251 – 300 m^3 ha^{-1} arī 2 audzēs. P. Mūrnieka pētījumā audzes krāja lielāka par 301 m^3 ha^{-1} konstatēta 6 audzēs jeb 7.5 % gadījumu 33 – 49 gadus vecās audzēs.

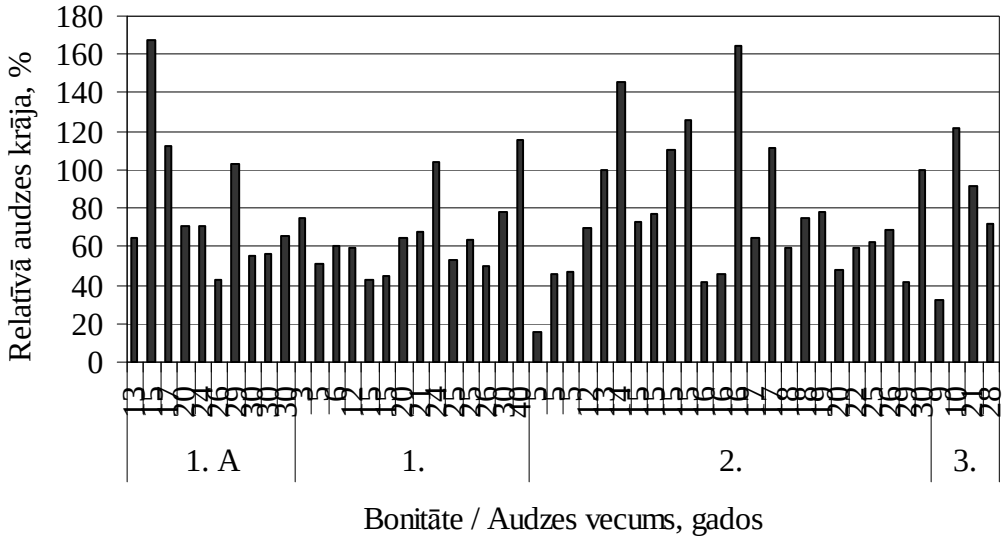


3.9. att. Baltalkšņa audžu faktisko krāju atrašanās vieta bonitāšu skalā

Lai spriestu par audžu ražību, svarīgi izdarīt audžu krājas skaitlisko vērtību salīdzinājumu ar P. Mūrnieks (1963) AGT, kurās doti pilnas biezības audžu taksācijas parametri. Kā norāda P. Mūrnieks (1950), AGT sastādīšanai izmantotas audzes ar iespējami lielu koku skaitu. Tās parasti tiek uzskatītas par pilnas biezības audzēm, lai gan iespējams, ka dabā sastopamas audzes ar lielāku koku skaitu un šķērslaukumu. Faktisko krāju datu analīzes vajadzībām izmantots relatīvās krājas jēdziens, kas atbilst faktiskās krājas attiecībai pret pilnas biezības audžu krāju attiecīgajā bonitātē AGT un izteikts procentos.

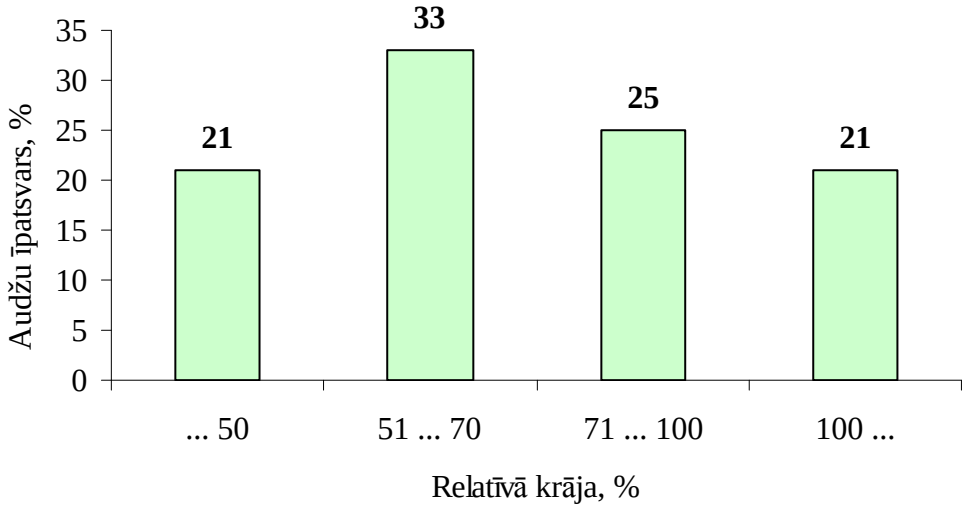
Baltalkšņa AGT ir izdalītas tikai 3 bonitātes, pētījumā 1. A un 1. bonitātes audžu faktiskās krājas salīdzinātas ar 1. bonitātes audžu parametriem, bet pārējās audzes ar atbilstošās bonitātes rādītājiem. Baltalkšņa audžu relatīvā krāja 1. A un 1. bonitātes audzēs tikai 5 gadījumos no 24 jeb 21 % gadījumu pārsniedz pilnas biezības audžu krāju (3.10. att.). Pārējās šo bonitāšu audzēs relatīvās krājas vērtības atrodas intervālā starp 43 un 78 %. Vislielākā relatīvā krāja ir 2005. - 18. PL 15 gadus vecā 1. A bonitātes audzē, kas uz pārējo fona izceļas ar lielāku koku skaitu - 2680 gab. ha^{-1}. Augstas relatīvās krājas ir 15 - 40 gadus vecās audzēs.

Relatīvās krājas vērtības 2. un 3. bonitātes audzēs, vienādas vai lielākas par 100 %, sastopamas 33 % audžu. Sevišķi lielas krājas sastopamas galvenokārt 10 - 17 gadus vecajās audzēs, kurās hipotētiski ir bijis liels sākotnējais koku skaits un nav noticis intensīvs koku atmiršanas process. Tas sakrīt ar mežkopībā zināmo apgalvojumu, ka koku skaita samazināšanās mazāk intensīvi notiek zemāku bonitāšu audzēs (Ткаченко, 1955; Skudra, Dreimanis, 1993; Белов, 1983).



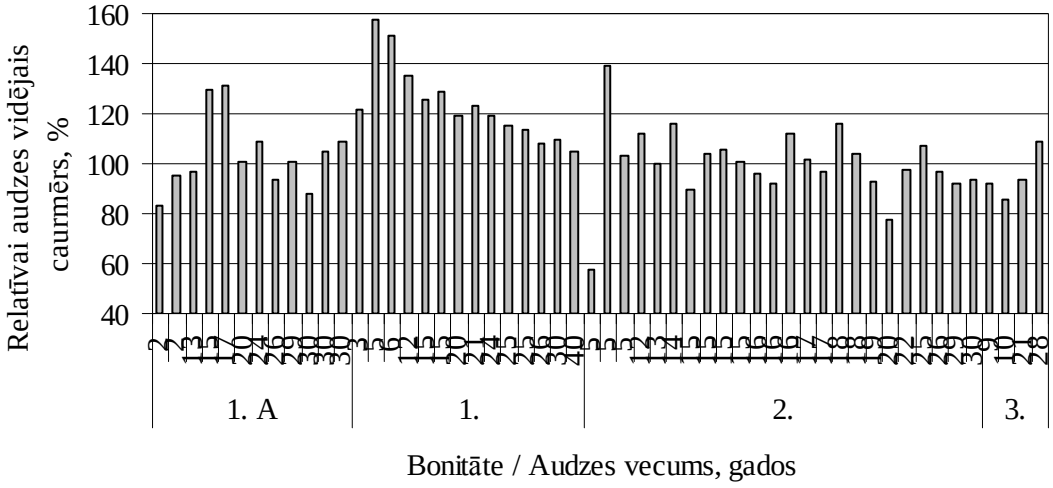
3.10. att. Balltalkšņa audžu relatīvās krājas dažādu bonitāšu un vecuma audzēs

Audžu īpatsvars atkarībā no relatīvās krājas skaitliskās vērtības parādīts 3.11. attēlā. Relatīvā krāja, vienāda un zemāka par 50 %, sastopama 21 % no audžu kopskaita, 33 % audžu relatīvā krāja ir robežās no 51 - 70 %. Pilnas biezības un lielāku audžu krāju sasniedz piektā daļa jeb 21 % baltalkšņa audžu.



3.11. att. Audžu sadalījums relatīvās krājas grupās

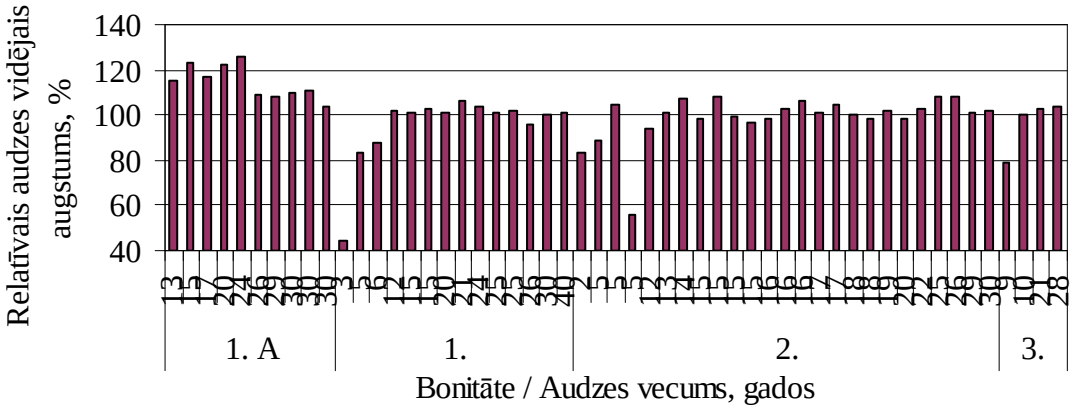
Audzes vidējo caurmēru relatīvās vērtības raksturojas ar mazu variēšanas amplitūdu (3.12. att.).



3.12. att. Balltalkšņa audžu relatīvie caurmēri dažādu bonitāšu un vecuma audzēs

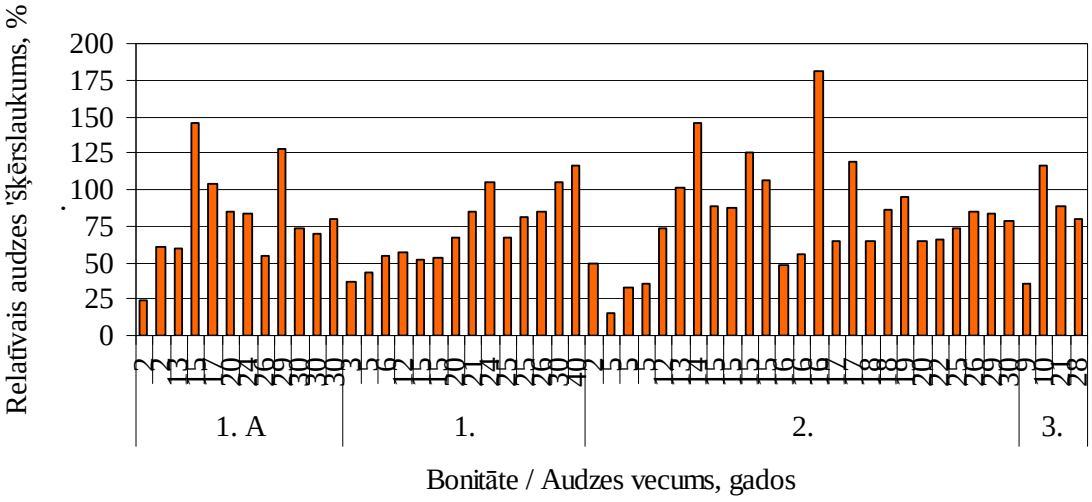
Audzes vidējo augstumu relatīvās vērtības raksturojas ar mazu variēšanas amplitūdu (3.13. att.).

Visu bonitāšu līdz 10 gadiem vecās audzēs vidējā augstuma vidējās vērtības ir zemākas nekā vecākās audzēs. Relatīvie augstumi ⅔ audžu (66 %) pārsniedz 100 %. Tas nozīmē, ka reālajās baltalkšņu audzēs vidējie augstumi ir lielāki nekā AGT. Visās 1. A bonitātes audzēs relatīvie augstumi ir lielāki nekā 1. bonitātes rādītāji AGT, kas apliecina 1. A bonitātes izdalīšanas pamatotību. Līdz 10 gadus veco audžu vidējie augstumi ievērojami atpaliek no AGT.



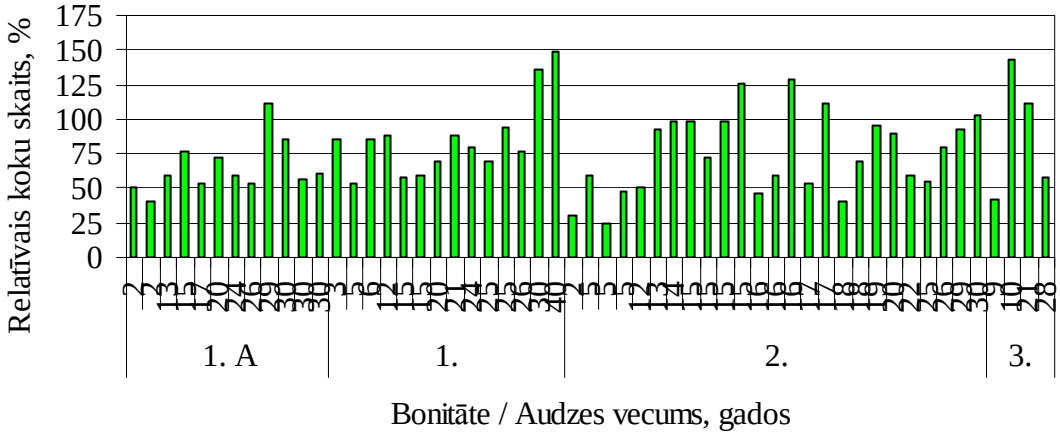
3.13. att. Balltalkšņa audžu relatīvie audžu vidējie augstumi dažādu bonitāšu un vecuma audzēs

Relatīvais audžu šķērslaukums raksturo audžu biezību (3.14. att.). Reālās baltalkšņa audzes tikai 24 % gadījumu atbilst pilnas biezības kritērijiem (relatīvais šķērslaukums 100 % un vairāk). Audzes biezība 7 un vairāk konstatēta 56 % audžu. Mazas biezības audzes raksturīgas visu bonitāšu baltalkšņa jaunaudzēs.



3.14. att. Balltalkšņa audžu relatīvie audžu šķērslaukumi dažādu bonitāšu un vecuma audzēs

Pētīto audžu koku skaita salīdzinājums ar AGT liecina, kas tas reālajās audzēs ir ievērojami mazāks, kas izsauc relatīvā šķērslaukuma un krājas ievērojami zemākos parametrus (3.15. att.).



3.15. att. Relatīvais koku skaits baltalkšņa audzēs

Tikai 16 % audžu relatīvais koku skaits pārsniedz AGT parametrus. Visai liels ir to audžu īpatsvars (38 %), kurās koku skaits nepārsniedz 60 % no koku skaita pilnas biezības audzēs.

Audžu relatīvo taksācijas rādītāju analīze liecina, ka visciešākā korelācija pastāv starp audzes relatīvo šķērslaukumu un audzes relatīvo krāju (R^2 = 0.812, $p < 0.0000$), ievērojami zemāki korelācijas koeficienti konstatēti starp relatīvo koku skaitu un relatīvo krāju (R^2 = 0.390, $p < 0.0000$). Statistiski ticamas korelācijas nepastāv starp relatīvo audzes vidējo caurmēru, augstumu un relatīvo audzes krāju (R^2 = 0.014 - 0.077, $p > 0.05$).

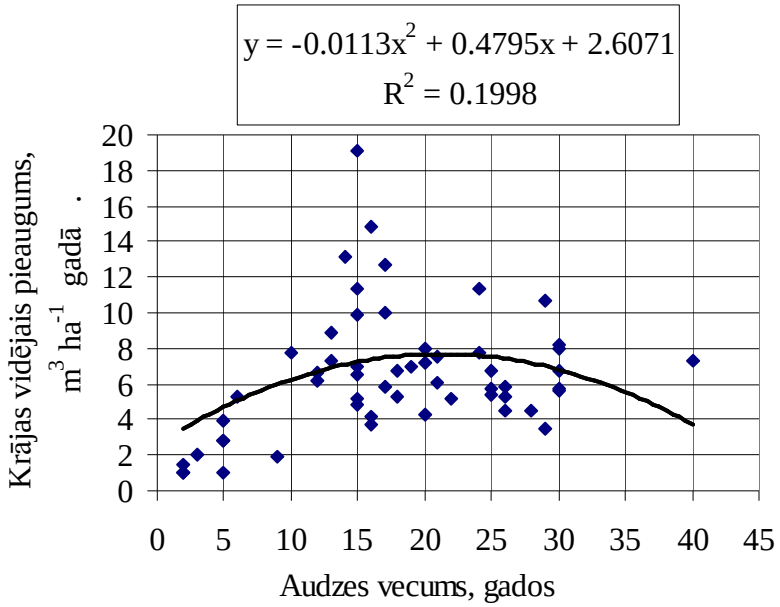
3.1.3. Baltalkšņa audžu krājas vidējais pieaugums

Krājas vidējais pieaugums 10.0 – 14.8 m^3 ha^{-1} gadā raksturīgs 14 – 17 gadus vecajām audzēm ar lielu biezumu. Četrās 30 gadus vecās audzēs krājas vidējais pieaugums nepārsniedz 5.7 – 8.2 m^3 ha^{-1} gadā. Lielāko krājas vidējo pieaugumu baltalkšņa audzes sasniedz 14 – 17 gadu vecumā, ko nodrošina liels koku skaits platības vienībā un atbilstoši augsts audzes šķērslaukums.

Baltalkšņa audžu krājas vidējais pieaugums atšķiras pa vecumklasēm ($p = 0.011 < \alpha = 0.05$). Baltalkšņa audzēs krājas vidējais pieaugums 20 gadu vecumā sāk samazināties. Tas ir, par 4 gadiem vēlāk, nekā norādīts literatūrā (Mūrnieks 1963) un, ko apliecina 3.16. attēls.

Vidējais krājas pieaugums ir samērā variējošs lielums. Tikai 9 audzēs no 55 jeb 20 % gadījumu krājas vidējais pieaugums ir lielāks par 10 m^3 ha^{-1} gadā. Vairumam audžu krājas vidējais pieaugums pēc 10 gadu vecuma ir robežās no 5 līdz 10 m^3 ha^{-1} gadā. Vairākās 13 – 17 gadus vecās audzēs krājas vidējais pieaugums pārsniedz 10 m^3 ha^{-1} gadā, kam par iemeslu vairumā gadījumu ir liels koku skaits – 5000 – 6600 gab. ha^{-1}. Divos gadījumos gāršā lielu vidējo krājas pieaugumu nosaka ievērojami lielāks audzes vidējai caurmērs (2005. – 14. un 2005. –18. PL), attiecīgi 14.5 cm un 12.9 cm.

Pētīto baltalkšņa audžu krājas pieauguma vērtības (3.3. tab.) kopumā būtiski neatšķiras atkarībā no audzes bonitātes ($p = 0.461 > \alpha = 0.05$), kā arī no baltalkšņa meža tipa ($p = 0.763 > \alpha = 0.05$).



3.16. att. Krājas vidējā pieauguma izmaiņas atkarībā no audzes vecuma

Pētījuma objektos ir audzes, kurās vidējais krājas pieaugums pārsniedz 10 m^3 ha^{-1}. Pirmās A bonitātes audzēs tās sastāda 23 % no visām audzēm, 1. bonitātes – – 14 %, 2. bonitātes – 17 %. Literatūrā atrodams, ka baltalkšņu audzes, kā koksnes ražotājas, līdz 50 gadu vecumam pārspēj citas koku sugas. Baltalkšņa audzes pārspēj visražīgākās 1. A bonitātes bērza audzes, kuru krājas vidējais pieaugums 30 gadu vecumā ir 6.7 m^3 ha^{-1} (Mūrnieks, 1950). Krājas vidējais pieaugums aprēķināts audzes krāju izdalot ar audzes vecumu.

3.3. tabula

Krājas vidējais pieaugums baltalkšņu audzēs

Bonitātes	Krājas vidējais pieugums, m^3 ha^{-1} gadā			Audžu vecuma intervāls gados
	$x_{vid} \pm s_{\bar{x}}$	minimālais	Maksimālais	
1. A	7.4 ± 1.42	0.8	19.1	2 ≤ 30
1.	6.4 ± 0.66	2.0	11.3	3 ≤ 40
2.	7.2 ± 0.69	1.0	16.2	5 ≤ 30
3.	5.5 ± 1.37	1.9	8.3	9 ≤ 28

Apzīmējumi:

$x_{vid} \pm s_{\bar{x}}$ – vidējais pieaugums ± standartkļūda, m^3 ha^{-1} gadā

Vislielākais krājas vidējais pieaugums konstatēts 1. A bonitātes gāršas audzēs un 1. bonitātes vēra audzē, kur tas pārsniedz 15 m^3 ha^{-1} gadā. Literatūrā atrodams, ka visproduktīvākās baltalkšņa audzes veidojas uz māla augsnēm (Johanson, 1999). Gāršas atrodas uz mālainām, labi aerētām skābām augsnēm un uz labi aerētām, mālainām vai smilts augsnēm ar ļoti lielu duļķu piejaukumu un podzolēšanās pazīmēm, kur augsnes virskārtu veido amorfs saldais trūds, kā rezultātā baltalksnis spēj veidot vienas no produktīvākajām audzēm (Bušs, 1981). Piemēram (3.1. pielikums), 15-gadīgajā 1. A bonitātes gāršas audzē (2005. – 8. PL) ar audzes krāju 286 m^3 ha^{-1} krājas vidējais pieaugums ir 19.1 m^3 ha^{-1}. Sešpadsmitgadīgai 1. bonitātes vēra audzei (2006. – 2. PL) ar audzes krāju 259 m^3 ha^{-1} krājas vidējais pieaugums ir 16.2 m^3 ha^{-1} gadā. Salīdzinot ar P. Mūrnieka (1963) pētījumiem, tas pārsniedz 17-gadīgās audzes rādītāju par 2.7 m^3 ha^{-1}. Pētījumā 17-gadīgā 1. A bonitātes gāršas audzē (2005. – 14. PL) ar vidējo koka audzes krāju 215 m^3 ha^{-1} krājas vidējais pieaugums ir 12.7 m^3 ha^{-1} gadā. Literatūra minēts, ka 17 gadu vecumā krāja sastāda 230 m^3 ha^{-1} ar vidējo pieaugumu 13.5 m^3 ha^{-1} gadā (Mūrnieks, 1950). Pētījumā šajā vecumā krājas vidējais pieaugums ir par 0.8 m^3 ha^{-1} zemāks nekā norādīts literatūrā.

Literatūrā atrodams (Zālītis, 2006), ka platlapju ārenī bieži veidojas ne tikai ošu, melnalkšņu, bērzu un apšu, bet arī baltalkšņu audzes. Šajā baltalkšņa meža tipā raksturīgas augsnes ar biezu, labi sadalījušos saldā humusa slāni, zem kura atrodas barības vielām bagāti minerālie horizonti un cilmiezis ar karbonātiem.

Analizējot visas pētītās baltalkšņa audzes, viszemākās krājas vidējais pieaugums kopumā konstatēts slapjajā vērī, kurā veidojas 2. un 3. bonitātes audzes. Šajās audzēs 16 – 28 gadu vecumā krājas vidējais pieaugums ir 4.6 m^3 ha^{-1} gadā. Literatūrā minēts, ka slapjajā vērī izaug mazražīgas audzes, jo augsnes virskārtu veido koku un ogulāju jēlkūdras slānis, zem kura atrodami vidēji bagāti podzolētās mālsmilts vai māla slāņi (Zālītis, 2006). Izvērtējot divas 16-gadīgās 2. bonitātes slapjā vēra audzes (2006. – 16. un 2006. un 28. PL), konstatēts, ka krājas vidējais pieaugums ir tikai 4.1 un 4.6 m^3 ha^{-1} gadā.

3.1.4. Nodaļas kopsavilkums

Starp audzes bonitāti un pārējiem audzes dendrometriskajiem rādītājiem konstatētas vājas negatīvas korelatīvas sakarības, jo nekoptās baltalkšņa audzēs visus audzes parametrus ietekmē koku skaits platības vienībā, tas atkarīgs no audžu bonitātes un stipri atšķiras pat vienas bonitātes ietvaros.

Korelācijas un regresijas analīzes datu salīdzinājums skaidri pierāda, ka dendrometrisko parametru savstarpējās sakarības labāk apromiksē pakāpes regresijas vienādojumi ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$), lai gan Pīrsona korelācijas koeficienti ir statistiski ticami.

Pētītajās baltalkšņa audzēs izlīdzinātās audžu krājas dažādās bonitātēs atkarībā no vecuma ar augstu ticamību apromiksē pakāpes vienādojums ($p = 0.0000 – 0.0022 < < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.708 – 0.963$), ciešāka sakarība konstatēta, par argumentu izmantojot audzes šķērslaukumu ($p = 0.0000 - 0.006 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.927 – 0.988$).

Nekopto baltalkšņa audžu krāja 11 līdz 30 gadu vecās dažādu bonitāšu audzēs būtiski neatšķiras ($p = 0.0649 < \alpha = 0.05$). Audžu vidējā krāja 11 – 15 gadu vecumā ir 126 m^3 ha^{-1} un atbilstoši 16 – 20 gadu vecumā – 156 m^3 ha^{-1}, 21 – 25 gadu vecumā – 177 m^3 ha^{-1} un 26 - 30 gadu vecumā – 208 m^3 ha^{-1}.

Ražīgāko audžu krājas analīze liecina, ka tā variē plašā diapazonā starp 170 – 410 m^3 ha^{-1}, un tikai divās audzēs pārsniedz 300 m^3 ha^{-1}. Analogi lielas krājas – 170 – 237 m^3 ha^{-1} veido gan audzes ar lielu koku skaitu (5500 – 6600 koku ha^{-1}), gan ievērojami retākas audzes, kur koku skaits nepārsniedz 2200 koku uz ha.

Divās trešdaļās audžu relatīvie augstumi pārsniedz 100 %, tas nozīmē, ka reālajās baltalkšņa audzēs vidējie augstumi ir lielāki nekā AGT. Darbā izdalītajās 1. A bonitātes audzēs relatīvie augstumi ir lielāki nekā 1. bonitātes rādītāji AGT, kas apliecina 1. A bonitātes izdalīšanas pamatotību. Līdz 10 gadu veco audžu vidējie augstumi ievērojami atpaliek no AGT rādītājiem.

Tikai 16 % audžu relatīvais koku skaits pārsniedz AGT parametrus. Visai liels ir to audžu īpatsvars (38 %), kurās koku skaits nepārsniedz 60 % no koku skaita pilnas biezības audzēs.

Audžu relatīvo taksācijas rādītāju analīze liecina, ka visciešākā korelācija pastāv starp audzes relatīvo šķērslaukumu un audzes relatīvo krāju ($R^2 = 0.812$, $p < 0.0000$), ievērojami zemāki korelācijas koeficienti ir starp relatīvo koku skaitu un relatīvo krāju ($R^2 = 0.390$, $p < 0.0000$). Statistiski ticamas korelācijas nepastāv starp relatīvo audzes vidējo caurmēru, augstumu un relatīvo audzes krāju ($R^2 = 0.014 - 0.077$, $p > 0.05$).

Reālās baltalkšņa audzes tikai 24 % gadījumu sasniedz un pārsniedz biezību 10. Audzes biezība 7 un vairāk ir 56 % audžu. Mazas biezības audzes raksturīgas visu bonitāšu baltalkšņa jaunaudzēs.

Relatīvā krāja vienāda un zemāka par 50 % sastopama 21 % no audžu kopsakaita, 33 % audžu relatīvā krāja ir robežās no 51 – 70 %. Sevišķi lielas krājas galvenokārt sastopamas 10 – 17 gadu vecajās audzēs, kurās saglabājies vairāk koku par 5500 gab. ha^{-1}.

Krājas vidējais pieaugums 10.0 – 14.8 m^3 ha^{-1} raksturīgs 14 – 17 gadu vecajām audzēm ar lielu biezumu, kas atkarīgs no koku skaita platības vienībā un atbilstoši lielu audzes šķērslaukumu. Krājas lielākais vidējais pieaugums konstatēts 1. A bonitātes gāršas un 1. bonitātes vēra audzēs, kas pārsniedz 10 m^3 ha^{-1} gadā, zemākais – slapjajā vērī, kas nepārsniedz 5 m^3 ha^{-1} gadā.

Tikai 20 % audžu krājas vidējais pieaugums ir lielāks par 10 m^3 ha^{-1} gadā. Baltalkšņa audzēs krājas vidējais pieaugums 20 gadu vecumā sāk samazināties. Baltalkšņa krājas vidējais pieaugums būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs ($p = 0.461 > \alpha = 0.05$).

3.2. Baltalkšņa audžu struktūra

Mežaudžu struktūra ietekmē koku stāvokli audzē, to vainagus, caurmēra un augstuma pieaugumu, stumbra tilpumu un audzes krāju. Audzes krājas vērtība atkarīga no koku skaita sadalījuma caurmēra pakāpēs. Liels augšanā atpalikušu, ceturtās un piektās Krafta klases koku skaits liecina par intensīvu diferencēšanās procesu, potenciālu koku atmirumu un audžu produktivitātes samazināšanos. Pieaugot vecumam, koksnes krājas pieauguma gaita biezās audzēs samazinās. Atmirušo koku krāja var pārsniegt koksnes pieaugumu, un sākas audzes krājas samazināšanās. Liels koku skaits samazina atsevišķa koka augšanas telpu, samazina fotosintezējošo vainagu un koksnes pieaugumu. Liels tievu koku īpatsvars samazina darba ražīguma rādītājus audzes nociršanas laikā.

3.2.1. Koku skaita izmaiņu raksturs baltalkšņa audzēs

Dabiskās atjaunošanās procesā veidojušās audzēs koki to lielā skaita dēļ dala savā starpā dzīves telpu, rada savstarpēju apēnojumu, konkurē ar saknēm pēc ūdens un tajās izšķīdušajām augu barības vielām. Šajā gadījumā izdzīvo tikai spēcīgākie koki, kas turklāt nokļuvuši labākos mikrovides apstākļos. Atmiršanas procesam pakļauti īpatņi, kuri augšanā atpalikuši pirmajos dzīves gados vai auguši sliktākos vides apstākļos. Lielākā daļa audzes koku nesasniedz audzes dabisko gatavumu. Tie priekšlaicīgi nokalst, kļūstot par kritalām. Tajā pašā laikā citi audzes indivīdi izmanto atbrīvojušos augšanas resursus un kritalu sadalīšanās procesā radušās augu barības vielas (Белов, 1983). Koku dabiskās diferencēšanās process baltalkšņa mežaudzēs sasniedz milzīgus apmērus. Pēc literatūras datiem var secināt, ka līdz 50 gadu vecumam saglabājas tikai 3 – 7 % no sākotnējā koku skaita uz platības vienības. Mazākais koku skaita saglabāšanās procents konstatēts zemāko bonitāšu audzēs (Mūrnieks, 1963).

Pētītajās audzēs baltalksnis dabiski atjaunojies gan ar sēklām, gan celma un sakņu atvasēm. Atvašu grupas ap celmiem ir ar lielāku skaitu un izceļas ar labākām augšanas spējām. Pētot baltalkšņa audzes, ir novērots, ka nomāktās un apēnotās atvases aiziet bojā. Baltalkšņa audzēs no 2 līdz 30 gadu vecumam nokaltušo koku skaits variē starp 0.4 – 9.0 %, vidējais rādītājs – 4.1 ± 0.37 % no koku skaita audzē, variācijas koeficients – 66 %. Koku atmiršanas procents pētītajās baltalkšņa audzēs nav atkarīgs no audzes bonitātes ($p = 0.545 > \alpha = 0.05$) un baltalkšņa meža tipa ($p = 0.81 > \alpha = 0.05$), bet būtiski atšķiras atkarībā no baltalkšņa audžu vecumklases ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.92$). Vismazākais nokaltušo koku skaits ir vērojams divgadīgās un trīsgadīgās audzēs – 0.4 – 1.4 %, jo koki nav vēl pakļauti diferenciācijai. Vislielākais koku atmirums ir konstatēts 5 – 20 gadus vecās baltalkšņa audzēs. Tas ir, audzēs no 5 līdz 15 gadu vecumam – 4.0 – 9.2 % no kopējā koku skaita katrā audzē, no 16 līdz 20 gadiem – 3.0 – 9.0 %. Vecumā no 21 līdz 25 gadiem vērojams, ka atmirušo koku skaits samazinās un pētījuma objektos sastāda 3.0 – 6.6 %, bet no 26 līdz 30 gadiem – 0.5 – 2.1 % no kopējā koku skaita. Literatūrā konstatētais sakrīt ar pētījuma datiem, ka vislielākais koku atmirums vērojams tieši vecumā no 5 līdz 20 gadiem (Kundziņš, 1937; Mūrnieks, 1963). Baltalksnis neapšaubāmi pieder pie ātraudzīgām koku sugām. Augstākais ikgadējais koku atmirums ir sugām ar mazāku brieduma vecumu (Ozolincius u.c., 2005).

Pētījumā izraudzītā 6 koku parauglaukumu metode ļauj analizēt koku skaita izvietojuma nevienmērīgo raksturu baltalkšņa audzēs. Pētītajās audzēs konstatēts nevienmērīgs koku izvietojums, jo koku skaita variācijas koeficients no 2 līdz 40 gadu

vecās audzēs mainās no 5 līdz 139 % (3.4. tab.). Tas nozīmē, ka audzē ir vietas ar grupveida koku izvietojumu, kas ietekmē citus koku un audzes dendrometriskos rādītājus. Uzmērītajās audzēs no 2 līdz 5 gadu vecumam koku skaita variācijas koeficienta vērtība mainās 12 – 64 %, bet koku skaits no 6 līdz 10 gadu vecumam ir 5240 līdz 22400 gab. ha^{-1}. Koku skaita variācijas koeficients no 6 līdz 10 gadu vecumam baltalkšņa audzēs variē no 16 – 57 %, koku skaits tajās – no 7120 līdz 20800 gab. ha^{-1}, no 11 līdz 15 gadu vecumam koku skaita variācijas koeficients mainās 11 – 89 %, koku skaits tajās ir no 2130 līdz 6600 gab. ha^{-1}. Koku skaita variācijas koeficients no 16 līdz 20 gadu vecās audzēs ir 7 – 125 %, koku skaits – no 1720 līdz 6200 gab. ha^{-1}, no 21 līdz 25 gadu vecumam variācijas koeficients 5 – 84 % un koku skaits – no 1400 līdz 5270 gab. ha^{-1}, no 26 līdz 30 gadu vecumam koku variācijas koeficients mainās 7 – 139 %, koku skaits – no 910 līdz 2200 gab. ha^{-1}. Visās baltalkšņu audžu vecumklasēs sastopams nevienmērīgs koku izvietojums platībā. Vairumā gadījumu koku skaita variācijas koeficients nepārsniedz 100 %. Analizējot literatūras datus par baltalkšņa audžu atjaunošanos ar atvasēm, var secināt, ka koku skaita variācijas koeficientu ietekmē iepriekšējās audzes ciršanas vecums un iepriekšējās audzes nocirsto koku celmu izvietojums, jo spēcīgākas atvases rodas ne vien no celma, bet arī uz resnākajām saknēm celma tuvākajā apkārtnē (Kundziņš, 1937), kas labi veido sakņu atvases (Dengler, 1992).

Jaunākajās baltalkšņu audzēs koku skaita variācijas koeficienta skaitliskās vērtības ir zemākas, jo tajās ir liels koku skaits.

3.4. tabula

Koku skaita mainīgums baltalkšņa audzēs

PL	Bonitāte	MT	Vecums, gados	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	Vk, %
2005. – 7.	1. A	Gr	2	0.8 ± 0.28	20600 ± 2781	43
2007. – 1.		Gr	2	0.8 ± 0.35	16400 ± 2020	41
2007. – 2.		Ap	2	1.0 ± 0.35	22400 ± 2170	57
2005. – 11.		Gr	13	8.4 ± 0.22	2620 ± 941	139
2005. – 18.		Gr	15	12.9 ± 0.48	2870 ± 340	46
2005. – 14.		Gr	17	14.5 ± 0.22	1720 ± 286	65
2006. – 11.		Vr	20	12.8 ± 0.22	2200 ±198	16
2006. – 21.		Gr	24	16.0 ± 0.42	3670 ± 301	18
2006. – 15.		Gr	26	14.6 ± 0.69	2210 ± 341	22
2006. – 6.		Vr	29	16.9 ± 0.23	910 ± 96	48
2006. – 9.		Vr	30	18.0 ± 0.22	1760 ± 260	43
2006. – 10.		Vr	30	18.6 ± 0.24	1490 ± 270	10
2006. – 23.		Gr	30	15.0 ± 0.68	2030 ± 282	12
2005. – 6.	1.	Vr	3	1.3 ± 0.02	21520 ± 2545	37
2005. – 4.		Vr	5	3.1 ± 0.14	5240 ± 609	12
2005. – 5.		Vr	5	3.1 ± 0.11	7480 ± 2083	28
2005. – 3.		Vr	6	3.4 ± 0.08	9400 ± 617	21
2005. – 12.		Vr	12	6.4 ± 0.22	4250 ± 570	52
2006. – 8.		Ap	15	8.8 ± 0.22	1900 ± 311	25

3.4. tabulas nobeigums

PL	Bonitāte	MT	Vecums, gados	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	Vk, %
2006. – 18.	1	Gr	15	9.0 ± 0.48	1280 ± 223	96
2005. – 17.		Vr	20	11.4 ± 0.60	2970 ± 404	34
2006. – 29.		Vr	21	12.2 ± 0.92	2140 ± 460	15
2005. – 16.		Vr	24	15.7 ± 0.29	1700 ± 238	54
2006. – 7.		Vr	25	13.9 ± 0.32	980 ± 99	12
2006. – 30.		Vr	25	13.1 ± 0.92	1860 ± 305	11
2006. – 17.		Gr	26	13.5 ± 0.16	3200 ± 435	15
2006. – 14.		Vr	30	14.3 ± 0.69	1460 ± 216	9
2007. – 6.		Grs	40	17.8 ± 0.02	1710 ± 94	25
2005. – 1.	2.	Vrs	5	2.3 ± 0.05	10720 ± 1034	31
2005. – 8.		Grs	5	1.3 ± 0.03	13330 ± 4020	30
2005. – 10.		Vr	12	7.1 ± 0.32	3580 ± 1155	125
2005. – 9.		Gr	13	6.9 ± 0.23	5810 ± 560	37
2005. – 13.		Vrs	14	8.6 ± 0.24	5640 ± 502	35
2006. – 1.		Vr	15	8.4 ± 0.13	5150 ± 591	11
2006. – 5.		Vr	15	8.0 ± 0.22	2210 ± 545	5
2006. – 19.		Vr	15	8.2 ± 0.47	1910 ± 174	17
2006. – 25.		Vr	15	7.1 ± 0.48	2860 ± 196	9
2006. – 2.		Vr	16	9.4 ± 0.09	6200 ± 423	7
2006. – 16.		Vrs	16	8.1 ± 0.47	3790 ± 643	15
2006. – 28.		Vrs	16	7.7 ± 0.60	2970 ± 404	65
2005. – 15.		Vrs	17	9.1 ± 0.28	2390 ± 516	84
2006. – 4.		Ap	17	8.6 ± 0.23	1200 ± 169	19
2006. – 3.		Vr	18	9.7 ± 0.13	2870 ± 256	9
2006. – 27.		Grs	18	10.9 ± 0.61	1890 ± 203	11
2006. – 24.		Vr	19	9.1 ± 0,59	1720 ±184	8
2006. – 20.		Vr	20	8.0 ± 0.60	1380 ± 160	14
2006. – 22.		Vr	22	10.9 ± 0.90	5160 ± 471	9
2006. – 13.		Vr	25	13.2 ± 0.29	2240 ± 335	18
2006. – 26.		Vr	26	1.3 ± 0.69	2180 ± 331	14
2007. – 4.		Vr	29	12.6 ± 0.69	2070 ± 150	89
2007. – 5.		Vr	30	13.2 ± 0.69	2190 ± 155	68
2005. – 2.	3.	Vrs	9	3.2 ± 0.07	7120 ± 559	21
2007. – 3.		Vr	10	3.4 ± 0.07	20800 ± 4231	73
2007. – 7.		Vrs	21	8.1 ±0.90	5270 ± 208	52
2006. – 12.		Vrs	28	12.0 ± 0.28	1020 ± 229	20

Apzīmējumi:

PL – parauglaukums; baltalkšņa audzes MT – ; baltalkšņa audzes meža tips; D ± $s_{\bar{x}}$, - audzes vidējā koka caurmērs ± standartkļūda, cm; N – koku skaits ± $s_{\bar{x}}$ standartkļūda, gab. ha^{-1}; Vk$_{\%}$ - koku skaita variācijas koeficients, %.

Baltalkšņa audžu koku skaita variācijas koeficienta vērtības būtiski neatšķiras starp bonitātēm ($p = 0.736 > \alpha = 0.05$), starp baltalkšņa meža tipiem ($p = 0.618 > \alpha = 0.05$) un

vecumklasēm ($p = 0.796 > \alpha = 0.05$), bonitāti un baltalkšņa meža tipu ($p = 0.558 > \alpha = 0.05$) un starp bonitāti, vecumklasi un baltalkšņa meža tipu ($p = 0.857 > \alpha = 0.05$); $R = 0.646$. Vidējais koku skaita variācijas koeficients dažādu bonitāšu audzēs variē no 33 līdz 39 %, tā minimālā vērtība no 5 līdz 20 % un maksimālā no 68 līdz 139 % (3.5. tab.). Dažādos baltalkšņa meža tipos vidējais variācijas koeficients mainās no 21 līdz 68 %. Vēra audzēs tas atbilst 30 ± 6.3 %, gāršas – 33 ± 7.3 %, slapjā vēra – 22 ± 4.7 %, slapjās gāršas – 23 ± 9.9 % un platlapju āreņa – 40 ± 25.0 %. Vecās audzes ciršanas periods nav maznozīmīgs faktors, kas ietekmē jaunās audzes koku izvietojuma variācijas koeficientu. Literatūrā norādīts (Mangalis, 2004), ka, lai panāktu vienmērīgu un spēcīgu atvašu veidošanos, baltalksnis, tāpat kā citas lapu koku sugas, jācērt vēlu rudenī vai ziemā, kad barības vielas no koka virszemes daļas pārvietojušās uz saknēm.

3.5. tabula

Baltalkšņa audžu koku skaita variācijas koeficienta vērtības

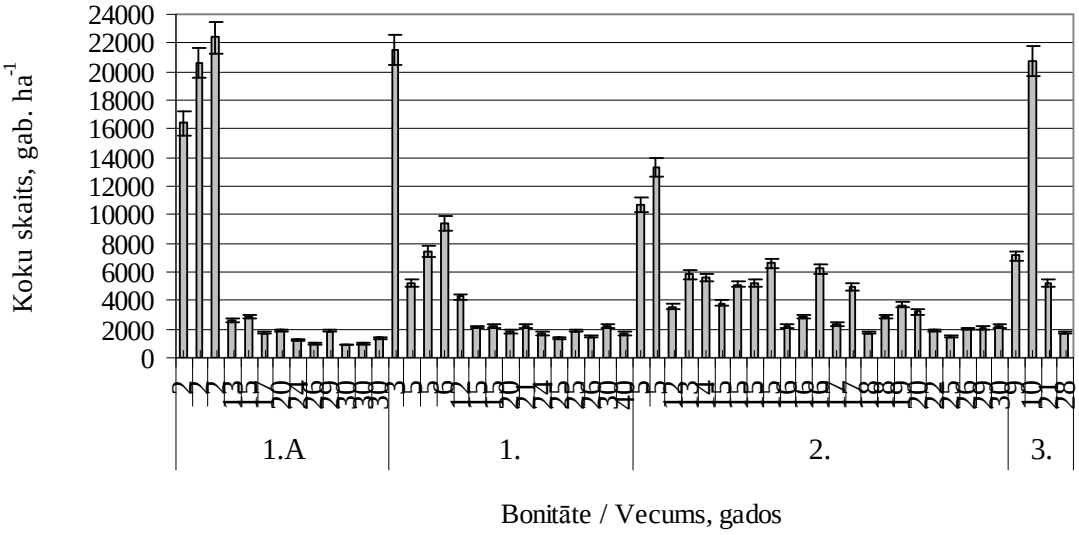
Bonitāte	Variācijas koeficienta rādītājs		
	vidējais	Minimālais	maksimālais
1. A	35 ± 7.2	9	89
1.	35 ± 8.9	5	139
2.	33 ± 6.5	7	125
3.	39 ± 10.3	20	68

Vidējais koku skaits divgadīgās 1. A bonitātes (2007. – 01.; 2005. – 07. un 2007. - 02. PL) divās gāršas audzēs ir 16400 un 20600 un platlapju ārenī – 22400 gab. ha^{-1}, attiecīgi koku skaita variācijas koeficients 41, 43 un 57 %. Variācijas koeficienta vērtība ir lielāka audzē ar lielāko koku skaitu, kas apliecina koku izvietojuma nevienmērību. Pirmās bonitātes vēra meža tipa audzēs (2005. – 04. un 2005. – 05. PL) divās piecgadīgās audzēs koku skaits ir 5240 un 7480 gab. ha^{-1}, objektos koku skaits atšķiras par 2240 gab. ha^{-1} (17.8 %). Šajos parauglaukumos, neskatoties uz vienādu koka vecumu un baltalkšņa meža tipu, koku skaita variācijas koeficients pirmajā – 12 % un otrajā audzē – 28 %. Variācijas koeficienta augstākā vērtība ir audzē ar mazāko koku skaitu. Tas nozīmē, ka koku izvietojums un variācijas koeficients pat viena vecuma, bonitātes un baltalkšņa meža tipā ir atšķirīgs.

Otrās bonitātes divās piecgadīgās gāršas audzēs (2005.– 01. un 2005. – 08. PL) koku skaits ir 10720 un 13330 gab. ha^{-1}, attiecīgi variācijas koeficients 31 un 30 %. Tas nozīmē, ka, neskatoties uz atšķirīgu koku skaitu audzēs, variācijas koeficients ir gandrīz vienāds.

Analizējot koku skaita mainību pētītajās baltalkšņa audzēs, konstatēts, ka grupveida izvietojums saglabājas audzēs pat 29 un 30 gadu vecumā. Otrās bonitātes vēra audzēs (2007. – 4. un 2007. – 5. PL) 29 un 30 gadu vecumā variācijas koeficients ir 89 % un 68 %, attiecīgi koku skaits šajās audzēs – 2180 un 2190. Baltalkšņa audzēs koku izvietojuma lielā mainība ietekmē koku vainagus, to asimilācijas virsmu un koksnes pieaugumu. Literatūrā minēts, ka baltalkšņa audzēs grupveidīgs izvietojums ir atkarīgs no nocirstās audzes vecuma un biezības. Iestājoties konkurencei, daļa atvašu atmirst, un 15 līdz 20 gadus vecās audzēs vērojami atkal pārsvarā pa vienam augoši koki (Kundziņš, 1937). Dažās audzēs arī pēc 20 gadu vecuma saglabājas 3 līdz 4 spēcīgi baltalkšņa koku puduri. Tas arī pētījuma objektos ietekmē baltalkšņa audžu koku variācijas koeficienta vērtību. Iepriekš minētām audzēm ir raksturīgs grupveidīgs koku izvietojums. Variācijas koeficienta vērtība ir augstāka par 60 %, kas ietekmē koku vainagus, to asimilācijas virsmu un koksnes pieaugumu.

Koku skaits pētāmajās audzēs pat vienādā vecumā ievērojami atšķiras (3.17. att. un 3.1. pielikums). Piemēram, divgadīgajās baltalkšņa audzēs koku skaits uz ha svārstās no 16400 līdz 22400 gab. ha^{-1}. Domājams, ka šīs koku skaita svārstības izskaidrojamas ar literatūrā atzīmēto, ka vislielākais atvašu skaits veidojas pavasara izcirtumos. Labas atvases veidojas arī vasaras izcirtumos, bet tās līdz ziemai pietiekoši nenobriest. Vislielāko atvašu skaitu dod audzes, kas nocirstas no februāra līdz koku sulu laikam (Kundziņš, 1937). Cirtes virziens un celmu augstums neietekmē atvašu skaitu (Upītis, 1931).



3.17. att. Koku skaits baltalkšņa audzēs atkarībā no audžu vecuma un bonitātes

Lielais lapu koku skaits dabiski atjaunojušās platībās liecina par lielas enerģijas daļas izlietošanu nelietderīgās konkurences cīņā (Jansons, 1998; Jansons un Zālītis, 1998). Baltalkšņa audzēs saglabājas vispārēja tendence koku skaitam samazināties līdz ar vecumu konkurences rezultātā. Koku skaits 2 – 10 gadus vecās audzēs atrodas robežās starp 5 un 22.4 tūkstošiem gab.ha^{-1} (3.5. att.). Tas ir vairāk nekā pietiekami pilnas biezības audzes izveidošanai.

Dotajos pētījuma objektos koku skaits būtiski atšķiras dažāda vecuma audzēs ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$). Koku skaita izkliedes intervāls 1. A bonitātes audzēs vecumā no 2 līdz 30 gadiem ir no 910 līdz 22400 gab. ha^{-1}, 1. bonitātes audzēs vecumā no 3 līdz 40 gadiem – no 1400 līdz 21520 gab. ha^{-1}, 2. bonitātes audzēs vecumā no 5 līdz 30 gadiem – no 1490 līdz 13330 gab.ha^{-1} un 3. bonitātes audzēs vecumā no 9 līdz 28 gadiem – no 1760 līdz 20800 gab.ha^{-1} (3.1. pielikums).

Pētītajās baltalkšņa audzēs koku skaits būtiski neatšķiras dažādos meža tipos ($p = 0.055 > \alpha = 0.05$). Piemēram, pirmās bonitātes 15-gadīgās gāršas un platlapju āreņa meža tipa audzēs tas ir 2130 un 2210 gab. ha^{-1}. Mijiedarbības faktors (audžu bonitāte un meža tips) būtiski ietekmē koku skaitu audzē ($p = 0.032 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.505$). Piemēram, salīdzinot 26 gadus vecas dažādas bonitātes un meža tipa audzes, konstatēts, ka 1. A bonitātes gāršā ir 1020 gab. ha^{-1}, 1. bonitātes gāršas audzē – 1460 gab. ha^{-1} un 2. bonitātes vēra audzē - 2030 gab. ha^{-1}. Koku skaits ir lielāks zemākās bonitātes vēra audzē. Izvērtējot koku skaitu uz ha divgadīgas 1. A bonitātes baltalkšņa divās gāršas (20600 gab. ha^{-1}), (16400 gab. ha^{-1}) un platlapju āreņa (22400 gab. ha^{-1}) meža tipa audzēs ir konstatēts, ka, neskatoties uz audžu vienādu bonitāti un vecumu, koku skaits ļoti atšķiras. Vislielākais koku skaits ir platlapju āreņa meža tipā. Salīdzinot vienas

bonitātes un dažādu baltalkšņa meža tipu 30 gadu vecās audzes, ir konstatēts, ka koku skaits audzēs atšķiras, piemēram, pirmās A bonitātes vēra audzē ir 980 gab. ha^{-1}, attiecīgi gāršas – 1380 gab.ha^{-1}. Šajās audzēs gāršas meža tipa audzēs koku skaits ir lielāks par 400 gab. ha^{-1}. Otrās bonitātes 18 gadu vecā vēra audzē ir 2870 gab. ha^{-1}, attiecīgi slapjajā gāršā – 1720 gab. ha^{-1}. Vēra meža tipa audzē koku skaits ir lielāks par 1150 gab. ha^{-1}.

Koku skaits dažādu bonitāšu audzēs (3.16. att.) būtiski atšķiras ($p = 0.001 < \alpha = = 0.05$). Baltalkšņa koku skaits (y) atkarībā no audzes vecuma (x) dažādas bonitātes audzēs ir raksturojams ar pakāpes regresijas vienādojumu (3.16). Pakāpes regresijas vienādojuma raksturojošie lielumi starp audzes vecumu un koku skaitu apkopoti 3.6. tabulā.

3.6. tabula

Sakarības ($y = ax^b$) **raksturojošie lielumi starp audzes vecumu un koku skaitu**

Boni-tāte	a	b	R^2	s_x	F - vērtība	t - vērtība	p - vērtība	Formulas izmantošanas intervāls, audžu vecums gados
1. A	40646	-1.0523	0.967	3882	38.69	8.06	0.000	$2 \leq 30$
1.	47139	-1.0217	0.896	2428	27.04	7.92	0.000	$3 \leq 40$
2.	77038	-1.1007	0.691	1762	39.78	9.73	0.000	$5 \leq 30$
3.	370118	-1.5106	0.684	1604	32.97	9.27	0.029	$9 \leq 28$

Apzīmējumi:
N – koku skaits audzē, gab. ha^{-1}; a un b - – regresijas vienādojuma brīvie locekļi, R^2 - determinācijas koeficients, s_x – regresijas standartkļūda, F un t – testa faktiskās vērtības, p-vērtība – ticamības līmenis

Dažādu bonitāšu baltalkšņa audzēs koku skaita noteikšanai izmantojamie pakāpes regresijas vienādojumi (1. A, 1. un 2. bonitātei $p = 0.000 < \alpha = 0.01$ un 3. bonitātei $p = 0.029 < \alpha = 0.05$) un regresijas koeficienti ir statistiski nozīmīgi (3.6. tab.).

3.2.2. Koku skaita sadalījums parastajās caumēra pakāpēs dažāda vecuma baltalkšņa audzēs

Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs ir viens no svarīgākajiem audzes raksturlielumiem. Tas ļauj vērtēt koku caurmēru izkliedi audzē un audzes diferencēšanās procesus. Liels caurmēra pakāpju skaits liecina gan par koku diferencēšanos, gan audzes koku nevienmērīgu izvietojumu, kad daļai koku nav pieejami pietiekoši augšanas resursi, bet citi tos patērē pilnā mērā.

Līdz desmit gadu vecumam mežaudzēs nevar runāt par sadalījuma atbilstību normālajam sadalījumam pa caurmēra pakāpēm, jo vairums koku ietilpst divās caurmēra pakāpēs ar līdzīgu novērojumu skaitu, protams, tas atkarīgs no caurmēra pakāpju soļa jeb intervāla. Sajā pētījumā tika izmantots 2 cm caurmēra pakāpju intervāls (3.7. tab. un 3.2. pielikums).

3.7. tabula

Koku skaita procentuālais sadalījums caurmēra pakāpēs atkarībā no audzes vecuma

Caurmēra pakāpe, cm	Vecumklases intervāls, gados					
	I (1 – 5)	II (6 – 10)	III (11 – 15)	IV (16 – 20)	V (21 – 25)	VI (26 – 30)
0	45.1	0.4	0.2			
2	42.3	49.2	5.5	0.2		
4	9.1	43.6	18.5	5.5	0.2	0.2
6	3.5	6.3	31.5	18.5	2.4	0.7
8		0.5	26.6	31.5	8.2	5.6
10			12.0	26.6	19.8	10.4
12			3.9	12.0	20.6	18.0
14			1.3	3.9	22.5	20.6
16			0.4	1.3	13.3	16.3
18			0.1	0.4	8.0	13.5
20				0.1	3.4	8.5
22					1.0	3.8
24					0.5	1.3
26					0.1	0.6
28						0.3
30						0.2

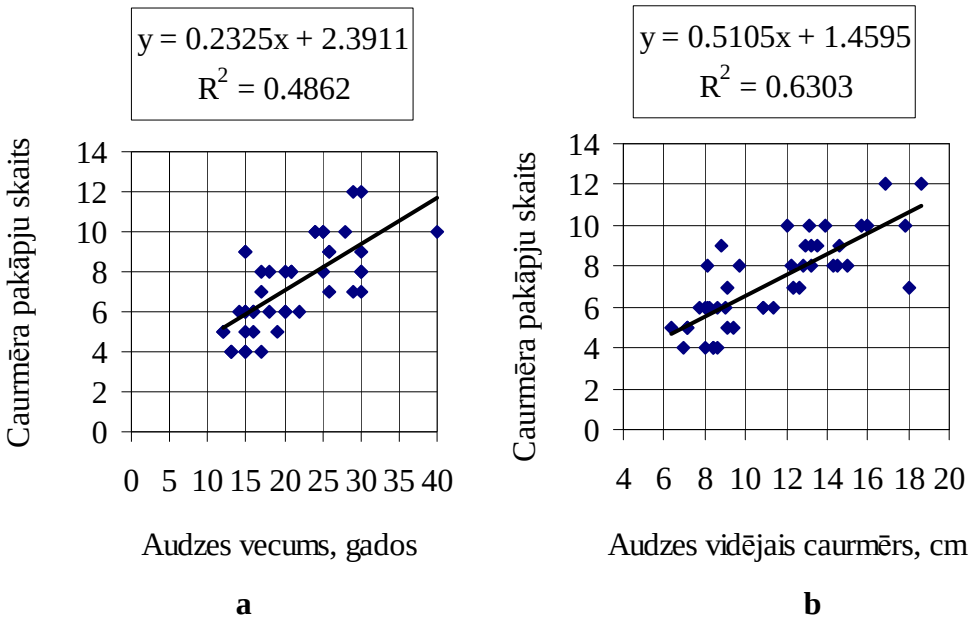
Apzīmējumi:
Caurmēra pakāpes – 0 ietilpst koki ar caurmēru līdz 0.9 cm, 2 – koki ar caurmēru no 1 līdz 2.9 cm, 4 – koki ar caurmēru no 3 – 4.9 cm utt.

Apsekotajās mežaudzēs, vecākās par 10 gadiem, ne visos gadījumos novērota atbilstība normālajam sadalījumam, lai gan grafiski faktiskais un teorētiskais sadalījums atšķiras nedaudz. Pēc visu vienas vecumklases (intervāls starp vecumklasēm pieci gadi) koku apvienošanas vienā paraugkopā, konstatēts, ka koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 4. – 6. vecumklases (16 – 30 gadi) audzēs vairuma gadījumu neatbilst normālajam sadalījumam. Aprēķinātā Hī - kvadrāta (χ^2) vērtība ir lielāka par teorētisko ($p < 0.05$). Piektajā un sestajā vecumklasē (20 – 30 gadi) vērojama koku skaita sadalījuma kreisā asimetrija.

Trešās (no 11 līdz 15 gadu vecuma) vecumklases mežaudzēs 89 % no visiem kokiem ietilpst četrās (4 – 10 cm) caurmēra pakāpēs. Ceturtajā vecumklasē 89 % koku ietilpst no 6 līdz 12 cm caurmēra pakāpēs, bet piektajā – 76 % koku atrodas četrās (10 – 16 cm) caurmēra pakāpēs. Līdzīgs koku skaita sadalījums konstatēts arī sestajā vecumklasē, kurā 79 % koku ietilpst piecās (10 – 18 cm) caurmēra pakāpēs. Koku skaita procentuālais sadalījums visu vecumklašu audzēs parādīts 3.8. tabulā.

Konstatēts, ka piektās un sestās vecumklases audzēs (21 – 30 gadi) koku skaits 22 cm un lielākās caurmēra pakāpēs nepārsniedz 3 %. Palielinoties audzes vecumam, novērots, ka pieaug koku diferencēšanās pakāpe, un tie aizņem lielāku caurmēra pakāpju diapazonu, lai gan koku skaits pašās mazākajās un lielākajās konstatēts neliels.

Analizējot uzmērītās audzes koku skaitu parastajās caurmēra pakāpēs (3.2. pielikums) konstatēts, ka, pieaugot audzes vecumam, palielinās caurmēra pakāpju skaits (3.18. att). Regresijas taisnes vienādojums ir statistiski būtisks ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.49$). Ciešāka lineāra sakarība konstatēta starp audzes vidējā koka caurmēru un caurmēra pakāpju skaitu ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.63$).



3.18. att. Sakarība starp dendrometriskajiem rādītājiem un caurmēra pakāpju skaitu: a – audzes vecumu; b – audzes vidējo caurmēru

Baltalkšņa audžu koku skaita sadalījuma caurmēra pakāpju skaitu (y) atkarībā no vecuma (x) vai caurmēra (x) izskaidro lineārais regresijas vienādojums (3.1):

$$y = ax + b \tag{3.1}$$

kur a – regresijas vienādojuma koeficients;
b – brīvais loceklis (3.9. tab.).

Starp audzes vecumu un caurmēra pakāpju skaitu (3.8. tab.) pastāv vāja pozitīva lineārā korelācija 1. A un 1. bonitātes audzēs ($p = 0.002 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.313$ un $R^2 = 0.418$) un starp 2. bonitātes ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R = 0.511$).

3.8. tabula

Lineārās sakarības ($y = ax + b$) koeficienti starp audzes vecumu, caurmēru un pakāpju skaitu

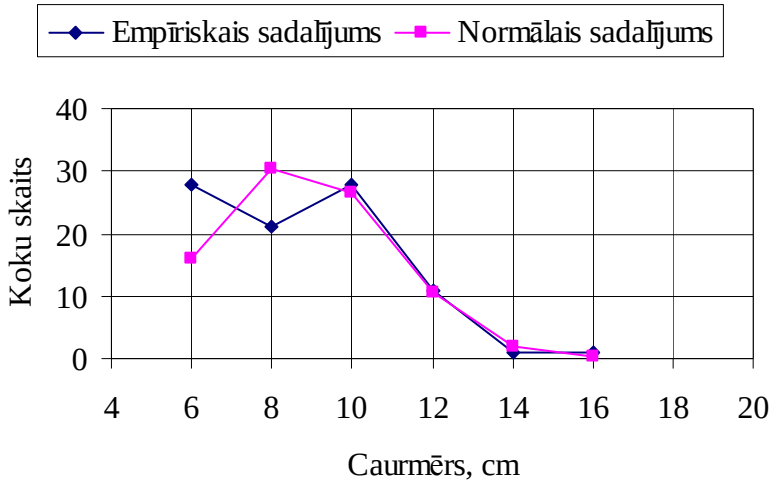
Bonitāte	Pēc audzes vecuma, gadi			Pēc audzes caurmēra (D_g), cm		
	a	b	R	a	b	R
1. A	0.1978	4.0714	0.313	0.5868	0.033	0.545
1.	0.1521	4.7743	0.418	0.4231	3.0383	0.572
2.	0.1975	2.2554	0.512	0.5123	1.0967	0.536

1. A bonitātes un 1. bonitātes baltalkšņa audzēs līdz 20 gadu vecumam caurmēra pakāpju skaits palielinās, bet pēc 20 gadiem 1. bonitātes audzēm samazinās un 1. A – palielinās. Mazāk izteikts diferencēšanās process 2. bonitātes audzēs.

Starp audzes vidējo caurmēru un parasto caurmēra pakāpju skaitu visās pētītajās audžu bonitātēs pastāv vidēji cieša pozitīva korelācija (3.8. tab.). Pieaugot audzes vidējam caurmēram, palielinās caurmēra pakāpju skaits.

3.2.3. Baltalkšņa krājas sadalījums caurmēra pakāpēs

Audzes krāju veido caurmēra pakāpju krāju summas (3.3. pielikums). Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs ne vienmēr atbilst normālajam sadalījumam. Koku strauja diferencēšanās audzē palielina caurmēra pakāpju skaitu, jo palielinās koku caurmēru izkliede. Nekoptās audzēs uzkrājas liels skaits augšanā atpalikušu koku. Mazajās caurmēra pakāpēs ir liels koku skaits, kam bieži atbilst koku sadalījuma skaitliskais maksimums. Turpretī lielākās caurmēra pakāpēs koku skaits strauji sarūk. Nereti sastopami gadījumi, kad koku skaita sadalījumam ir divi vai vairāki koku skaita maksimumi (3.19. att.), kas var liecināt par koku atmiršanu audzē un to skaita samazināšanos atsevišķās caurmēra pakāpēs.



3.19. att. Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 2005. - 15. PL

Ne vienmēr vispirms atmirst paši tievākie koki, bet gan tie, kas nonākuši nepietiekama apgaismojuma apstākļos.

Audzes krājas sadalījums caurmēra pakāpēs ne vienmēr atbilst koku skaita sadalījumam. Piemēram, caurmēra pakāpē ir liels koku skaits, bet krāja gan faktiski, gan procentuāli ir maza. Analizējot 44 par 10 gadiem vecākas audzes, konstatēts, ka 16 audzēs pirmajā vai pirmajās divās mazākajās caurmēra pakāpēs audzes krāja ir mazāka par 1 %. Krājas sadalījumam caurmēra pakāpēs reti sastopams zāģveidīgs sadalījums (2005. – 16. un 2006. – 10. PL). Krājas īpatsvars caurmēra pakāpē ar lielāko krāju variē 17 – 62 % intervālā. Piemēram, lielākais krājas īpatsvars vienā caurmēra pakāpē ir 2006. – 05. PL, kurā koki atrodas tikai četrās caurmēra pakāpēs. Pārējās audzēs krājas maksimums caurmēra pakāpē nepārsniedz 47 %. Lielākas maksimālās krājas vērtības caurmēra pakāpē vairāk raksturīgas jaunākām audzēm. Lineārā sakarība ir negatīva un vāja, bet statistiski ticama ($R^2 = 0.29$, $p = 0.000 < \alpha = 0,05$).

Krājas īpatsvars no audzes kopējās krājas trijās centrālajās caurmēra pakāpēs variē plašā diapazonā no 25 līdz 100 % (3.3. pielikums). Tikai 6 no 44 audzēm triju centrālo caurmēra pakāpju krāja ir mazāka par 50 % no audzes kopējās krājas. Lielāks krājas īpatsvars centrālajās caurmēra pakāpēs ir audzēs ar mazu caurmēra pakāpju skaitu. Pastāv vidēji cieša negatīva korelācija starp caurmēra pakāpju skaitu un krājas īpatsvara sadalījumu trijās centrālajās caurmēra pakāpēs ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.5$). Neskatoties uz dažām statistiski ticamām krājas sadalījuma likumsakarībām caurmēra pakāpēs, jāatzīst, ka krājas sadalījumu ietekmē virkne citu faktoru, kurus

pētniecības procesā nav iespējams fiksēt. Bez tam dažādi faktori savstarpēji mijiedarbojas, ko atklāt ne vienmēr ir iespējams.

3.2.4. Koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs dažāda vecuma baltalkšņa audzēs

Audzes dzīves laikā augšanas procesu rezultātā notiek koka caurmēra un augstuma palielināšanās. Vienlaicīgi palielinās stumbra tilpums. To gan nevar teikt par audzes krāju. Augšanā atpalikušie koki visai bieži nonāk nepietiekama apgaismojuma apstākļos, pirmajos gados samazinās koksnes gadskārtas platums un augstuma pieaugums. Vienlaicīgi sākas sliktāk apgaismoto dzīvo zaru nokalšana, samazinās vainaga garums, fotosintezējošo lapu vai skuju virsma līdz beidzot koks nokalst (Белов, 1983; Крамер, Козловский, 1963). Ja nokaltušo koku krāja pārsniedz koksnes pieaugumu, sākas audzes krājas samazināšanās, lai gan lielākajai daļai dzīvo koku novērojams koka caurmēra, augstuma un stumbra tilpuma pieaugums.

Koka caurmēru var izteikt ne tikai centimetros, bet arī ar koku redukcijas skaitli (3.4. pielikums). Koka caurmēra redukcijas skaitli iegūst, koka caurmēru izdalot ar audzes vidējo caurmēru (Sarma, 1948; Анучин, 1960). Tā rezultātā iegūst nenosauktu skaitli, kas ir mazāks, vienāds vai lielāks par vienu. Ja koka caurmērs ir mazāks par vidējo audzes caurmēru, tad redukcijas skaitlis ir mazāks par vienu un otrādi.

Audzes kokus pēc to redukcijas skaitļiem grupē dabiskajās caurmēra pakāpēs, kuras izsaka kā decimālskaitli (2.14), kas nav atkarīgs no audzes vidējā caurmēra. Dotais sadalījums rada iespēju savstarpēji salīdzināt audzes neatkarīgi no to vecuma un vidējā caurmēra. Profesora A. Tjūrina pētījumi liecina, ka audzes tievākie koki pieaugušās viendabīgās audzēs atrodas dabiskajā caurmēra pakāpē 0.5 , bet resnākie 1.7 pakāpē (Анучин, 1960). Tiek norādīts, ka koku skaita sadalījums visu sugu un vecumu audzēs ir līdzīgs. P. Sarma (1948), atsaucoties uz citu autoru iepriekšējiem pētījumiem, norāda, ka audzēs, kuru vidējais caurmērs ir mazāks par 25 cm, koki grupējas lielākā caurmēra pakāpju skaitā (dabisko caurmēra pakāpju intervāls no 0.4 līdz 2.0).

Kopumā analizējot 55 baltalkšņu audzes vecumā no 2 līdz 40 gadiem, konstatēts, ka koki grupējas 8 – 24 dabiskajās caurmēra pakāpēs (3.4. pielikums). To skaits ir lielāks, nekā minēts P. Sarmas (1948) publicējumā, kurā maksimālais caurmēra pakāpju skaits nepārsniedz 17. Tas nozīmē, ka baltalkšņa stumbru caurmēra variācija ir plašāka. Apsekotajās audzēs baltalkšņi konstatēti arī dabiskajās caurmēra pakāpēs 0.2 un 0.3. Šādi, sevišķi tievi koki sastopami 12 audzēs no 55, kas atbilst 22 % no audžu kopskaita, ko nevar uzskatīt par nejaušību. Sevišķi resni koki, kas sastopami 2.0 un lielākās dabiskajās caurmēra pakāpēs, sastopami reti. Tādi koki satopami tikai 4 audzēs, kas atbilst 7 % no audžu kopskaita. Šādi, relatīvi resnāki koki visai nelielā skaitā raksturīgi 2 – 10 gadus vecajās audzēs. Vairāk nekā 18 dabiskās caurmēra pakāpes sastopamas tikai 3 audzēs, kuru vecums ir 2 gadi. Koku caurmēru sadalījumi liecina par intensīvu koku diferencēšanos jau pirmajos dzīves gados. Tam rodams loģisks izskaidrojums, jo vislielākais koku skaits ir jaunākajās audzēs, kurās notiek atjaunošanās ar daudzskaitliskām sakņu atvasēm (Kundziņš, 1937; Mūrnieks, 1950). To augšana atkarīga gan no vecās audzes cirtes laika, gan sakņu nodrošinājuma ar barības vielām, kā arī atvašu savstarpējā apēnojuma un konkurences. Baltalkšņu audzēs koki visbiežāk sastopami 11 – 15 dabiskajās caurmēra pakāpēs, kas raksturīgs kopumā

36 audzēm jeb 65 % visu apsekoto audžu. Ar vienu izņēmumu 8 – 10 dabiskās caurmēra pakāpes raksturīgas 13 – 30 gadus vecajām audzēm, kurās intensīvā koku diferencēšanās nosacīti ir izbeigusies. Dabisko caurmēra pakāpju skaits, kā liecina iepriekšējais izklāsts, ir atkarīgs no audzes vecuma. Jaunākās audzēs raksturīgs lielāks dabisko caurmēra pakāpju skaits nekā vidēji vecās vai pieaugušās audzēs. Dabisko caurmēra pakāpju skaita (y) atkarību no audzes vecuma (x) statistiski ticami apraksta logaritmiskais regresijas vienādojums $y= -2.554 \ln (x) + 19.886$; ($p = 0,0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.309$).

Dabisko caurmēra pakāpju skaits audzē nav atkarīgs no audzes bonitātes ($p = 0.358 > \alpha = 0.05$). Koku skaita sadalījums 8 – 18 dabiskajās caurmēra pakāpēs, kas raksturīgs 1. A bonitātes audzēm, maz atšķiras no sadalījuma 1. bonitātes audzēs, attiecīgi 9 – 18 dabiskajās caurmēra pakāpēs. Otrās bonitātes audzēs raksturīgs koku sadalījums 8 – 24 dabiskajās caurmēra pakāpēs, lai gan jāatzīmē, ka te pieskaitāmas 2 gadus vecās audzes ar īpaši plašu caurmēru variēšanas amplitūdu.

Pieaugušas baltalkšņa audzes ievērojami atšķiras no citu koku sugu audzēm ar mazākiem stumbru caurmēriem un augstumiem, kas viegli pamanāms augšanas gaitas tabulās (Mūrnieks, 1963). Pirmajā bonitātē 30 gadu vecumā baltalkšņu vidējais caurmērs sasniedz 17 cm, bet augstums 18.5 m. No P. Sarmas (1948) rakstītā var secināt, ka koki šādās audzēs atrodas dabisko caurmēra pakāpju intervālā no 0.4 līdz 2.0. Tas nozīmē, ka koku skaits pašās tievākajās un resnākajās caurmēra pakāpēs atbilst tikai procenta desmitdaļām. Lielākajai audzes koku daļai sadalījums caurmēra pakāpēs 0.8 - 1 ir vienmērīgs. Šādās audzēs dominē koki, kuru caurmērs ir mazāks par audzes vidējo caurmēru. Kā liecina (3.4. pielikums) dati, reālais baltalkšņu koku skaita procentuālais sadalījums ir ar vairāk vai mazāk izteiktu zāģzobainu raksturu, kas konstatēts 40 audzēs jeb 73 % audžu. Teiktais gan nenozīmē, ka faktiskais koku skaita sadalījums neatbilst teorētiskajam profesora A. Tjūrina sadalījumam (Sarma, 1948). Divi vai vairāki koku skaita maksimumi ir raksturīgi audzēm, kurās notiek intensīva koku diferencēšanās (Крамер, Козловский, 1963). Attiecībā uz baltalksni ir skaidrs, ka konkurence baltalkšņa jaunaudzēs ir izteikts un nepārtraukts process, kas izraisa koku skaita sadalījuma izmaiņas parastajās vai dabiskajās caurmēra pakāpēs.

Promocijas darbā baltalkšņa audžu struktūras izpētes procesā tika veikta faktiskā un teorētiskā (A. Tjūrina) sadalījuma pārbaude ar hī-kvadrāta metodi (Liepa, 1974). Pārbaužu rezultāti liecina, ka tikai 20 audzēs koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs atbilst Tjūrina sadalījumam, jo aprēķinātā hī-kvadrāta vērtība ir mazāka par teorētisko ($p < \alpha = 0.05$). Tātad tikai nedaudz vairāk nekā vienā trešdaļā audžu faktiskais koku skaita sadalījums atbilst Tjūrina sadalījumam. Neatbilstība biežāk izpaužas jaunākajās līdz 15 gadus vecajās audzēs. Tikai 4 audzēs no 23 jeb 17 % no audžu kopskaita koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpes atbilst Tjūrina sadalījumam. Audzēs vecākās par 15 gadiem atbilstība Tjūrina sadalījumam konstatēta 50 % audžu. Var secināt, ka jaunās baltalkšņu audzēs koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs neatbilst Tjūrina sadalījumam. Šādu neatbilstību var izskaidrot ar agru koku savstarpējās konkurences iestāšanos baltalkšņu audzēs, kas veidojušās dabiskās atjaunošanās procesā.

3.2.5. Koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvences baltalkšņa audzēs

Pazīmju raksturošanai un secinājumu veikšanai pazīmju vērtības bieži sadala iepriekš noteiktās gradācijas klasēs, kas parāda pazīmju sadalījuma raksturu. Mežsaimniecībā kokus grupē pēc koku sugas, caurmēra, koku skaita, krājas un citām pazīmēm. Mežaudzes dastošanas uzdevums ir sadalīt audzes kokus pa sugām un caurmēra pakāpēm (Sarma, 1948; Liepa, 1974, 1996; Skudra, Dreimanis, 1993;).

Pazīmju skaitlisko vērtību sadalījumu gradācijas klasēs var izteikt ar to skaitu vai relatīvo frekvenci (Arhipova, Bāliņa; 2006). Relatīvā frekvence parāda, kāda izlases daļa atbilst pētāmās pazīmes gradācijas klasei, piemēram, caurmēra pakāpei. Relatīvo frekvenču summa ir vienāda ar 1 jeb 100 %. Meža taksācijā caurmēra pakāpes tiek ranžētas, sākot ar mazāko un beidzot ar lielāko. Saranžējot pazīmes skaitliskās vērtības, sākot ar mazāko un beidzot ar lielāko, iegūst pazīmes kumulatīvo frekvenci, kas ir visu iepriekšējo relatīvo frekvenču summa. Piemēram, saskaitot caurmēra pakāpju relatīvās frekvences, iegūst koku skaita kumulatīvās frekvences. Šis paņēmiens ir pazīstams meža taksācijā paraugkoka caurmēra grafiskai noteikšanai (Sarma, 1948). Uz x ass atliek koku caurmērus, bet uz y ass pakāpeniski summētās relatīvās koku skaita frekvences (Анучин, 1977). Savienojot caurmēra pakāpei atbilstošas kumulatīvās frekvences, iegūst „S” veida līkni, kas taksācijā tiek apzīmēta par ogivi. Mūsdienās to statistikā sauc par kumulātu (Arhipova, Bāliņa, 2006). Baltalkšņa koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs un to relatīvās frekvences piemērs ir parādīts 3.9. tab.

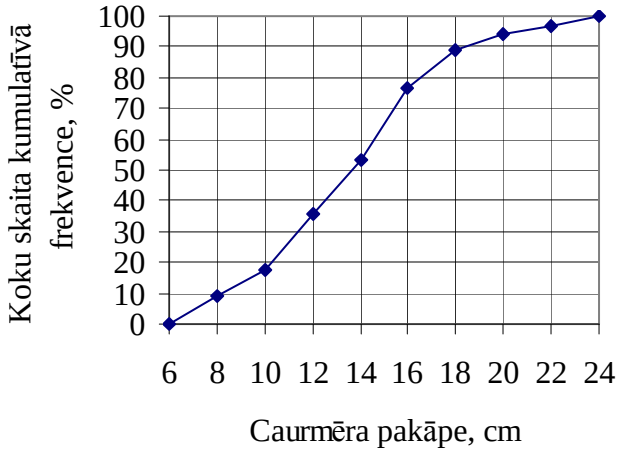
3.9. tabula

Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs un kumulatīvās frekvences 2005. – 18. PL

Caurmēra pakāpe, cm	Koku skaits caurmēra pakāpē, gab. ha^{-1}	Caurmēra pakāpes relatīvā frekvence, %	Kumulatīvā frekvence, %
8	8	8.9	8.9
10	8	8.9	17.8
12	16	17.8	35.6
14	16	17.8	53.3
16	21	23.3	76.7
18	11	12.2	88.9
20	5	5.6	94.4
22	2	2.2	96.7
24	3	3.3	100.0
Kopā	90	100	

Pirmajās trijās mazākajās caurmēra pakāpēs atrodas 35.6 % no visiem audzes kokiem. Kumulātas grafiskais attēls (3.20. att.) ļauj noteikt citus paraugkopas raksturlielumus, jo pastāv labas interpolēšanas iespējas, kuras tabulā prasītu papildus aprēķinu veikšanu. Kumulātu grafiskos attēlus iespējams veidot arī audzes šķērslaukuma un krājas sadalījumam caurmēra pakāpēs, kam ir praktiska pielietojuma iespējas.

Atbilstoši 2006. gada 31. oktobra Ministru kabineta noteikumiem Nr. 892[5] ir noteikts minimālais šķērslaukums, kam jāpaliek audzē pēc kopšanas cirtes izpildes. Tas ir novērsis resnāko audzes koku nepamatotu izciršanu, jo atstātie tievie koki nespēj nodrošināt minimālo šķērslaukumu. Par baltalksni šajos noteikumos norādīts, ka šķērslaukuma lielums netiek ierobežots.



3.20. att. Koku skaita kumulāta 2005. – 18. PL

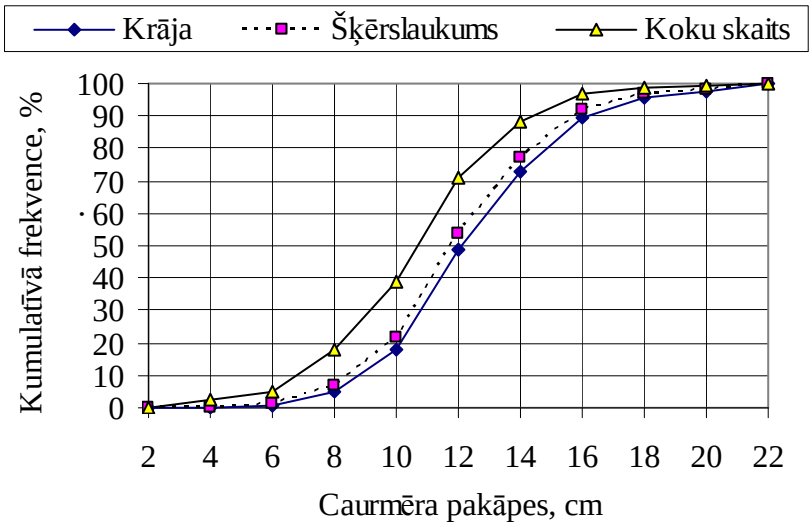
Baltalkšņa audzes atrodas īpatnējā situācijā, jo tās līdz šim ir koptas tikai izņēmuma gadījumos. Kopšanas ciršu trūkuma dēļ audzēs ir liels tievo koku skaits, kam atbilst neliela koksnes krāja.

Pētījuma uzdevums bija izpētīt likumsakarības starp koku skaitu, šķērslaukumu un audzes krāju. Šī uzdevuma atrisināšanai tika izmantotas šo parametru kumulātu grafiskie attēli. Sakarības starp audzes koku skaitu, šķērslaukumu un audzes krāju parādītas 3.21. att.

Pētījuma ietvaros analizētas koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvo frekvenču vērtības 6 – 30 gadus vecās audzēs. Jaunākās audzēs šķērslaukuma un krājas vērtības ir niecīgas, praktiskām vajadzībām mērķtiecīgi ir vadīties pēc koku skaita, ko var noteikt nelielos parauglaukumos.

Kumulātu izvērtēšana (3.21. att.) parāda, ka krājas kumulatīvās frekvences caurmēra pakāpēs ir ar viszemāko vērtību, nedaudz augstākas tās ir šķērslaukuma un ievērojami lielākas koku skaita kumulatīvajām frekvencēm. Tam ir likumsakarīgs pamats, jo audzes tievo koku šķērslaukumi un stumbru tilpumi ir nelieli, un nepieciešams ievērojams koku skaits, lai sasniegtu kādu noteiktu krājas kumulatīvās frekvences vērtību. Tas vairāk izteikts audzēs ar lielu koku skaitu mazajās caurmēra pakāpēs.

[5] *Noteikumi par koku ciršanu meža zemēs* [tiešsaiste]: LR MK noteikumi Nr.892, 2. pielikums, spēkā no 2006. g. 11. aprīļa. Izdoti saskaņā ar Meža likuma 13. pantu [skatīts 25. maijā 2008. g.]. Pieejams http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/Koku_cirshana_mezha_zemes.pdf[5]



3.21. att. Koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulātas 2006. - 12. PL

Koku skaita un krājas analīze caurmēra pakāpēs atļauj noteikt to kumulatīvās vērtības.

Konstatēts, ka visās audzēs krājas kumulatīvo frekvenču vērtības ir mazākas nekā koku skaita atbilstošajam rādītājam tajā pašā caurmēra pakāpē. Krājas kumulatīvās frekvences vērtībai 30 % atbilst koku skaita kumultīvās frekvences vērtība 51 %. Tas nozīmē, ka 51 % audzes tievāko koku veido 30 % no audzes krājas. Izmantojot kumulātu grafiskos attēlus, noskaidrotas sakarības starp audzes krājas un koku skaita kumulatīvajām frekvencēm (3.10. tab.).

3.10. tabula

Koku skaita kumulatīvās frekvences atkarībā no audzes šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvences vērtībām

Statistiskie rādītāji	Šķērslaukuma kumulatīvā frekvences vērtība, %				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**
	Koku skaita kumulatīvā frekvence, %				
Minimālā vērtība	15	27	37	47	58
Maksimālā vērtība	27	42	54	63	73
Vidējā vērtība	21.3	35.2	46.8	57.3	66.6
Standartnovirze	2.97	3.51	3.58	3.45	3.08
Standartkļūda	0.458	0.542	0.552	0.532	0.476
Variācijas koeficients	13.9	10.0	7.6	6.0	4.6
Statistiskie rādītāji	Krājas kumulatīvā frekvences vērtība, %				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**
	Koku skaita kumulatīvā frekvence, %				
Minimālā vērtība	16	30	41	52	62
Maksimālā vērtība	31	45	58	67	76
Vidējā vērtība	24.7	39.3	51.0	61.1	69.7
Standartnovirze	3.48	3.79	3.98	3.33	2.88
Standartkļūda	0.54	0.59	0.62	0.52	0.45
Variācijas koeficients	14.1	9.6	7.8	5.5	4.1

Koku skaita kumulatīvās frekvences ir atšķirīgas dažādās audzēs. To apliecina kumulatīvo frekvenču variēšanas amplitūda, kas krājas kumulatīvo frekvenču intervālā 10 – 50 % variē no 15 līdz 17 %. Atbilstošā koku skaita kumulatīvās frekvences standartnovirze nepārsniedz 4 %, standartkļūda ir mazāka par 1 %. Tas liecina par vērtējuma pietiekamu precizitāti. Variācijas koeficienta vērtība samazinās, pieaugot krājas kumulatīvo frekvenču vērtībām.

Baltalkšņa audzes cita no citas atšķiras pēc vecuma, koku skaita sadalījuma caurmēra pakāpēs un citām pazīmēm. Arī koku skaita kumulatīvās frekvences visās audzēs neuzkrājas vienādi strauji. Zemākās un augstākās kumulātas raksturo koku skaita kumulātu variēšanas amplitūdu, kuru vērtības ir robežās no 12 līdz 17 %. Kumulātas ir atkarīgas no koku īpatsvara caurmēra pakāpēs. Audzes bonitāte neietekmē koku skaita kumulatīvās frekvences vērtības, kas parādīts 3.11. tabulā.

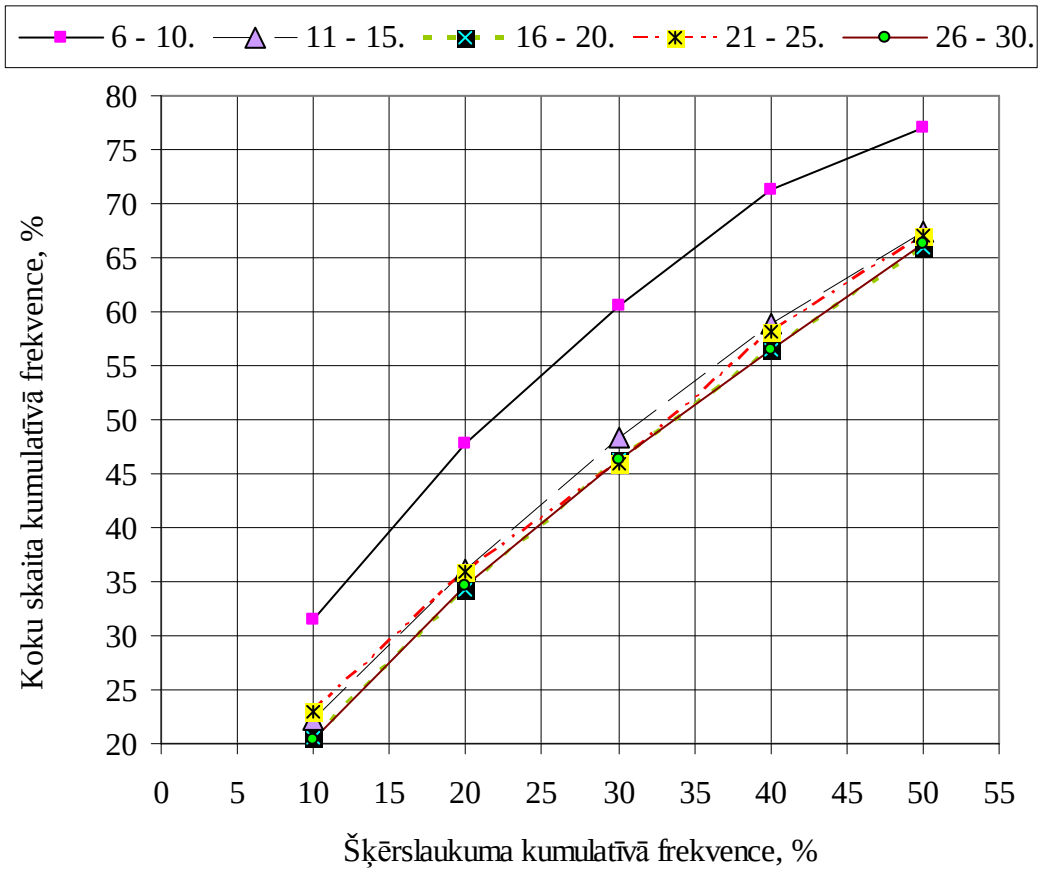
3.11. tabula

Koku skaita kumulatīvās frekvences vidējā vērtība procentos dažādu bonitāšu audzēs

Audzes bonitāte	Krājas kumulatīvā frekvences vērtība, %				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**
	Koku skaita kumulatīvā frekvence. %				
1. A	24.3	39.0	50.7	60.5	69.1
1.	24.4	39.0	51.0	61.1	69.0
2.	25.1	39.6	51.2	61.3	70.0
3.	24.7	39.3	51.0	61.1	70.0

Koku skaita kumulatīvo frekvenču vidējo vērtību atšķirības starp bonitātēm nepārsniedz 1.5 %, kam nav praktiskas nozīmes ($p = 0.999 > \alpha = 0.05$). Nav konstatētas koku skaita kumulatīvo fekvenču atšķirības starp II (6 – 10 gadi) un VI (26 – 30 gadi) vecumklases audzēm ($p = 0.903 > \alpha = 0.05$), lai gan otrajā vecumklasē kumulatīvās frekvences ir par 8 – 11 % augstākas nekā citās vecumklasēs (3.22. att.).

Tas izskaidrojams ar lielu tievo koku īpatsvaru 6 – 10 gadus vecajās audzēs, kurās notiek intensīva koku diferencēšanās. Atšķirības starp pārējām vecumklasēm ir nelielas. Grupējot audes pēc vidējā caurmēra, starp tām neparādās būtiskas atšķirības ($p = 0.989 > \alpha = 0.05$).



3.22. att. Krājas un koku skaita kumulatīvo frekvenču vērtības dažāda vecuma audzēs

Koku skaita kumulatīvās frekvences (y) atkarībā no krājas un šķērslaukuma kumulatīvajām frekvencēm raksturo otrās pakāpes parabolas vienādojums (2.15), un grafiskais attēlojums (3.23. att.), kur a un b – regresijas vienādojuma koeficienti un c - brīvais loceklis dots 3.12. tab.

3.12. tabula

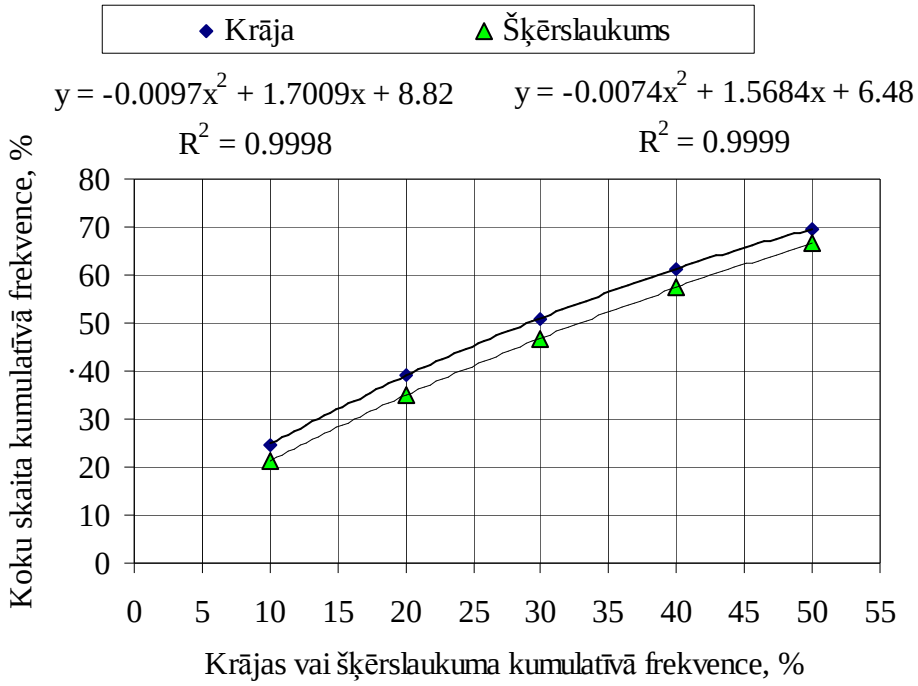
Koku skaita kumulatīvās frekvences parabolas regresijas vienādojuma ($y = ax^2 + bx + c$) koeficientu vērtības

Arguments	a	b	c
Šķērslaukums, %	-0.0074	1.5684	6.48
Krāja, %	-0.0097	1.7009	8.82

Sakarība starp koku skaita kumulatīvo frekvenci un krājas, šķērslaukuma kumulatīvajām frekvencēm ir ļoti cieša ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 \geq 0.9998$).

Koku skaita kumulatīvās frekvences izmantotas izlīdzināto kumulatīvo frekvenču aprēķināšanai (3.23. att.) un var izmantot arī koku skaita kumulatīvās frekvences aprēķināšanai, atbilstoši jebkurai krājas vai šķērslaukuma kumulatīvās

frekvences vērtībai. Piemēram, ja kopšanas cirtē jāizcērt 22 % tievāko koku krājas, tad tas atbilst 41.5 % audzes tievāko koku.



3.23. att. Koku skaita kumulatīvo frekvenču sakarība ar šķērslaukuma un krājas kumulatīvajām frekvencēm

Attiecīgās koku skaita kumulātas vērtības var nolasīt arī 3.13. tabulā gan audzes šķērslaukumam, gan krājai.

3.13. tabula

Izlīdzinātās šķērslaukuma un krājas kumulatīvās frekvences

Arguments	Šķērslaukuma vai krājas kumulatīvā frekvences vērtība, %				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**
	Koku skaita kumulatīvā frekvence, %				
Šķērslaukums	21.4	34.9	46.9	57.4	66.4
Krāja	24.9	39.0	51.1	61.3	69.6

Literatūrā var atrast ļoti daudz informācijas par koku skaita faktisko vai relatīvo sadalījumu caurmēra pakāpēs, kas atkarīgs no koku sugas, audzes vecuma un izpildītajām kopšanas cirtēm. No tā var veidot kumulatīvo frekvenču ogives jeb kumulātas. Meža taksācijā tās izmanto, lai grafiski noteiktu cērtamo paraugkoku caurmērus krājas noteikšanai (Sarma, 1948; Анучин, 1960, 1977). Darba izstrādes laikā netika atrasta informācija par sakarībām starp vairāku pazīmju kumulātām. Tātad iespējams, ka šajā pētījumā iegūtā informācija ir oriģināla un izmantojama izcērtamo koku apjoma plānošanai pēc skaita, šķērslaukuma un krājas. Krājas kopšanas cirtēs,

protams, neizcērt tikai audzes tievākos kokus, bet arī kroplos un sliktas kvalitātes īpatņus.

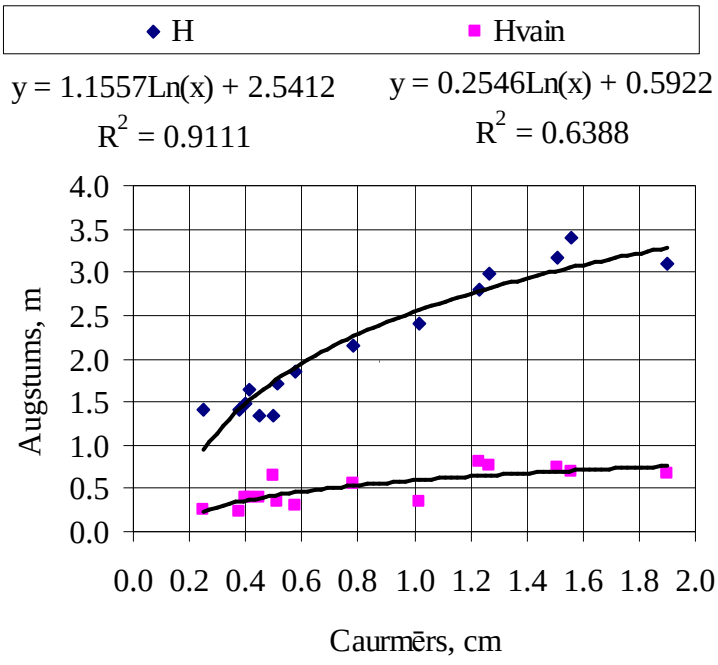
3.2.6. Koku vainaga struktūras izmaiņas raksturs

No koka stumbra atejošie zari, to sīkākais zarojums, lapas vai skujas veido vainagu. Koku vainagos atrodas asimilācijas orgāni – koku lapas vai skujas. Tām ir vairākas funkcijas. Pirmkārt, Saules gaismā lapās notiek fotosintēze un organisko vielu veidošanās process. Primāri lapās no tajās esošā ūdens un no atmosfēras piesaistītā oglekļa dioksīda, izmantojot Saules enerģiju, ar hlorofila palīdzību tiek ražoti cukuri. Vienlaicīgi lapās notiek arī disimilācija (elpošana) – organisko vielu oksidēšanās. Atšķirībā no fotosintēzes, tā notiek arī naktīs un ne tikai lapās, bet arī citos koka orgānos – stumbrā un saknēs. Elpošanas procesā veidojas oglekļa dioksīds, kas atgriežas atmosfērā, bet mazākā apjomā, nekā tika saistīts asimilācijas procesā. Bez disimilācijas koki daļu no saražotājām organiskajām vielām zaudē ar atmirušajām lapām, zariem, saknēm, kā arī ziediem un augļiem, pārvēršoties nobirās. Koka un audzes biomasas pieaugums patiesībā ir tikai daļa no asimilācijas produkcijas. Pētījumos noskaidrots, ka no visas bruto asimilācijas jaunībā koksnes pieaugumā pārvēršas 45 %, bet vecumā tikai 25 % (Kramer, 1988). Koka vainaga parametri ietekmē ne tikai organisko vielu un koksnes ražošanu, bet arī noturību pret vēja un sniega bojājumiem (Banis, Dreimanis, 1998).

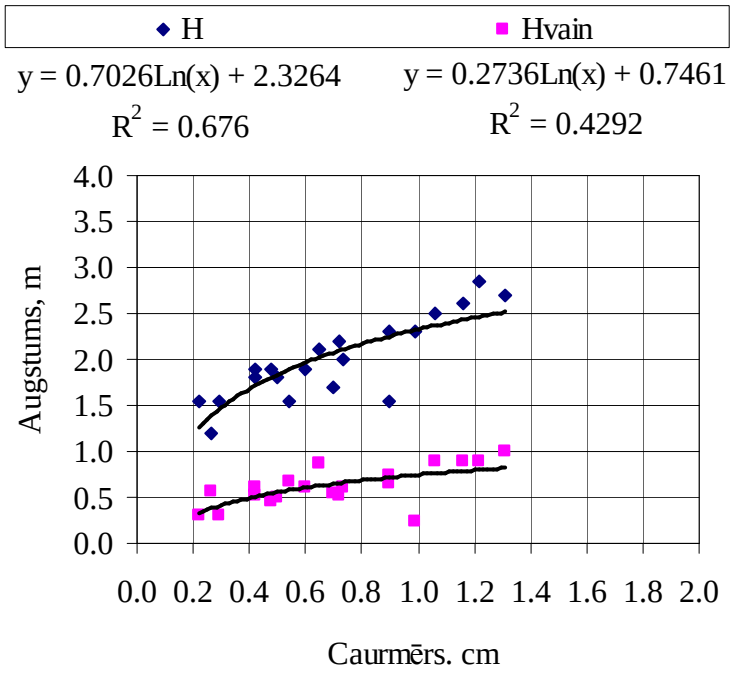
Koku vainagu forma un izmēri ir ļoti daudzveidīgi. Tie ir atkarīgi no koku sugas ģenētiskajām īpašībām, vecuma, augšanas apstākļiem, arī vēja un bojājumiem (Этверк, 1974). Koka augšējā daļa ir labāk apgaismota, un tajā atrodas gaismas lapas, kam ir augstāka neto asimilācija. Vainaga apakšējā daļa ir sliktāk apgaismota un veido ēnas vainagu. Jauniem kokiem svarīgs vainaga parametrs ir vainaga garums, kas ir starpība starp koka augstumu un vainaga sākuma augstumu. To var izteikt metros, lai raksturotu absolūto vainaga garumu, kā arī procentos, attiecinot vainaga garumu pret koka augstumu.

Baltalkšņa vainaga garuma izmaiņu dinamika 1 – 5 gadu vecumā uzskatāmi redzama 3.24. att. Vainaga forma lielā mērā ir atkarīga no augšanas telpas. Biezās audzēs augušiem kokiem vainagi ir šaurāki un īsāki nekā retās audzēs. Pēdējās vainagam ir iespēja vairāk augt plašumā, arī vainaga apakšējie zari ir mazāk noēnoti un tik drīz neatmirst. Baltalkšņa atvasei pirmajā dzīves gadā zaļais vainags ir visa stumbra garumā, bet jau divus gadus vecās audzēs garāki vainagi ir audzes resnākajiem kokiem. Nākamajos gados visā baltalkšņa audzē sākas vainaga apakšējo, vēl tievo, zaru atmiršana.

Otrajā veģetācija periodā vainaga apakšējā robeža audzes vidējiem kokiem atrodas 0.5 – 0.7 m augstumā (3.24. att). Vienlaicīgi sākas koku diferencēšanās pēc augstuma un caurmēra. Piemēram, lielāks vainaga garums ir 2007. – 01. PL, kurā audzes koku biezums ir 6.4 tūkst. gab. ha^{-1} ($R^2 = 0.640$, $p < 0.05$), kas ir par 6 tūkst. koku mazāk nekā 2007. – 02. PL ($R^2 = 0.430$, $p < 0.05$). Šajās audzēs vainaga sākuma variācijas koeficients ir 42 % un vainaga caurmērs – 36 %, attiecīgi otrajā PL – 28 % un 15 %. Literatūrā minēts (Kramer, 1988), ka jau agrā jaunībā izpaužas audzes biezuma ietekme uz koku diferencēšanas procesu, koku vainaga un stumbru parametriem. Vecākiem kokiem asimilējošas lapas ir tikai vainaga perifērijā un veido vainaga „mēteli”. Jauniem lapu kokiem vainags pēc formas biežāk atbilst paraboloīdam, bet veciem kokiem puslodei.



a

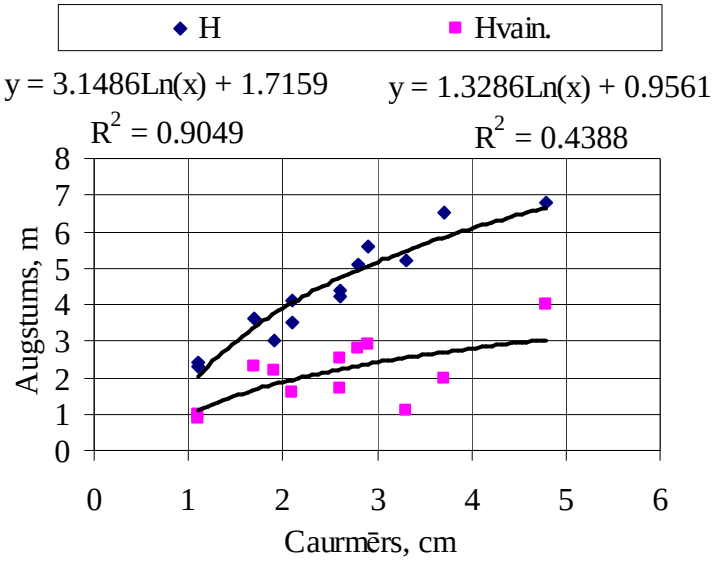


b

3.24. att. Baltalkšņa koka augstuma un vainaga sākuma augstums divus gadus vecās audzēs: a – 2007. – 01. PL, b – 2007. – 02. PL

Piecu gadu vecumā resnāko caurmēra pakāpju baltalkšņi sasniedz 5 – 7 m augstumu. Vainaga sākuma augstums vidējās caurmēra pakāpēs sasniedz jau 2 m augstumu, kas liecina par vainaga apakšējo zaru nokalšanu (3.25. att.).

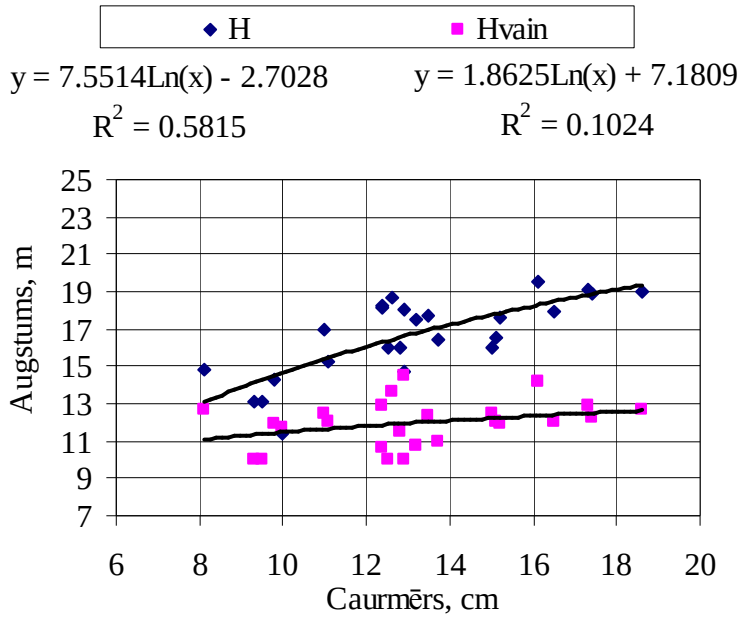
Atsevišķu koku vainaga sākuma augstums šajās audzēs vairumam koku atrodas 1 – 3 m augstumā. Audzes tievākajiem kokiem vainags ir tikai nedaudz garāks par 1 m, turpretī resnākajiem sasniedz 3 m garumu. Literatūrā minēts (Kalniņš, 1930), ka koka vainaga forma un lielums ir atkarīgi no augšanas apstākļiem, izcelsmes, orientācijas uz debespusēm, ģeogrāfiskās atrašanas vietas, un valdošajiem vējiem.



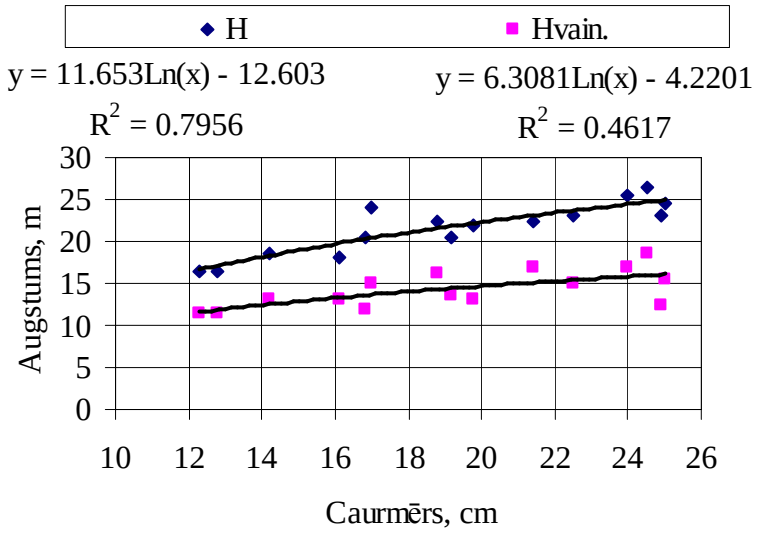
3.25. att. Koka augstuma un vainaga sākuma augstuma sakarības 2005 - 04. PL

Koku vainagu sākuma augstums par 11 gadiem vecākās audzēs visbiežāk variē 2 – 3 m intervālā. Daudzās pētījuma ietvaros aprēķinātās regresijas līknes (2.12.), ka vainaga klāja apakšējā robeža vairumam audzes koku atrodas apmēram vienā līmenī (3.26. att.).

Tas izskaidrojams ar apgaismojuma apstākļiem zem audzes vainaga klāja. Apgaismojumam samazinoties līdz koku sugai kritiskajai vērtībai, sākas lapu un vainaga zaru atmiršana (Белов,1983), kā rezultātā mainās koku un audzes vainaga klāja apakšējā robeža. Jebkuras audzes vainagu klājs pēc savas uzbūves nav viendabīgs. Audzes retākajās vietās gaisma nokļūst dziļāk audzē, un šajās vietās vainaga apakšējā robeža ir zemāk. Piemēram, 20-gadīgajās baltalkšņa vēra 1. bonitātes (2005. – 17. PL) un 2. bonitātes (2006. – 20. PL) audzēs ar caurmēru 8.0 un 11.4 cm, koka augstumu 12.8 un 15.1 m, koku skaitu 1460 un 3200 gab. ha^{-1}, attiecīgi koku vainagu garums sastāda 20 - 29 % un 39 - 43 %. Garāks vidējais vainags ir audzei ar mazāku audzes vidējo caurmēru, augstumu un koku skaitu. Savukārt divām 30-gadīgajām 2. bonitātes audzēm (2006. – 23. un 2007. – 05. PL) ar caurmēru 15.0 un 13.2 cm, ar koka augstumu 20.7 un 16.8 m, koku skaitu 1380 un 2190 gab. ha^{-1}, attiecīgi vainaga garuma svārstības ir 40 – 44 % un 28 – 33 %. Vainaga garums ir lielāks audzei ar lielāku koka caurmēru un augstumu, bet ar mazāku koku skaitu un audzes šķērslaukumu.



a



b

3.26. att. Vainaga sākuma un koka augstums:
a – 2007. – 06. un b – 2007. – 02. PL

Vainaga vidējais relatīvais garums būtiski atšķiras starp audžu vecumklasēm ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$). Visās vecumklasēs mazajās caurmēra pakāpēs tas ir 1.4 – 2.1 reizes īsāks nekā audzes lielākajā caurmēra pakāpē (3.14. tab.). Vecumā no 1 līdz 5 gadiem baltalkšņa audžu koku vainaga garums vidēji sastāda 61 ± 3.1 %, variācijas koeficients sastāda 4 %. No 6 līdz 10 gadu vecumā – 44 % ± 4.9 %, variācijas koeficients ir 25 %, no 11 līdz 15 gadiem – 36 ± 4.8 %, variācijas koeficients – 17 %, no 16 līdz 20 gadiem – 37 ± 2.2 %, variācijas koeficients 17 %; no 21 līdz 25 gadiem – 30 ± 1.3 % variācijas koeficients – 13 %; no 26 līdz 30 gadiem – 31 ± 2.1 %, variācijas

koeficients – 20 % ($p < 0.05$). Baltalksnis ir gaismasprasīga suga (Lange u. c., 1978), par ko liecina samērā plānās un trauslās lapas. Koka vainaga garums mainās līdz ar vecumu. Jaunībā tas aizņem visu stumbra garumu. Vainaga aizņemtā zona un platums pakāpeniski palielinās, un notiek vainagu saslēgšanās, koka apakšējie zari nonāk kritiska apgaismojuma apstākļos, sākotnēji atmirst lapas, sīkie zariņi un pēc tam atmirst jau resnāki zari (Kramer, 1988).

No 6 līdz 20 gadu vecumam lielāko caurmēra pakāpju vainaga vidējais garums sasniedz 40 – 44 %, kas nodrošina resnāko koku diezgan labu augšanu un nepieciešamos apstākļus fotosintēzes procesam (Kramer, 1988). Par 21 gadu vecākās audzēs lielāko caurmēra pakāpju koku vainagu garums nepārsniedz 34 – 38 % no koka augstuma (3.14. tab.).

3.14. tabula

Koku vainagu garums (%) dažāda vecuma baltalkšņa audzēs

Audzes vecums gados	Koka caurmērs, cm													
	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Koka vainaga garums, %													
1 – 5	57	63	61	61	63									
6 – 10	25	43	48	50	52									
11 – 15				27	31	36	38	41	43					
16 – 20					29	34	37	38	40	37	39	40	40	
21 – 26						22	26	28	30	31	32	33	34	34
26 – 30						18	25	29	31	33	34	35	36	38

Vienas vecumklases robežās vainagu garuma atšķirības ne vienmēr var izskaidrot ar koku skaita atšķirībām audzē. Piemēram, otrās bonitātes 13-gadīgajā gārša audzē (2005. – 09. PL) ar caurmēru 6.9 cm un augstumu 9.8 m un 15-gadīgajā vēra (2006. – 01. PL) audzē ar caurmēru 8.4 cm un augstumu 10.5 m koku skaits attiecīgi ir 5100 un 5800 gab. ha^{-1}, īsāki vainagi ir vecākajā audzē ar lielāku vidējo audzes caurmēru un augstumu.

Starp koka caurmēru (x) un vidējo relatīvo vainaga garumu (y) dažādu vecumklašu audzēs pastāv ciešas korelatīvas sakarības, kuras raksturo logaritmiskais regresijas vienādojums (2.12). Empīrisko regresijas koeficientu vērtības, determinācijas koeficienti un ticamības līmenis ($\alpha = 0.01$) dots 3.15. tabulā. Literatūrā minēts, ka relatīvais vainaga garums, kā arī tā caurmērs ietekmē vainaga tilpumu, lapu asimilējošas virsmas lielumu un ražotās organiskās masas apjomus (Kramer, 1988).

3.15. tabula

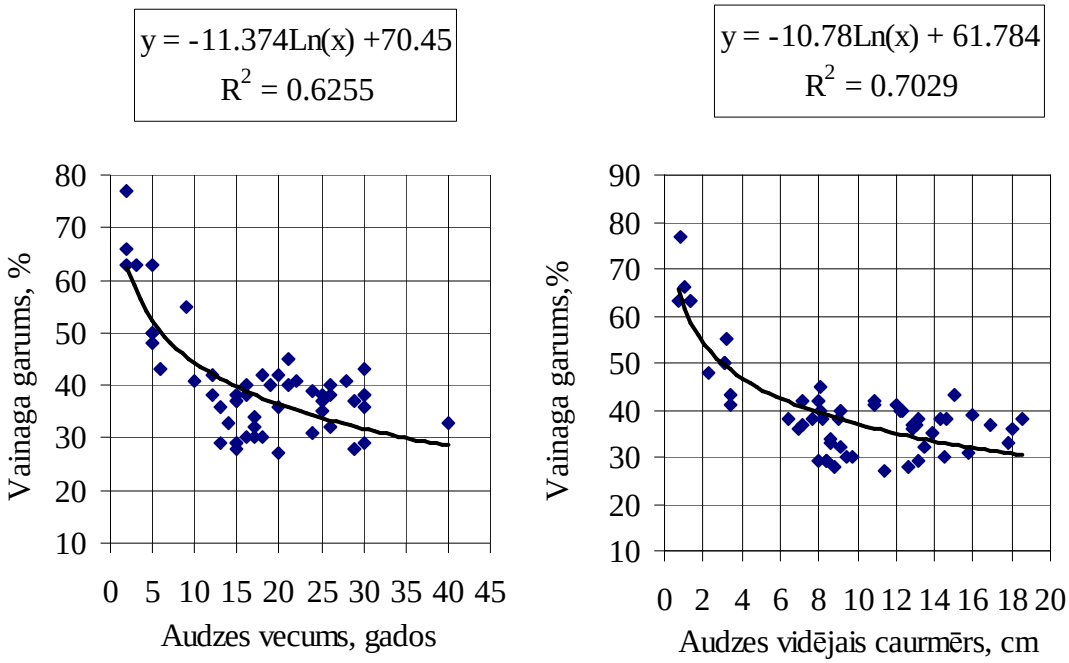
Relatīvo vainaga garumu raksturojošie logaritmiskā regresijas vienādojuma ($y = aLn(x) - b$) **koeficientu vērtības**

Vecumklases intervāls, gados	a	b	R^2	p- vērtība	Caurmēru intervāls, cm
6 – 10	12.6420	24.235	0.88	0.0000	1 – 6
11 – 15	13.4130	7.662	0.99	0.0000	4 – 14
16 – 20	4.8390	25.072	0.64	0.0000	4 – 22
21 – 25	10.7140	0.912	0.99	0.0000	8 – 24
26 – 30	16.8570	-14.903	0.95	0.0000	8 –24

Ne mazāk svarīgi ir zināt vainaga garuma izmaiņu raksturu atkarībā no audzes vecuma, lai varētu veikt praktiskas dabas secinājumus.

Audzes vecuma un audzes vidējā caurmēra ietekmi uz relatīvo vainaga garumu raksturo logaritmiskais (2.12) vienādojums ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.626$ un $p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.703$), kas norāda uz ciešu pozitīvu korelāciju (3.27. att.).

Audzes vidējais relatīvais vainaga garums būtiski nemainās atkarībā no audžu bonitātēm ($p = 0.982 > \alpha = 0.05$).



3.27. att. Relatīvā vainaga garuma atkarība: a – no audzes vecuma; b – no audzes caurmēra

Visstraujāk vidējā audzes koka relatīvais vainaga garums samazinās audzes dzīves pirmajos 10 gados. Vainaga garums no 60 līdz 70 % samazinās līdz 40 – 45 %. No 11 līdz 40 gadu vecumam notiek pakāpeniska vainaga saīsināšanās. Regresijas vienādojums parāda, ka vainaga garums līdz 30 gadu vecumam samazinās līdz 30 %. Viena vecuma audzēs relatīvais vainaga garums atšķiras par 10 – 12 %. Relatīvā vainaga garuma variācija ap regresijas taisni konstatēta ± 12 % intervālā. Daļā apsekoto audžu vidējā koka relatīvais vainaga garums noslīd zem 30 %.

Regresijas vienādojuma determinācijas koeficients starp koku skaitu un relatīvo vainaga garumu ($R^2 = 0.549$, $p < 0.05$) ir zemāks nekā starp audzes vecumu un relatīvo vainaga garumu ($R^2 = 0.63$, $p < 0.05$). Koku skaits audzē ir atkarīgs no audzes vecuma, par ko liecina baltalkšņa AGT (Mūrnieks, 1963). Jaunākajās audzēs, kuras nav skārusi koku diferencēšanās un sācies koku atmirums, uz platības vienības ir lielāks koku skaits (Ozols, Hībners, 1927; Kundziņš 1937; Mūrnieks, 1963;). Audzēs, kurās ir līdz 5000 koku ha^{-1}, audzes vidējā koka relatīvais vainaga garums ir robežās no 27 – 43 %. Jaunākajās audzēs ar lielāku koku skaitu vainagi ir garāki, lai gan ir sastopami izņēmumi. Sevišķi biezā desmitgadīgā audzē ar 20080 kokiem ha^{-1} relatīvais vainaga garums ir 41 %, kas raksturīgs audzēm, kurās sākusies koku diferencēšanās.

No dotajiem pētījumiem izriet, ka baltalkšņa audžu vainagu daudzveidība ir atkarīga no audzes vecuma un koku skaita tajā. Pēc I. Belova (Белов, 1983) baltalksnis

pēc gaismas prasības atrodas ceturtajā vietā aiz kārpainā un pūkaina bērza un apses. Tas izskaidro relatīvi īsos un skrajos baltalkšņa vainagus. Apgaismojuma apstākļiem tuvojoties kritiskajai robežai, sākas ūdenszaru veidošanās process, kas biezās baltalkšņa audzēs ir visai izteikts un prasa papildus pētījumus.

3.2.7. Nodaļas kopsavilkums

Pētītajās audzēs konstatēts nevienmērīgs koku izvietojums. Koku skaita variācijas koeficients 2 – 40 gadu vecās audzēs atrodas intervālā starp 5 – 139 %, kas liecina par koku grupveida izvietojumu. Baltalkšņa audzēs konstatēts, ka grupveida izvietojums saglabājas pat 30 gadu vecumā. Baltalkšņa audžu koku skaita variācijas koeficienta vērtība būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu ($p = 0.736 > \alpha = 0.05$), meža tipu ($p = 0.618 > \alpha = 0.05$) un vecumklašu ($p = 0.796 > \alpha = 0.05$) audzēs. Vidējais koku skaita variācijas koeficients dažādu bonitāšu audzēs variē no 33 līdz 39 %.

Starp audzes vecumu un koku skaitu visu bonitāšu audzēs pastāv statistiski ticama pakāpes regresija ($p = 0.029 – 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.694 – 0.967$).

Līdz 10 gadu vecumam baltalkšņa audzēs vairums koku ietilpst divās caurmēra pakāpēs ar līdzīgu novērojumu skaitu. Pēc 10 gadu vecuma ne visos gadījumos koku skaita sadalījums atbilst normālajam sadalījumam. Piektajā un sestajā vecumklasē vērojama koku skaita kreisā asimetrija. Koku diferencēšanās un kopšanas ciršu iztrūkuma dēļ audzēs ir palielināts lielo koku skaits, kas ne vienmēr atbilst normālajam sadalījumam. Starp audzes vidējo caurmēru un caurmēra pakāpju skaitu konstatēta vidēji cieša pozitīva korelācija ($R^2 = 0,630$, $p < 0.05$), pieaugot audzes vidējam caurmēram, palielinās caurmēra pakāpju skaits.

Krājas īpatsvars trijās centrālajās caurmēra pakāpēs variē diapazonā no 25 līdz 100 %. Pastāv vidēji cieša negatīva korelācija starp caurmēra pakāpju skaitu un krājas īpatsvaru sadalījumu trijās centrālajās caurmēra pakāpēs ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.5$).

Baltalkšņu audzēs koki visbiežāk sastopami 11 – 15 dabiskajās caurmēra pakāpēs, kas raksturīgs 65 % visu apsekoto audžu. Koku skaita maksimums konstatēts dabiskajās caurmēra pakāpēs 0.8 – 1. Dabisko caurmēra pakāpju skaita atkarību no audzes vecuma statistiski ticami apraksta logaritmiskais regresijas vienādojums ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.309$). Dabisko caurmēra pakāpju skaits audzē nav atkarīgs no audzes bonitātes ($p = 0.358 > \alpha = 0.05$). Vienā trešdaļā audžu koku skaita sadalījums atbilst Tjūrina sadalījumam. Neatbilstība visbiežāk izpaužas līdz 15 gadiem vecās audzēs, kas izskaidrojama ar agru koku savstarpējās konkurences iestāšanos. Vecākās audzēs Tjūrina sadalījumam atbilst 50 % audžu.

Audzes struktūras analīzei iespējams izmantot krājas, šķērslaukuma un koku skaita kumulātas. Grafiskajos attēlos viszemāk atrodas krājas, augstāk šķērslaukuma un koku skaita kumulātas. Krājas un šķērslaukuma kumulātas atrodas tuvu viena otrai, turpretī koku skaita kumulāta ievērojami augstāk. Šķērslaukuma kumulatīvo frekvenču vērtības par 3 – 5 % pārsniedz krājas kumulātas atbilstošos lielumus. Pastāv cieša sakarība starp šķērslaukuma, krājas un koku skaita kumulātu vērtībām ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 \geq 0.998$). Koku skaita kumulatīvo frekvenču vērtības nav atkarīgas no audzes bonitātes ($p = 0.999 > \alpha = 0.05$), audzes vidējā caurmēra ($p = 0.989 > \alpha = 0.05$) un vecumklases ($p = 0.903 > \alpha = 0.05$). To vērtību standartkļūda nepārsniedz 1 %.

Vainaga relatīvais garums būtiski atšķiras dažādu vecumklašu audzēs ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$), savukārt būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs ($p = 0.982 > \alpha = 0.05$). Visās vecumklasēs mazajās caurmēra pakāpēs tas ir 1.4 – 2.1 reizes

īsāks nekā audzes lielākajās caurmēra pakāpēs. Vainaga relatīvais garums pakāpeniski samazinās no 61 % pirmajā līdz 31 % sestajā vecumklasē. Starp koka caurmēru un vidējo relatīvo vainaga garumu dažādu vecumklašu audzēs pastāv ciešas korelatīvas sakarības, ko raksturo logaritmiskais regresijas vienādojums ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.64 – 0.99$). Starp koka caurmēru un vidējo relatīvo vainaga garumu dažādu vecumklašu audzēs pastāv ciešas korelatīvas sakarības, ko raksturo logaritmiskais regresijas vienādojums ($p = 0.0000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.64 – 0.99$).

3.3. Baltalkšņa un baltalkšņa audžu biomasas apjomu izvērtēšanas iespējas

Biomasas apjomu ietekmē gan meža augšanas apstākļi, gan audzes vecums, gan koku skaits uz platības vienības un citi faktori. Baltalkšņa audžu biomasas noteikšanai var izmantot empīriskos vienādojumus un koksnes blīvumu. M. Draudiņš un L. Beķeris (1979) raksta, ka praksē paralēli koksnes vidējam blīvumam gaisa sausā stāvoklī bieži vien ir noderīgi zināt koksnes blīvuma svārstību diapazonu gan gaisa sausā stāvoklī, gan dabiski mitram kokam.

3.3.1. Baltalkšņa virszemes biomasas novērtēšanas empīriskie vienādojumi

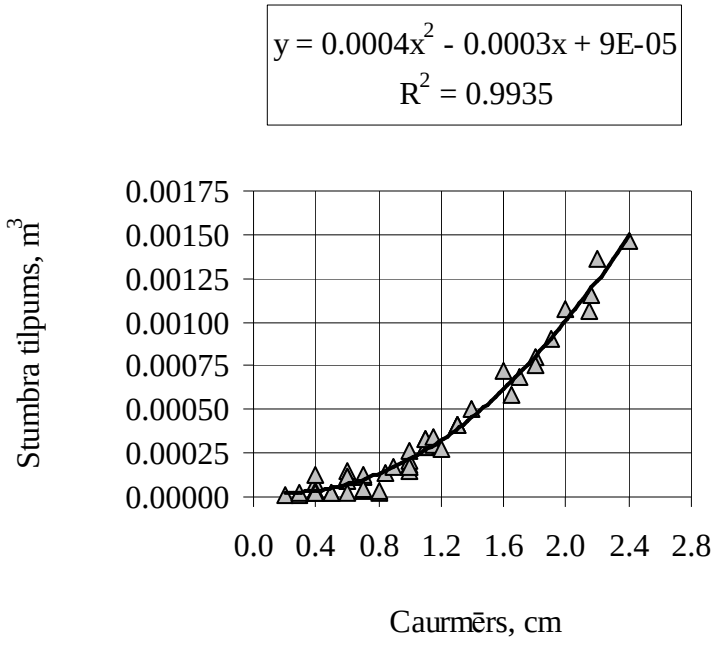
Baltalkšņa biomasas noteikšanas metodikas izstrādei pavisam nocirsti 188 koki ar caurmēru 1.3 m augstumā 0.2 – 26.0 cm. Visa paraugkopa sadalīta divās daļās: koki ar caurmēru līdz 3 cm un koki ar caurmēru, lielāku par 3 cm. Kopējās empīriskās formulas izstrāde visam caurmēru diapazonam nav iespējama, izmantojot SPSS piedāvātos empīriskos vienādojumus, jo mērījumu novirzes no līknes neatspoguļo reālo situāciju.

Pirmo paraugkopu veido 52 baltalkšņa koku mērījumi ar caurmēru līdz 3 cm un koka augstumu no 1.35 līdz 7.0 m. To dati un statistiskie rādītāji ir apkopoti 5. pielikuma. Uzmērīto koku dendrometrisko rādītāju minimālā un maksimālā vērtība: caurmēram 0.2 – 3.0 cm, koka augstumam 1.35 – 7.0 m, koka stumbra tilpumam 0.00001 – 0.00278 m^3, koka stumbra biomasai 0.045 – 2.5 kg, zaru biomasai 0.003 – 0.193 kg, koka virszemes biomasai 0.06 – 2.58 kg un absolūti sausās koksnes masai 0.03 – 1.16 kg (3.5. pielikums.).

Baltalkšņa stumbra tilpums (y) līdz 3 cm resnajiem kokiem atkarībā no caurmēra (x) aprēķināms pēc parabolas vienādojuma (3.2):

$$y = 0.0004x^2 - 0.0003x + 0.00009, \qquad (3.2)$$

Parabolas regresijas vienādojuma determinācijas koeficients ($R^2 = 0.99$, $p < 0.05$) uzrāda ciešu sakarību starp koka caurmēru un baltalkšņa stumbra tilpumu (3.28. att.).

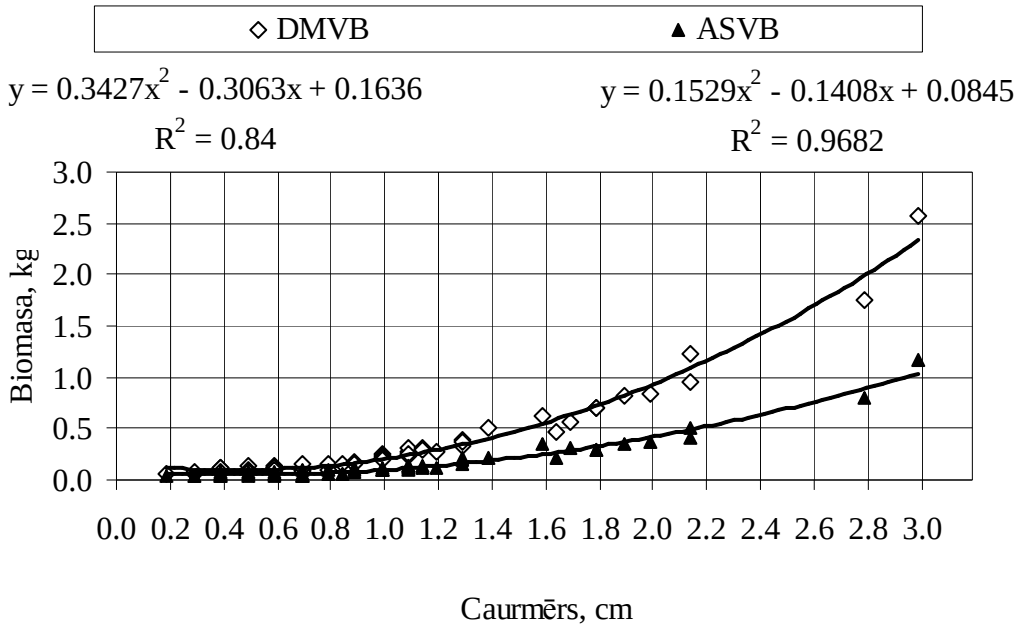


3.28. att. Sakarība starp baltalkšņa caurmēru līdz 3 cm un stumbra tilpumu

Dabiski mitra zaru masa koka kopējā virszemes biomasā variē plašās robežās no 1.6 līdz 32.5 % (variācijas koeficients – 45 %), tā atkarīga no koka vainaga formas, platuma, garuma, zaru skaita un apgaismojuma apstākļiem. Zaru masas īpatsvara vidējā vērtība ir 15.3 ± 0.97 %.

Iegūtie dati par stumbra un zaru masu dod iespēju izveidot empīrisko formulu virszemes biomasas aprēķināšanai gan dabiski mitrā stāvoklī, gan absolūti sausā stāvoklī. Pētījumā dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa biomasas (y) aprēķināšanai atkarībā no dažādiem argumentiem (x) pārbaudīts otrās pakāpes regresijas vienādojums (2.15). Par argumentu (x) pārbaudīti šādi mainīgie lielumi: koka caurmērs (D); koka caurmēra kvadrāts (D^2); koka caurmēra kvadrāta un augstuma reizinājums (D^2H). Baltalkšņa virszemes biomasas otrās kārtas parabolas vienādojums uzrāda augstu sakarības ciešumu (R^2 = 0.97 – 0.99, $p < 0.01$) salīdzinājumā ar taisnes, pakāpes un logaritmisko vienādojumu. Sakarības noskaidrošanai izmantoti baltalkšņi ar caurmēru līdz 3 cm (3.5. pielikums). Somu zinātnieki baltalkšņa stumbra biomasas noteikšanai izmanto otrās kārtas parabolas vienādojumu, kurā par argumentu izmantots koka caurmērs (D). Noskaidrots, ka starp mainīgajiem lielumiem veidojas cieša sakarība (R^2 = 0.97, $p < 0.01$). Formulas pielietošanas intervāls ir kokiem ar caurmēru 0.8 – 6.3 cm (Muukkonen, Mäkipää, 2006).

Ieteicamais mainīgais arguments baltalkšņa biomasas noteikšanai ir koka caurmērs (3.29. att.). No praktiskā viedokļa koka caurmērs neprasa papildus aprēķinus un nodrošina precīzus rezultātus par baltalkšņa biomasas apjoma novērtēšanu.



3.29. att. Baltalkšņa biomasa atkarībā no koka caurmēra (līdz 3 cm)

Dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa virszemes biomasas noteikšanas otrās pakāpes parabolas regresijas vienādojumi (2.15) un koeficienti, neatkarīgi no argumenta veida (3.16. tab.), ir statistiski nozīmīgi ($p = 0.0000 - 0.003 > \alpha = 0.01$). Jāatzīmē, ka vienādojums derīgs jaunu, audzē augušu baltalkšņu virszemes biomasas aprēķināšanai un nav attiecināmas uz mežmalās vai grāvju malās augošiem kokiem.

3. 16. tabula

Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas noteikšanas parabolas regresijas vienādojuma ($y = ax^2 + bx + c$) **koeficientu un brīvā locekļa vērtības** (ar caurmēru līdz 3 cm)

x	a	b	c	R^2	s_x, kg	F	T	p - vērtība
Dabiski mitrai virszemes biomasai, kg								
D	0.3427	- 0.3063	0.1636	0.984	0.0575	1580.6	5.36	0.0000
D^2	0.0089	0.1689	0.0469	0.986	0.0538	1805.8	3.88	0.0030
D^2H	- 0.0002	0.0529	0.0847	0.984	0.0578	1562.6	8.11	0.0000
Absolūti sausai virszemes biomasai, kg								
D	0.1529	- 0.1408	0.0845	0.968	0.0318	1004.5	5.12	0.0000
D^2	0.0043	0.0715	0.0318	0.979	0.0296	1161.3	4.80	0.0000
D^2H	- 0.0001	0.0025	0.0485	0.973	0.0333	917.2	8.08	0.0000

Apzīmējumi: x – arguments: D – koka caurmērs; D^2 – koka augstums; D^2H - koka caurmēra kvadrāta reizinājums ar koka augstumu; a un b – regresijas vienādojuma koeficienti; c - brīvais loceklis, R^2 - determinācijas koeficients, s_x – regresijas standartkļūda, F un t – testa faktiskās vērtības, p-vērtība – ticamības līmenis

Otro paraugkopu veido 136 baltalkšņi ar caurmēru 3 – 26 cm, koka augstumu 5.35 – 22.2 m, koka stumbra tilpumu 0.0032 - 0.5200 m^3, stumbra masu 2.1 – 419.6 kg,

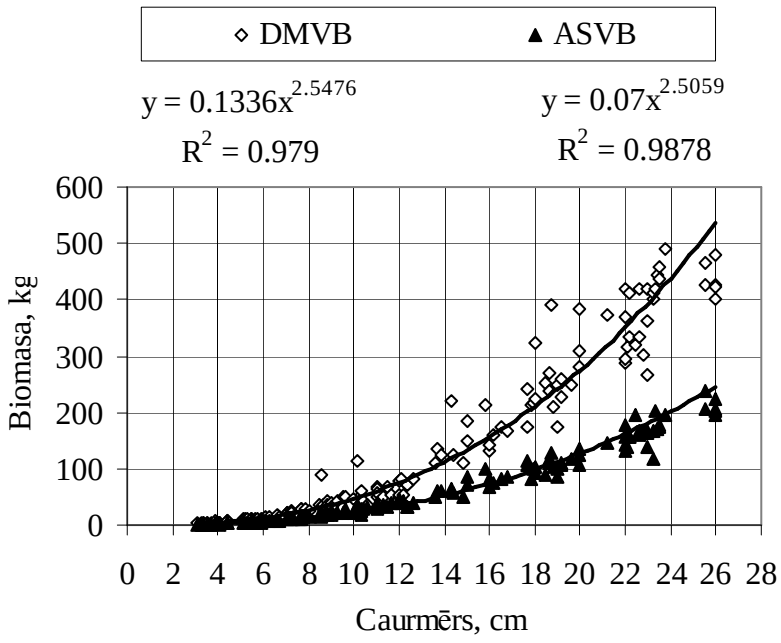
zaru masu 0.05 – 101.0 kg, dabiski mitra koka biomasu 2.4 – 490.0 kg un absolūti sausas koksnes masu 1.1 – 236.6 kg (3.6. pielikums).

Baltalkšņa stumbra tilpums (y) no 3.1 cm līdz 26 cm resnajiem kokiem atkarībā no caurmēra (x) aprēķināms pēc profesora I. Liepas logaritmiskā vienādojuma (2.13).

No kopējās bezlapotās virszemes biomasas paraugkoku (caurmērs no 3 līdz 26 cm) zaru masa vidēji sastāda 21 ± 2.1 %, variācijas koeficients 32 %. Zaru īpatsvara atšķirības starp paraugkokiem lielas un atrodas intervālā 4 – 32 % (3.6. pielikums).

Dažādu koku sugu biomasas noteikšanai pārsvarā tiek pielietoti regresijas vienādojumi ar vienu argumentu ($y = ax^b$) (Карманова, 1976; Gradeckas un Malinauskas, 2005). Pēdējā laikā regresijas vienādojumos iekļauj divus vai pat vairākus mainīgos. Satto (1970) norāda, ka tas ļauj precīzāk noteikt koka biomasu (Карманова, 1976). Igaunijā baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanai plantāciju audzēs pielietots pakāpes regresijas vienādojums, kā argumentu izmantojot koka caurmēra un augstuma reizinājums (DH) un koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājumu (D^2H) (Uri, 2001). Mainīgā lieluma koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājuma (D^2H) izmantošana nedod labākus rezultātus biomasas noteikšanai, salīdzinājumā ar koka caurmēru, jo sakarība ir mazāk cieša. Nedaudz ciešāka sakarība veidojas ar koka caurmēra kvadrātu (D^2), kas sakrīt ar Krievijā iegūtajiem secinājumiem (Усольцев, 1985). Tas nozīmē, ka koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums (D^2H) ir mazāk informatīvs biomasas noteikšanā nekā stumbra caurmērs (Микшис, 1988). Somu zinātnieki baltalkšņa stumbra biomasas noteikšanai izmanto pakāpes vienādojumu $y = ax^b$, kur par argumentu izmantots caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums (D^2H). Noskaidrots, ka starp mainīgajiem lielumiem veidojas cieša sakarība (Muukkonen, Mäkipää, 2006). Tāpēc par argumentu kā koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājumu (D^2H) iepriekš minētie autori atsaucas dažādi. Dotajā pētījumā arguments kā koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums ir pietiekoši informatīvs biomasas noteikšanā, jo pastāv cieša korelācija (3.17. tab.).

No praktiskā viedokļa priekšrocības ir tiem argumentiem, kas viegli nosakāmi dabā. Piemēram, koka caurmērs neprasa papildus aprēķinu veikšanu (3.30. att. un 3.17. tab.).



3.30. att. Baltalkšņa biomasa atkarībā no koka caurmēra (no 3.1 cm līdz 26 cm)

Dotajā pētījumā dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa biomasas (y) aprēķināšanai atkarībā no dažādiem argumentiem (x) pārbaudīts pakāpes regresijas vienādojums (2.16). Par argumentu izmantoti šādi mainīgie lielumi (3.17. tab.): koka caurmērs (D); koka caurmēra kvadrāts (D^2); koka caurmēra un augstuma reizinājums (DH); koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums (D^2H); koka šķērslaukuma un augstuma reizinājums (GH); stumbra tilpums (V). Baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanai pārbaudītie argumenti, spriežot pēc determinācijas koeficientu vērtībām (R^2 = 0.98 – 0.99, $p < 0.05$), teorētiski ir vienlīdz labi izmantojami aprēķinu veikšanai ar koku caurmēru intervālā no 3.1 – 26.0 cm.

3.17. tabula

Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) **koeficientu vērtības**
(ar caurmēru no 3.1 – 26.0 cm)

x	a	b	R^2	s_x, (kg)	F	t	p - vērtība
Dabiski mitrai virszemes biomasai, kg							
D	0.1336	2.5476	0.979	0.224	6112.3	12.4	0.0000
V	1044.4000	1.0376	0.984	0.194	8116.1	28.7	0.0000
D^2	0.1369	1.2672	0.979	0.224	6022.5	12.2	0.0000
DH	0.0212	1.5917	0.983	0.212	6789.1	10.1	0.0000
GH	0.0526	0.9852	0.982	0.204	7566.04	12.0	0.0000
D^2H	0.0415	0.9852	0.982	0.195	8012.8	11.9	0.0000
Absolūti sausai koksnes masai, kg							
D	0.0700	2.5059	0.988	0.167	10879.3	16.7	0.0000
V	479.4600	1.0235	0.987	0.174	9956.1	31.9	0.0000
D^2	0.0768	1.2302	0.988	0.167	10879.3	16.7	0.0000
DH	0.0114	1.5667	0.987	0.175	9864.4	13.9	0.0000
GH	0.0297	0.9596	0.987	0.175	9864.4	13.9	0.0000
D^2H	0.0224	0.9676	0.987	0.175	9862.4	13.5	0.0000

Apzīmējumi:
x – arguments: D – koka caurmērs; V – koka tilpums; D^2 – koka caurmēra kvadrāts; DH - koka caurmēra un augstuma reizinājums; GH– koka šķērslaukuma un koka augstuma reizinājums; DH – koka caurmēra un augstuma reizinājums; D^2H; - koka caurmēra kvadrāta reizinājums ar koka augstumu; a – regresijas vienādojuma brīvais loceklis; b – regresijas koeficients; R^2 - determinācijas koeficients; s_x – regresijas standartkļūda; F un t – testa faktiskās vērtības; p-vērtība – ticamības līmenis

Dabiski mitru un absolūti sausu baltalkšņu biomasas noteikšanai izmantojamie pakāpes regresijas vienādojumi un koeficienti (3.17. tab.), neatkarīgi no argumenta veida, ir būtiski ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$). Tie izmantojami koka bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanai.

Absolūti sausas baltalkšņa biomasas aprēķināšanai ieteicams izmantot koka caurmēru, jo regresijas standartkļūda ir zemāka nekā izmantojot citus argumentus.

3.3.2. Baltalkšņa virszemes biomasas apjomu noteikšanas iespējas pēc koksnes blīvuma

Viens no svarīgākajiem biomasas rādītājiem ir koksnes blīvums. Tas ir atkarīgs no koksnes mitruma pakāpes: palielinoties koksnes mitrumam, palielinās arī koksnes blīvums; samazinoties koksnes mitrumam, koksnes blīvums samazinās (Līpiņš un Liepa, 2007). Koksnes izmantošana kurināšanai ir cieši saistīta ar tās mitrumu. Nenoliedzami izdevīgāk ir izmantot sausu koksni. Relatīvais mitrums parāda ūdens daudzuma īpatsvaru tikko cirstā koksnē. Pētījumā noskaidrots, ka tā vidējā vērtība ir 53.5 ± 0.32 %, pazīmes standartnovirze 2.5 % un variācijas koeficients 4.7 %, ($p < 0.05$). Koksnes relatīvā mitruma svārstības starp koksnes paraugiem konstatētas intervālā 39.7 – 58.3 %.

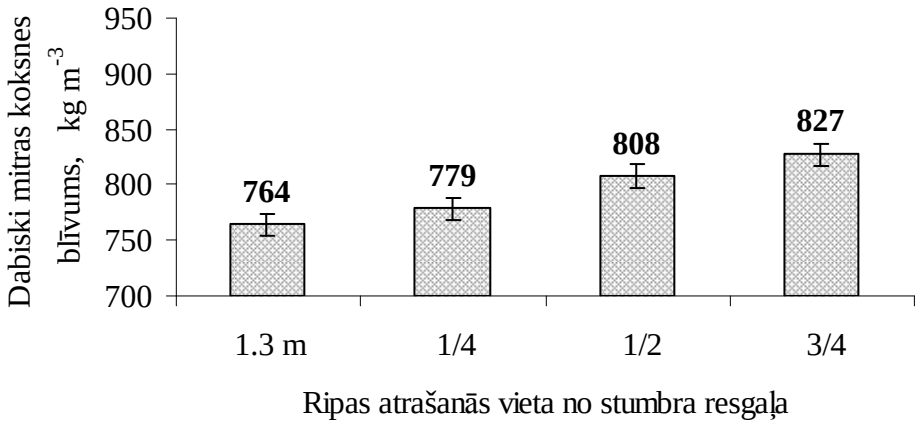
Koksnes absolūtā mitruma vidējā vērtība pētījumā aprēķināta 115.1 ± 1.0 %, pazīmes standartnovirze 6.3 % un variācijas koeficients 5.5 % ($p < 0.05$). Koksnes absolūtā mitruma variācijas koeficients ir nedaudz lielāks nekā relatīvajam mitrumam. Vidējā koksnes absolūtā mitruma svārstības starp 122 koksnes paraugiem ir 101.0 - 139.9 %.

Dabiski mitras baltalkšņa koksnes vidējais blīvums no katra stumbra četros dažādos augstumos izzāģētām ripām ir 795 ± 5.2 kg m^{-3}, pazīmes standartnovirze 58.7 kg m^{-3}, variācijas koeficients 7.4 % ($p < 0.05$). Vidējā koksnes blīvuma svārstības starp 122 paraugkokiem atrodas intervālā no 670 līdz 918 kg m^{-3}. Nelielas atšķirības pastāv ar literatūrā norādīto intervālu svārstībām. M. Draudiņa un L. Beķera (1979) monogrāfijā norādīts, ka alkšņa koksnes blīvuma svārstību diapazons svaigi cirstai koksnei ir no 680 līdz 1000 kg m^{-3}.

Šajā pētījumā stumbra vertikālajā virzienā vismazākais dabiski mitras koksnes vidējais blīvums konstatēts 1.3 m griezumā no resgaļa un pakāpeniski palielinās virzienā uz koka galotni no 764 līdz 827 kg m^{-3} (3.31. att.). Koksnes blīvuma svārstības izskaidrojamas ar dažādu faktoru ietekmi. A. Kalniņš (1930) raksta, ka koka vainags ietekmē koksnes blīvumu. Savukārt, vainaga lielums un forma ir atkarīgi no koka atrašanās vietas audzē. Nomāktie koki audzē ir īsāki, to koksnes blīvums ir ievērojami zemāks. Koka vainaga forma un lielums ir atkarīgi no augšanas apstākļiem, orientācijas uz debespusēm, ģeogrāfiskās atrašanās vietas, valdošajiem vējiem un ģenētiskās izcelsmes. Visi minētie argumenti tieši vai netieši ietekmē koksnes blīvumu pa stumbra asi.

Pāru korelācijas koeficienti ļauj spriest par dabiski mitras koksnes blīvuma sakarībām starp divām dažādām stumbra griezuma vietām no resgaļa. Iegūtie dati ļauj secināt, ka pastāv statistiski nozīmīga vidēji cieša pozitīva lineāra korelācija starp dabiski mitras koksnes blīvuma vērtību dažādās stumbra griezuma vietās no resgaļa: starp 1.3 m un ¼ ($r = 0.763$), 1.3 m un ½ ($r = 0.714$), 1.3 m un ¾ ($r = 0.618$), kā arī starp ¼ un ½ ($r = 0.722$), starp ¼ un ¾ ($r = 0.661$) un starp ½ un ¾ ($r = 0.735$), $p < 0.05$. J. Smilga (1988), pētot apses blīvumu, konstatējis, ka pastāv pozitīva vidēji cieša korelācija starp stumbra un zaru koksnes blīvumu. Dotajā pētījumā konstatēts, ka visaugstākā koksnes blīvuma vidējā vērtība ir ¾ no stumbra resgaļa un viszemākā 1.3 m augstumā no sakņu kakla (3.31. att.). Tas nozīmē, ka stumbra blīvuma vērtība no resgaļa uz galotni palielinās, kas tiek konstatēts arī J. Smilgas (1974) pētījumos par apsi, kurai stumbra koksnes blīvums ir mazāks par zaru koksnes blīvumu.

Blīvums ir atšķirīgs pat vienas koku sugas koksnei un vienam stumbram dažādās vietās (Draudiņš un Beķeris, 1979). Dabiski mitras koksnes blīvums dažādos augstumos no stumbra resgaļa atšķiras būtiski ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$), kā arī starp atsevišķiem koku stumbru blīvumiem pastāv būtiskas atšķirības, ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$).



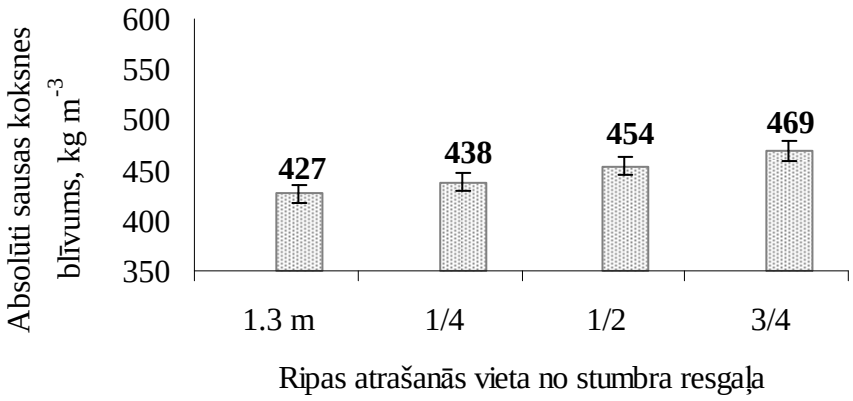
3.31. att. Dabiski mitras koksnes blīvums dažādās stumbra griezuma vietās

Absolūti sausas baltalkšņa koksnes vidējais blīvums ir 447 ± 3.2 kg m^{-3}, pazīmes standartnovirze 35.6 kg m^{-3} un variācijas koeficients 8 % ($p < 0.05$). E. Miķītis un K. Upmanis (1971) alkšņa absolūti sausas koksnes vidējo blīvumu konstatējuši 442 kg m^{-3}, M. Draudiņš un L. Beķeris (1979) – 530 kg m^{-3}. Minēto autoru darbos nav izdalīts atsevišķi baltalksnis no melnalkšņa. Domājams, ka šī iemesla dēļ pastāv atšķirības starp minēto autoru absolūti sausas koksnes vidējiem rādītājiem. Baltalkšņa koksne pieskaitāma pie vieglās koksnes grupas, jo koku sugas tiek iedalītas trīs grupās pēc absolūti sausas koksnes blīvuma vērtības: vieglās (līdz 550 kg m^{-3}), vidēji smagās (no 551 līdz 750 kg m^{-3}) un ļoti smagās – virs 751 kg m^{-3} (Smilga un Sirtauts, 1987). 122 paraugkoku koksnes blīvuma atšķirības ir visai ievērojamas un atrodas intervālā no 388 līdz 506 kg m^{-3}. Stumbra vertikālajā virzienā vismazākais absolūti sausas koksnes vidējais blīvums ir 1.3 m augstumā un pakāpeniski palielinās virzienā uz koka galotni no 427 līdz 469 kg m^{-3} (3.32. att.).

Dotajā pētījumā 122 paraugkoku koksnes blīvuma atšķirības ir visai ievērojamas un atrodas intervālā 388 – 506 kg m^{-3}. Literatūrā norādīts, ka alkšņa absolūti sausas koksnes blīvuma svārstības starp kokiem ir 432 – 574 kg m^{-3} intervalā (Vaņins, 1950) un 420 – 630 kg m^{-3} (Draudiņš un Beķeris, 1979). Minēto autoru darbos absolūti sausas koksnes blīvuma atšķirībām tiek uzrādītas augstākas vērtības, jo atsevišķi nav izdalīta koku suga (baltalksnis vai melnalksnis).

Dabiski mitras koksnes blīvums dažādos augstumos no stumbra resgaļa atšķiras būtiski ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$), kā arī starp atsevišķu koku koksnes blīvumu pastāv būtiskas atšķirības ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$).

Pāru korelācijas koeficienti ļauj spriest par dabiski mitras koksnes blīvuma sakarības ciešumu starp divām dažādām stumbra griezuma vietām no tā resgaļa. Pastāv statistiski nozīmīga korelācija starp koksnes blīvuma vērtību dažādās stumbra griezuma vietās no resgaļa. Vidēji cieša pozitīva lineāra korelācija pastāv starp koksnes blīvumu 1.3 m augstumā un ¼ no stumbra pamatnes ($r = 0.558$) un starp koksnes blīvumu ½ un ¾ no stumbra garuma ($r = 0.526$). Vāja korelācija eksistē starp koksnes blīvumu 1.3 m augstumā un ½ pusē no stumbra garuma ($r = 0.427$), kā arī 1.3 m augstumā un ¾ ($r = 0.443$), starp ¼ un ½ ($r = 0.416$), starp ¼ un ¾ ($r = 0.414$), $p < 0.05$.



3.32. att. Absolūti sausas koksnes blīvums dažādās stumbra griezuma vietās

Iegūtie koksnes blīvuma dati ir izmantojami stumbra masas noteikšanai gan dabiski mitrai, gan absolūti sausai koksnei. Absolūti sausas koksnes blīvums ir vispiemērotākais audzes koksnes masas kg m^{-3} noteikšanai, lai aprēķinātu iegūstamā siltuma daudzumu. Dabiski mitras koksnes blīvums ir izmantojams dabiski mitras koksnes kravas aprēķināšanai.

3.3.3. Baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomi

Pētīto baltalkšņa audžu vecums variē intervālā no 2 līdz 40 gadiem (3.7. un 3.8. pielikums). Audzēs dabiski mitrās baltalkšņa biomasas izkliedes intervāls ir 1.1 – 345.8 t ha^{-1}, savukārt absolūti sausās biomasas – 4.3 – 104.4 t ha^{-1} (3.18. tab.).

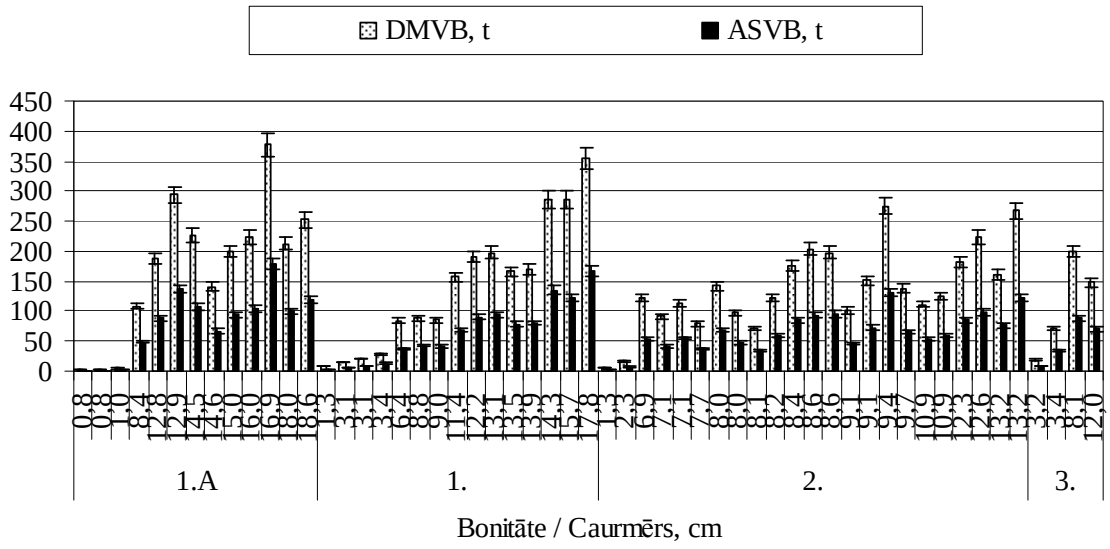
3.18. tabula

Baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjoms bezlapotā stāvoklī

Vecums gados	DMVB ± $s_{\bar{x}}$, t ha^{-1}	ASVB ± $s_{\bar{x}}$, t ha^{-1}
1 – 5	9.5 ± 2.51	4.3 ± 1.10
6 – 10	40.0 ± 16.09	18.9 ± 8.12
11 – 15	136.0 ± 17.88	63.7 ± 8.37
16 – 20	150.0 ± 18.08	70.9 ± 8.68
21 – 25	194.0 ± 16.81	89.8 ± 6.74
26 - 30	223.0 ± 21.04	104.4 ± 9.81

Baltalkšņa audzēs no 11 – 15 gadu vecumam bezlapotās virszemes biomasas apjoms palielinās 3.4 reizes, no 16 – 20 gadu vecumam palielinās par 0.8 reizēm, no 21 - 25 gadu vecumam – 1.3 reizes un no 26 – 30 gadu vecumam – 1.2 reizes.

Baltalkšņa audžu biomasas apjoms būtiski atšķiras no audzes vecuma ($p = 0.022 < \alpha = 0.05$) (3.8. pielikums). Otrs faktors, kas ietekmē audžu biomasas apjomu ir audzes vidējais caurmērs (3.33. att.).



3.33. att. Baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomi t ha^{-1} bezlapotā stāvoklī dažādu bonitāšu audzēs

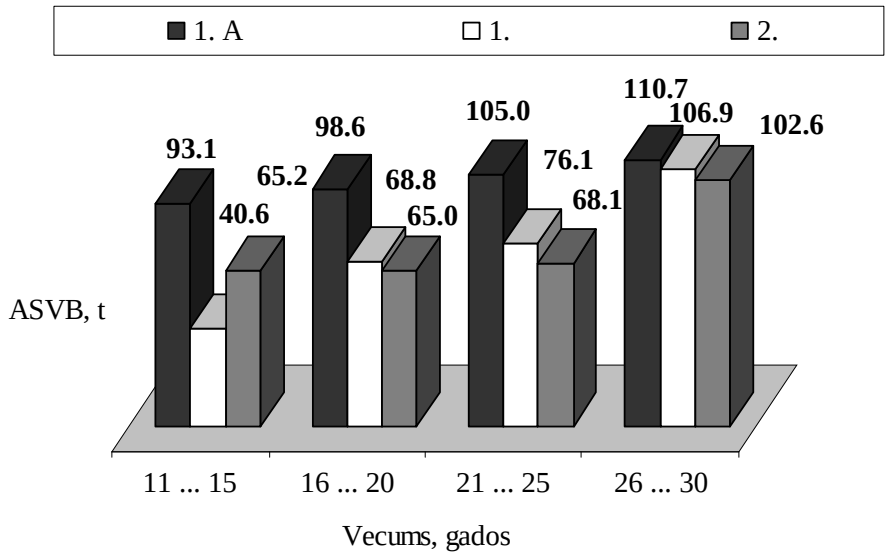
Literatūrā biežāk minētais baltalkšņa audžu ciršanas vecums ir minēts, sākot no 15 gadiem (Ozols, 1923; Brants, 1929; Mūrnieks, 1950; Katkevičs, 1986). Analizējot biomasas apjomus 11 gadus un vecākās baltalkšņa audzēs (3.34. att.), konstatēts, ka biomasas apjoms būtiski atšķiras dažādas bonitātes audzēs ($p = 0.02 < \alpha = 0.05$).

Vecumā no 11 līdz 15 gadiem 1. A bonitātes audzēs absolūti sausas biomasas apjoms vidēji ir 93.1 t ha^{-1}, pirmās bonitātes audzēs šis rādītājs ir 44 % no 1. A bonitātes apjoma, bet 2. bonitātes audzēs – 70 %. Ievērojama atšķirība šajā vecumā pastāv starp 1. un 1.A un 1. un 2. bonitāti (3.34. att.), jo pētījumā 1. bonitātes baltalkšņa audzēs ir zemāki audzes vidējā caurmēra un audzes šķērslaukuma rādītāji.

Vecumā no 16 līdz 20 gadiem 1. A bonitātes baltalkšņa audzēs absolūti sausas biomasas apjoms vidēji sastāda 98.6 t ha^{-1}, pirmās bonitātes audzēs – 70 %, un 2. bonitātes audzes – 66 %. Absolūti sausās biomasas vidējais apjoms dotajā vecumā starp 1. un 2. bonitāti praktiski izlīdzinās, atšķirība ir 5.5 % apmērā.

Vecumā no 21 līdz 25 gadiem 1. A bonitātes audzēs biomasas apjoms sastāda 105 t ha^{-1} absolūti sausas biomasas. Dotajā vecumā pastāv tikai 7 % atšķirība starp 1. un 2. bonitātes vidējiem rādītājiem. Pirmās bonitātes audzes vērtība sastāda 72 % no 1. A bonitātes audžu vidēja apjoma un 2. bonitātes – 65 %.

Nekopto baltalkšņa audžu absolūti sausās biomasas vidējie rādītāji 26 – 30 gadu vecumā praktiski izlīdzinās dažādas bonitātes audzēs, jo starp vidējiem rādītājiem pastāv maza atšķirība: 1. bonitātes audzēs tā ir par 3 % zemāka nekā 1. A, kas sastāda 110.7 t ha^{-1}, starp 1. A un 2. bonitāti pastāv 7 % liela atšķirība. Starp abām zemākajām bonitātēm vidējie absolūti sausas virszemes biomasas apjomi atšķiras par 4 %.



3.34. att. Biomasas apjomi baltalkšņa audzēs no 11 gadu vecuma

No visa iepriekš minētā var secināt, ka krasas atšķirības virszemes biomasas apjomā vecumā līdz 15 gadiem vērojamas nekoptās baltalkšņa audzēs, kas pamazām izlīdzinās starp audžu bonitātēm, pieaugot audzes vecumam no 26 līdz 30 gadiem (3.8. pielikums).

Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjomi t ha^{-1} (3.35. att., 7. pielikums) nosakāmi pēc pakāpes regresijas vienādojuma (2.16), kur kā arguments izmantots audzes vecums.

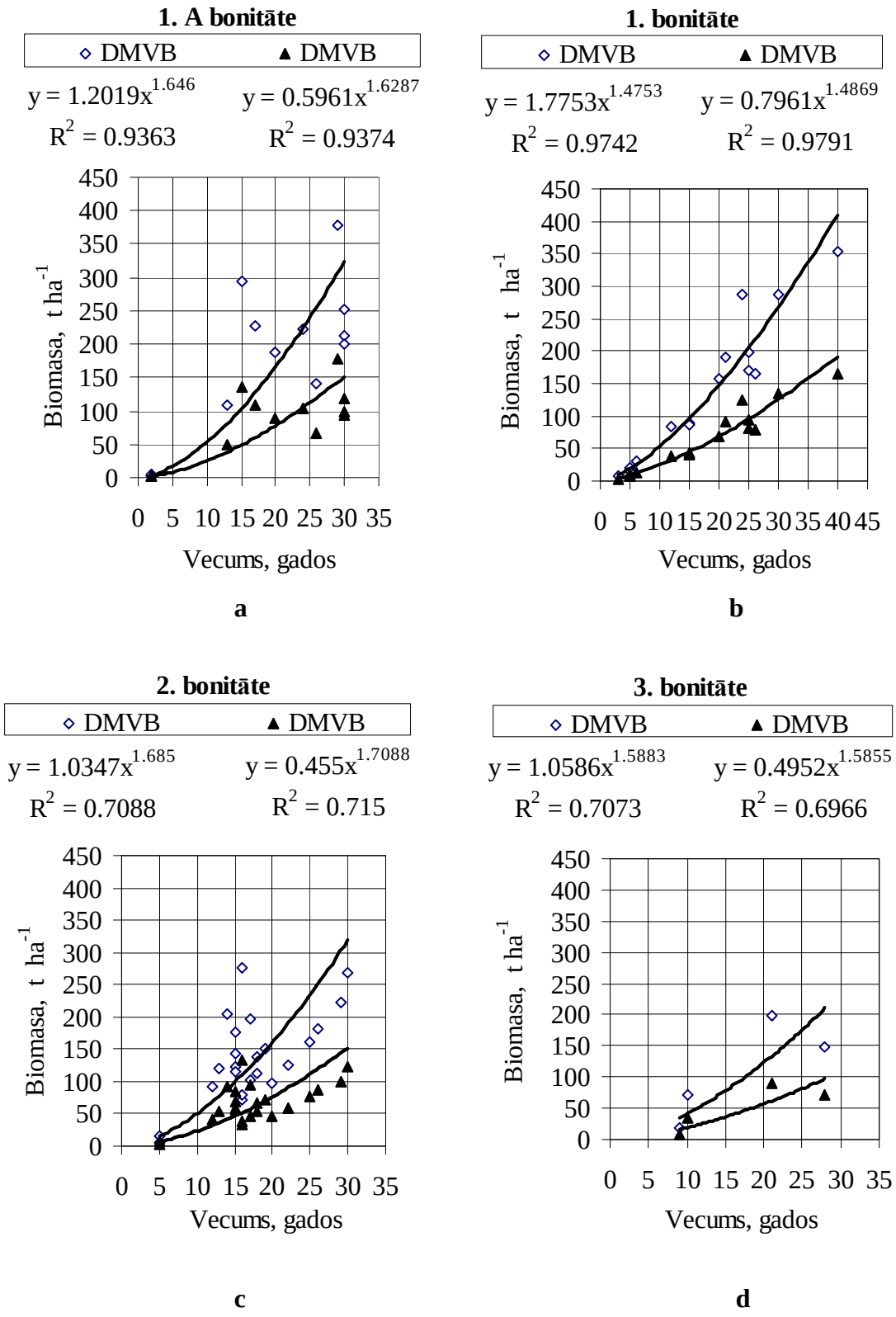
Vienādojuma regresijas koeficienti ir statistiski nozīmīgi ($p = 0.000 – 0.0110 < < \alpha = 0.05$). Tie izmantojami baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanai (3.19. tab.).

3.19. tabula

Baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjomu aprēķināšanas pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) **koeficientu vērtības**

Bonitāte	a	b	R^2	s_x	F	t	p - vērtība
Dabiski mitrai biomasai							
1. A	1.2019	1.6460	0.936	22.70	372.50	19.30	0.0110
1.	1.7753	1.4753	0.974	17.03	591.04	24.31	0.0021
2.	1.0347	1.6850	0.709	14.36	629.70	25.05	0.0000
3.	1.0586	1.5883	0.707	7.10	413.89	20.34	0.0024
Absolūti sausai biomasai							
1. A	0.5961	1.6287	0.937	10.36	390.73	19.77	0.0106
1.	0.7961	1.4869	0.979	1.67	563.97	23.75	0.0000
2.	0.4550	1.7088	0.715	7.07	592.74	24.35	0.0000
3.	0.4952	1.5855	0.697	3.27	417.90	20.44	0.0024

Apzīmējumi:
x – arguments (audzes vecums, gados); a – regresijas vienādojuma brīvais loceklis; b – regresijas vienādojuma koeficients; R^2 - determinācijas koeficients; s_x – regresijas standartkļūda; F un t – testa faktiskās vērtības; p - ticamības līmenis

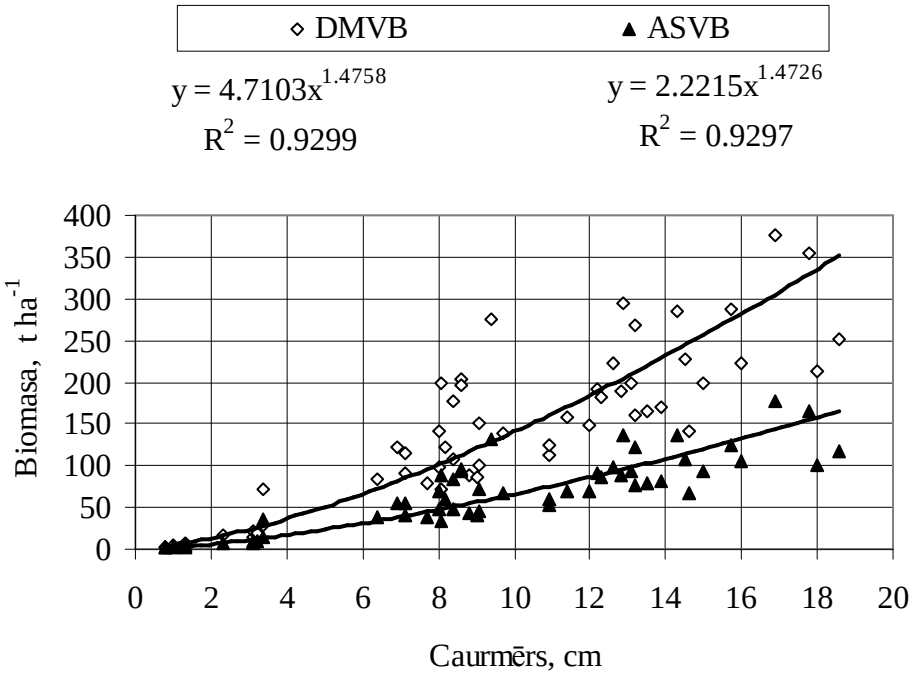


3.35. att. Sakarība starp audzes vecumu un baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasu (t ha^{-1}): a – 1. A bonitātes audzēs; b – 1. bonitātes audzēs; c - 2. bonitātes audzēs un d – 3. bonitātes audzēs

Biomasas aprēķināšanai baltalkšņa audzēs kā mainīgie argumenti ir izmantoti arī audzesvidējais caurmērs un audzes šķērslaukums (3.36. un 3.37. att.). Tās noteikšanai irizmantots pakāpes regresijas vienādojums (2.16).

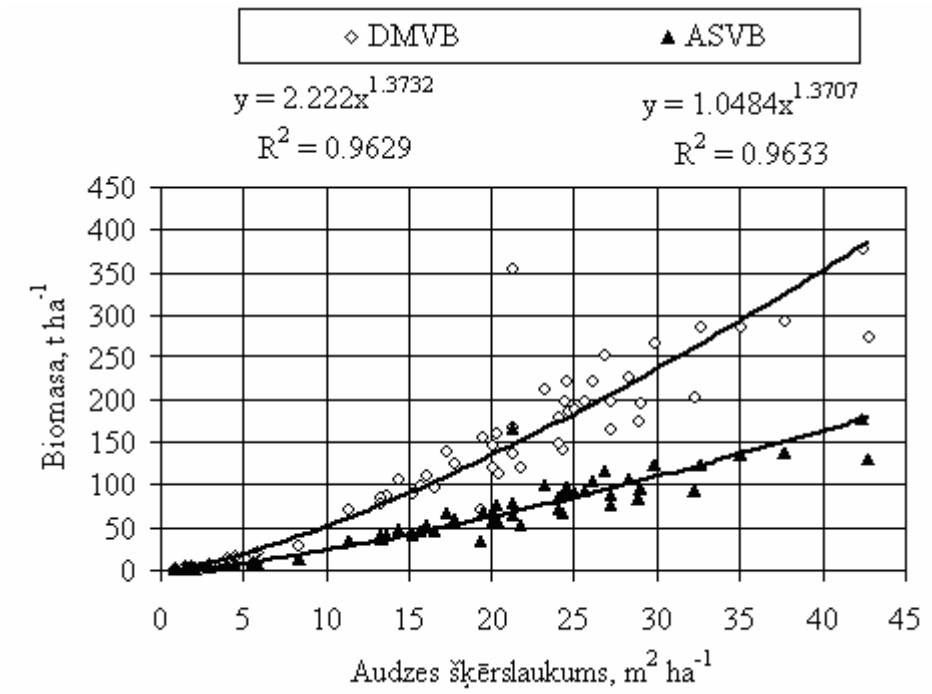
Izmantojot kā argumentu audzes vidējo caurmēru, var secināt, kā biomasas apjomi būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs ($p = 0.601 > \alpha = 0.05$), bet biomasas apjomu būtiski ietekmē audzes vidējais caurmērs ($p = 0.000 < \alpha = 0.01$).

Vēl ciešāka sakarība audzes biomasas apjomu prognozēšanai konstatēta starp audzes šķērslaukumu (x) un baltalkšņa audžu biomasas (y) apjomu t ha^{-1} ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.9629$ un $R^2 = 0.9633$). Audzes šķērslaukums vienlaicīgi sevī apvieno tā izmaiņu atkarību no audzes vecuma, kā arī koku caurmēra un skaita ietekmi. Datu izkliede ap regresijas taisni ir daudz mazāka, nekā par argumentiem izmantojot audzes vecumu vai vidējo caurmēru.



3.36. att. Sakarība starp audžu caurmēru un baltalkšņa audžu biomasu

Pielietojot kā argumentu audzes šķērslaukumu, var secināt, kā biomasas apjomi būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs ($p = 0.548 > \alpha = 0.05$), bet biomasas apjomu būtiski ietekmē audzes šķērslaukums ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$).



3.37. att. Sakarība starp audžu šķērslaukumu un baltalkšņa audžu biomasu

Piemēram, analizējot divas 1. A bonitātes baltalkšņa vēra meža tipa 30 gadus vecas audzes (2006. – 09. un 2006. – 10. PL) ar caurmēru 18.0 un 18.6 cm, dabiski mitras virszemes biomasas apjoms aprēķināts 212.7 un 252.2 t ha^{-1}. Šajās audzēs koku ir 910 un 980 gab. ha^{-1}, attiecīgi šķērslaukums 23.2 un 26.8 m^2 ha^{-1}. Vienvecuma audzēs ir lielāks biomasas apjoms ar augstākiem dendrometriskajiem rādītājiem. Izvērtējot divas 1. bonitātes baltalkšņa vēra meža tipa 25 gadus vecas audzes (2006. – 07. un 2006. – 30. PL) ar caurmēru 13.9 un 13.1 cm, dabiski mitras biomasas apjoms ir 169.5 un 198.1 t ha^{-1}. Šajās audzēs koku ir 1400 un 1890 gab. ha^{-1}, attiecīgi šķērslaukums ir 21.2 un 25.6 m^2 ha^{-1}. Vienvecuma audzēs lielāks biomasas apjoms ir audzei ar mazāku koka caurmēru un ar lielāku šķērslaukumu un koku skaitu uz ha. Raksturojot četras 2. bonitātes baltalkšņa vēra meža tipa 15 gadus vecas audzes (2006. – 25.; 2006. – 5.; 2006. – 19. un 2006. – 01. PL) ar caurmēru 7.1, 8.0, 8.2, un 8.4 cm, dabiski mitras biomasas apjoms sastāda 114.2, 142.3, 122.7 un 176.8 t ha^{-1}. Šajās audzēs koku ir 5160, 6600, 3790 un 5150 gab. ha^{-1} un attiecīgi šķērslaukums 20.4, 24.3, 20.0 un 28.8 m^2 ha^{-1}. Vienvecuma audzēs lielāks biomasas apjoms ir otrajai audzei ar lielāku koku skaitu. Literatūrā minēts, ka produktivitāte vienvecuma un vienas un tās pašas bonitātes audzēs ir atkarīga no kokus skaita uz platības vienības (Атрохин, 1980; Антанайтис и др., 1986).

Salīdzinot divas 2. bonitātes baltalkšņa slapjā vēra 16 gadu vecas audzes (2006. – 28. un 2006. – 16. PL) ar caurmēru 7.7 un 8.1 cm, dabiski mitras biomasas apjoms ir 79.2 un 71.7 t ha^{-1}. Šajās audzēs koku ir 2860 un 2240 gab. ha^{-1} un attiecīgi šķērslaukums 13.3 un 11.4 m^2 ha^{-1}. Lielāks biomasas apjoms ir audzei ar mazāku vidējā koka caurmēru, bet ar lielāku šķērslaukumu, kā arī koku skaitu uz ha. Tas nozīmē, ka viena baltalkšņa meža tipa, vienas bonitātes audzēs biomasas apjoma noteicošais faktors ir koku skaits un audzes šķērslaukums.

Izvērtējot 2. bonitātes baltalkšņa slapjā vēra un platlapju āreņa 17 gadus vecas audzes (2005. – 15. un 2006. – 4. PL) ar caurmēru 9.1 un 8.6 cm, dabiski mitras biomasas apjoms ir 101.1 un 197.6 t ha^{-1}. Šajās audzēs koku ir 2390 un 5010 gab. ha^{-1}

un attiecīgi šķērslaukums 15.7 un 28.9 m^2 ha^{-1}. Lielāks biomasas apjoms ir platlapju āreņa baltalkšņa audzei ar mazāku koka caurmēru un ar lielāku šķērslaukumu (par 13.2 m^2 ha^{-1}) un koku skaitu uz ha (par 2620 gab. ha^{-1}). Biomasas apjoms šajās vienas bonitātes vienvecuma audzēs, bet dažādos baltalkšņa meža tipos atkarīgs no koku skaita un šķērslaukuma.

Salīdzinot 1. A, 1. un 2. bonitātes baltalkšņa vēra 20 gadu vecas audzes (2006. – 11.; 2005. – 17. un 2006. – 20. PL) ar caurmēru 12.8, 11.4 un 8.0 cm, dabiski mitras biomasas apjoms ir 188.4, 157.2 un 97.4 t ha^{-1}. Šajās audzēs koki ir 1900, 1850 un 3200 gab. ha^{-1} un attiecīgi šķērslaukums 24.6, 19.4 un 16.5 m^2 ha^{-1}. Lielāks biomasas apjoms ir 1. A bonitātes audzei, jo tai caurmērs ir par 1.4 cm lielāks nekā 1. bonitātes un par 4.8 cm lielāks nekā 3. bonitātes audzei. Pirmajā minētajā audzē šķērslaukums ir attiecīgi par 5.2 un 8.1 m^2 ha^{-1} lielāks. Biomasas apjomu dotajās viena vecuma un meža tipa audzēs ietekmē bonitāte, koka stumbra tilpums un šķērslaukums. P. Mūrnieks (1950) raksta, ka baltalkšņa audzes sevišķi auglīgos apstākļos spēj dot augstu produktivitāti, un bonitāte raksturo potenciālo auglību.

Dabiski mitru un absolūti sausu baltalkšņu biomasas noteikšanai izmantojamie pakāpes regresijas vienādojumi un koeficienti (3.20. tab.), neatkarīgi no argumenta veida, ir būtiski ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$) un izmantojami koka virszemes biomasas aprēķināšanai.

3.20. tabula

Pakāpes regresijas vienādojuma ($y = ax^b$) **koeficientu vērtības raksturojošie lielumi starp audzes vidējā caurmēra vai audzes šķērslaukuma un baltalkšņa audžu virszemes biomasas apjomu**

x	a	b	R^2	s_x, t	F	t	p - vērtība
Dabiski mitrai audzes virszemes biomasai							
Audzes vidējais caurmērs	4.7103	1.4758	0.930	0.33	703.1	8.22	0.0000
Audzes šķērslaukums	2.2327	1.3652	0.969	0.22	1672.5	10.39	0.0000
Absolūti sausai virszemes biomasai							
Audzes vidējais caurmērs	2.2214	1.4726	0.930	0.33	703.1	8.22	0.0000
Audzes šķērslaukums	1.0532	1.3627	0.970	0.21	1738.6	10.61	0.0000

Apzīmējumi:
x – arguments; a – regresijas vienādojuma brīvie loceklis; b – regresijas vienādojuma koeficients; R^2 - determinācijas koeficients, s_x – regresijas standartkļūda, t; F un t – testa faktiskās vērtības; p - ticamības līmenis

Starp audzes šķērslaukumu un audzes biomasas pieaugumu pastāv cieša sakarība ($R^2 = 0.969$, $\alpha = 0.01$). Lielākas biomasas pieauguma vērtības raksturīgas 1. A un 2. bonitātes audzēs ar šķērslaukumu, lielāku par 28 m^2 ha^{-1}. Biomasas vidējais pieaugums vairumam audžu ir robežās starp 5 – 10 t ha^{-1} gadā (3.9. pielikums). Audzēs

ar vidējo caurmēru, mazāku par 6 cm, biomasa vidējais pieaugums nepārsniedz 6 t ha^{-1} gadā.

Biomasas pieaugums, lielāks par 10 t ha^{-1} gadā ir konstatēts 1. A bonitātes gāršas un vēra audzēs un 2. bonitātes vēra un platlapju āreņa audzēs ar vidējo caurmēru 8 – 10 cm. Igauņu zinātnieki izpētījuši, ka virszemes biomasas lielākie pieaugumi ir baltalkšņa gāršas audzēs (Tullus et al., 1996). Pieaugot audzes vecumam, biomasas pieauguma apjoms samazinās. Dotajā pētījumā nevienai audzei nav konstatēti biomasas pieaugumi, lielāki par 10 t ha^{-1} 30 gadu vecumā. 30-gadīgajās 1. A bonitātes audzēs tie ir 6.6 – 8.4 t ha^{-1}, 40-gadīgajā 2. bonitātes audzē – 8.8 t ha^{-1}. Igauņu zinātnieki konstatējuši, ka biomasas apjoms samazinās vecākajās baltalkšņa audzēs (Löhmus et al., 1996; Tullus et al., 1996; Tullus et al., 1998).

Palielinoties koku skaitam uz hektāra, biomasas pieaugums samazinās. Tas saistīts ar audzes vecumu, jo jaunaudzēs ir liels koku skaits, mazs koku caurmērs un atbilstoši daudz mazāks biomasas pieaugums. Vairumam audžu nav vairāk koku par 5000 gab. ha^{-1}, kurās biomasas pieaugums ir starp 4 – 10 t ha^{-1} gadā.

3.3.4. Baltalkšņa audžu izvērtējums šķeldas iegūšanai

Pieņemot, ka baltalkšņa audzes ir izmantojamas enerģētiskās šķeldas iegūšanai, ASVB pārrēķināta šķeldā (ber.m^3 ha^{-1}). Tās gada apjomi pēc baltalkšņa audžu 15 gadu vecuma saniegšanas samazinās no 25.5 līdz 21.3 ber.m^3 ha^{-1} (3.21. tab.). Tas nozīmē, ka maksimumu saniedz 15 gadu vecumā.

3.21. tabula

Baltalkšņa audžu enerģētiskās koksnes apjomi

Audzes vecums, gados	ASVB, t ha^{-1}	Šķelda, *ber.m^3 ha^{-1}	Šķelda, ber.m^3 ha^{-1} gadā
1 - 5	4.3	26	5.2
6 - 10	18.9	113	11.3
11 - 15	63.7	382	25.5
16 - 20	70.9	425	21.3
21 - 25	89.8	539	21.6
26 - 30	104.4	626	20.9

Apzīmējumi: * 1 tonna absolūti sausas biomasas (sausnas) – 5.6 – 6.7 ber.m^3

Enerģētiskās šķeldas iznākums, atrēķinot ciršanas un šķeldošanas laikā radušos zudumus, apkopots 3.22. tabulā. Laika posmā no 5 līdz 30 gadiem faktiskais šķeldas iznākums ir no 18.1 līdz 438.5 ber.m^3 ha^{-1}. Šķeldas apjoms pirmajos 5 gados ir 3.6 ber.m^3 ha^{-1} gadā, attiecīgi 10 un 15 gados – 7.9 un 17.8 ber.m^3 ha^{-1} gadā. Maksimumu sasniedz 15 gadu vecumā. Vecākās audzēs vidējie šķeldas gada apjomi samazinās un 30 gadu vecumā ir tikai 14.6 ber.m^3 ha^{-1}. Vidējie šķeldas gada apjomi pēc 15 – 17 gadu vecuma sasniegšanas samazinās par 17.6 %.

3.22. tabula

Baltalkšņa audžu enerģētiskās koksnes apjomi pēc ciršanas un šķeldošanas zudumu atrēķināšanas

Audzes vecums, gados	ber.m^3 ha^{-1}	Vidēji, ber.m^3 ha^{-1} gadā
5	18.1	3.6
10	79.4	7.9
15	267.5	17.8
20	297.8	14.9
25	377.2	15.1
30	438.5	14.6

Meža produkcijas enerģētiskās koksnes eksporta cena 2007. gadā[6] par šķeldu – 9.34 Ls ber.m $^{-3}$. Ieņēmumi par baltalkšņa enerģētisko koksni (šķeldu, ber.m $^{-3}$) noteiktā laika posmā no platības vienības ir iegūti un apkopoti 3.23. tabulā. Pēc baltalkšņa audžu 15 gadu sasniegšanas vidējie ieņēmumi gadā par enerģētisko koksni (šķeldu) samazinās no 167 uz 139 Ls ha^{-1}.

3.23. tabula

Ieņēmumi par enerģētisko koksni (šķeldu, ber.m $^{-3}$) pašreizējā tirgus situācijā

Vecums, gados	Ieņēmumi par šķeldu (ber.m^3), Ls ha^{-1}	Vidējie ieņēmumi par šķeldu (ber.m^3) gadā, Ls ha^{-1}
5	169	34
10	79.4	74
15	2500	167
20	2782	139
25	3524	141
30	4097	137

Pēc baltalkšņa audžu izvērtēšanas enerģētiskās koksnes iegūšanai ir iespējams secināt, ka visizdevīgāk to izstrādāt pēc 15 gadu vecuma sasniegšanas. Tas ir, pirms krājas pieaugums sāk samazināties. To pašu apliecina arī pašreizējā tirgus situācija – izstrādājot baltalksni reizi 15 gados šķeldu ražošanai, vidējie ieņēmumi gadā ir 167 Ls ha^{-1}.

3.3.5. Nodaļas kopsavilkums

Dabiski mitra, līdz 3 cm resnu baltalkšņu kopējā virszemes biomasa satur 15.3 ± 0.97 % zaru masas.

Baltalkšņa stumbra tilpuma noteikšanai atkarībā no stumbra caurmēra (x) līdz 3 cm resniem kokiem izmantojams parabolas regresijas vienādojums $y = 0.0003x^2 - 0.0002x + 0.00009$, ($p = 0.000 < \alpha = 0.05$), $R = 0.99$.

[6] *Meža nozares produktu ārējā tirdzniecība* [tiešsaiste]: Zemkopības ministrija [skatīts 10. jūnijā 2008. g.]. Pieejams http://www.zm.gov.lv/?sadala=289

Līdz 3 cm resnu, bezlapotu baltalkšņu virszemes biomasas aprēķināšanai dabiski mitrā stāvoklī ir izmantojams regresijas vienādojumu $y = 0.3427x^2 - 0.3063x + 0.1636$, ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.98$), absolūti sausas biomasas aprēķināšanai $y = 0.1529x^2 - -0.1408x + 0.0845$, ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.97$).

Bezlapotu, 3 – 26 cm resnu baltalkšņu virszemes biomasas aprēķināšanai dabiski mitrā stāvoklī ir izmantojams regresijas vienādojums $y = 0.1357x^{2.5377}$, ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.98$), absolūti sausas biomasas aprēķināšanai $y = 0.07x^{2.5059}$, ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.99$).

Vidējais relatīvais baltalkšņa koksnes mitrums ir 53.5 ± 0.32 %, pazīmes variācijas koeficients 4.7 % ($p < 0.05$). Koksnes relatīvā mitruma svārstības konstatētas intervālā 39.7 – 58.3 %.

Dabiski mitras baltalkšņa koksnes vidējais blīvums dažādos stumbra augstumos izzāģētām koksnes ripām ir 795 ± 5.2 kg m^{-3} ar variēšanas amplitūdu no 670 līdz 918 kg m^{-3}. Dabiski mitras koksnes blīvums pieaug virzienā no stumbra resgaļa uz galotni. Absolūti sausas koksnes vidējais blīvums ir 447 ± 3.2 kg m^{-3}, pazīmes variācijas koeficients 8 % ($p < 0.05$). Dotais koksnes blīvums virzienā no resgaļa uz galotni palielinās no 427 līdz 469 kg m^{-3}. Koksnes blīvuma atšķirības starp paraugkokiem konstatētas 388 – 506 kg m^{-3}.

Absolūti sausas biomasas vidējais apjoms pirmās vecumklases (1 – 5 gadi) audzēs ir 4.3 ± 1.10 t ha^{-1} un sestajā vecumklasē (26 – 30 gadu) - 104.4 ± 9.81 t ha^{-1}. Baltalkšņa audžu absolūti sausa biomasa atkarībā no audzes vecuma aprēķināma pēc pakāpes regresijas vienādojuma ($p = 0.0000 – 0.0106 < \alpha = 0.05$, $R^2 = 0.70 - 0.98$). Vienpadsmit gadu un vecākās audzēs biomasas apjoms būtiski atšķiras dažādu bonitāšu ($p = 0.012 < \alpha = 0.05$) un vecumklašu audzēs ($p = 0.02 < \alpha = 0.05$).

Baltalkšņa audžu absolūti sausā biomasa atkarībā no audzes vidējā caurmēra aprēķināma pēc regresijas vienādojuma $y = 0.2.2215x^{1.4726}$ ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.93$) vai šķērslaukuma $y = 0.10484x^{1.3707}$ ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, $R^2 = 0.96$). Pielietojot kā argumentu audzes šķērslaukumu ($p = 0.548 > \alpha = 0.05$) vai caurmēru ($p = 0.601 > \alpha = 0.05$), var secināt, ka biomasas apjomi būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs, bet biomasas apjomu būtiski ietekmē audzes šķērslaukums vai caurmērs ($p = 0.0000 < \alpha = 0.01$).

Vairumam audžu dabiski mitras biomasas vidējais pieaugums ir robežās 4 – 10 t ha^{-1}. Audzēs ar vidējo caurmēru, mazāku par 6 cm, biomasas pieaugums nepārsniedz 6 t ha^{-1}. Lielākais biomasas vidējais pieaugums raksturīgs 1. A un 2. bonitātes audzēs ar šķērslaukumu, lielāku par 28 m^2 ha^{-1}.

Visizdevīgāk baltalkšņa biomasu enerģētiskās koksnes ražošanai izstrādāt 15 – 17 gadu vecumā pirms krājas pieauguma samazināšanās. Pašreizējā tirgus situācijā, nocērtot baltalkšņa audzes šķeldas iegūšanai 15 gadu vecumā, vidējie gada ieņēmumi ir 167 Ls ha^{-1}.

4. SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI

Secinājumi

1. Pieaugošā kurināmā deficīta apstākļos baltalksnis vērtējams kā ātraudzīga koku suga, kas īsā laika periodā spēj producēt ievērojamu koksnes daudzumu bionerģijas iegūšanai. Tā izpēte divdesmit pirmā gadsimta sākumā ieguvusi ievērojamu aktualitāti.
2. Pētītajās 2 līdz 40 gadus vecās baltalkšņa audzēs izlīdzinātās krājas dažādu bonitāšu audzēs atkarībā no vecuma vai šķērslaukuma apromiksē pakāpes regresijas $y = ax^b$ vienādojums. Tās dažādu bonitāšu audzēs būtiski neatšķiras. Ražīgāko audžu krājas variē diapazonā 170 – 410 m^3 ha^{-1}. Lielas krājas 170 – 237 m^3 ha^{-1} veido gan audzes ar lielu koku skaitu (5500 – 6600 gab. ha^{-1}), gan ievērojami retākās, kurās koku skaits nepārsniedz 2200 gab. ha^{-1}.
3. Baltalkšņa krājas vidējais pieaugums būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs. Pēc 20 gadu vecuma krājas vidējais pieaugums samazinās.
4. Starp audzes vecumu un koku skaitu visu bonitāšu audzēs pastāv statistiski ticama pakāpes regresija $y = ax^b$.
5. Baltalkšņa audzēs koki visbiežāk grupējas 11 – 15 dabiskajās caurmēra pakāpēs. Krājas īpatsvars trijās centrālajās pakāpēs variē diapazonā no 25 līdz 100 %. Jaunākās audzēs ir lielāks dabisko caurmēra pakāpju skaits nekā vidēji vecās vai pieaugušās audzēs. Dabisko caurmēra pakāpju skaits nav atkarīgs no audzes bonitātes. Vienā trešdaļā audžu koku skaita sadalījums atbilst Tjūrina sadalījumam, neatbilstība vairāk raksturīga līdz 15 gadiem vecajās audzēs.
6. Audzes struktūras analīzē iegūta orģināla informācija par sakarībām starp koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvajām frekvencēm. Šķērslaukuma kumulatīvo frekvenču vērtības par 3 – 5 % pārsniedz krājas kumulātas atbilstošos lielumus. Koku skaita kumulatīvo frekvenču vērtības ir ievērojami lielākas. Koku skaita kumulatīvo frekvenču vērtības nav atkarīgas no audzes bonitātes, vidējā caurmēra un vecumklases.
7. Vainaga relatīvais garums būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs. Audzes vidējā caurmēra ietekmi uz vidējo relatīvo vainaga garumu dažādu vecumklašu audzēs raksturo logaritmiskais vienādojums $y = -10.78Ln(x) + 61.784$.
8. Dabiski mitras baltalkšņa koksnes blīvums pieaug virzienā no stumbra resgaļa uz galotni, tā vidējā vērtība 795 ± 5.2 kg m^{-3}, variēšanas amplitūda no 670 līdz 918 kg m^{-3}. Absolūti sausas koksnes vidējais blīvums ir 447 ± 3.2 kg m^{-3}, variēšanas amplitūda no 388 līdz 506 kg m^{-3}. Vidējais relatīvais baltalkšņa koksnes mitrums ir 53.5 ± 0.32 %, pazīmes variācijas koeficients 4.7 %.
9. Pamatojoties uz 188 baltalkšņa paraugkoku datiem, ieteikti bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanas regresijas vienādojumi dabiski mitrā un absolūti sausā stāvoklī. Līdz 3 cm resnu, bezlapotu baltalkšņu virszemes biomasas aprēķināšanai dabiski mitrā stāvoklī ir izmantojams regresijas vienādojumu $y = 0.3427x^2 - 0.3063x + 0.1636$, absolūti sausas biomasas aprēķināšanai $y = 0.1529x^2 - 0.1408x + 0.0845$. No 3 līdz 26 cm resnu baltalkšņu virszemes biomasas aprēķināšanai dabiski mitrā stāvoklī ir izmantojams regresijas vienādojums $y = 0.1357x^{2.5377}$, absolūti sausas biomasas - $y = 0.07x^{2.5059}$.
10. Baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes dabiski mitrā biomasa aprēķināma, kā argumentu izmantojot šķērslaukumu, pēc pakāpes regresijas vienādojuma $y = 2.222 \cdot x^{1.3732}$, absolūti sausā biomasa – $y = 0.10484 \cdot x^{1.3707}$. Biomasas apjomi būtiski neatšķiras dažādu bonitāšu audzēs.

11. Dabiski mitrās biomasas vidējais pieaugums, lielāks par 10 t ha^{-1}, ir audzēs ar koku skaitu 5500 – 6600 gab. ha^{-1} un vidējo audzes caurmēru 8 – 10 cm. Vairumam audžu ikgadējais dabiski mitras biomasas pieaugums ir robežās no 4 līdz 10 t ha^{-1}. Audzēs ar vidējo caurmēru, mazāku par 6 cm, biomasas vidējais pieaugums nepārsniedz 6 t ha^{-1}.

Ieteikumi praksei

1. Baltalkšņa audžu biomasas prognozēšanai ir izmantojami promocijas darbā empīriski iegūtie regresijas vienādojumi.
2. Visizdevīgāk baltalkšņa biomasu izstrādāt enerģētiskās koksnes ražošanai 15 – 17 gadu vecumā, pirms krājas vidējā pieauguma samazināšanās. Pašreizējā tirgus situācijā, nocērtot baltalkšņa audzes šķeldas iegūšanai 15 gadu vecumā, vidējie gada ieņēmumi ir 167 Ls ha^{-1}.
3. Lai īsā laikā iegūtu lielu koksnes krāju, kas izmantojama kurināmās šķeldas iegūšanai, koku skaitam baltalkšņa audzēs 14 – 17 gadu vecumā jāpārsniedz 3000 gab. ha^{-1}.
4. Turpmākajos eksperimentos jāpārbauda lielas biezības baltalkšņa enerģētiskās koksnes plantāciju ierīkošanas lietderīgums.
5. Baltalkšņa audžu kopšanas modeļa izstrādē izmantojamas atrastās koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvo frekvenču savstarpējās likumsakarības.

INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Aas Gr. Dr., Riedmiller A. Laubbäume. München: Gondrom, 2002. S. 159.
2. Apinis M. (1999) Baltalksnis nav meža nezāle. *Vide un Laiks*, Nr.1, 17. lpp.
3. Arhipova I., Bāliņa S. (2003) *Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel.* Rīga: Datorzinības Centrs. 352 lpp.
4. Arveby A.S., Granhall U. (1998) Occurrence and succession of mycorrhizas in *Alnus incana*. *Swedish J. Agric. Res*., No.28, p.117 – 127.
5. Avotiņš A. (1962) Baltalkšņu audzes, to izplatība un saimnieciskā nozīme. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, Nr.3, 30. – 46. lpp.
6. Banis K., Dreimanis A. (1998) Audžu kopšana pēc mērķa koku metodes. *Meža Dzīve*, Nr. 4, 9. – 11.lpp.
7. Bjorklund T., Ferm A. (1982) Biomass and technical properties of small sized birch and grey alder. *Abstract Folia Forestalia*, No. 500, p. 1 - 37.
8. Brants J. (1929) Lauksaimnieka mežkopība. Rīga: LPI A/s Valters un Rapa.
9. Briedis A. (1999) Kam der baltalksnis? *Praktiskais Latvietis*, Nr.2, 10.lpp.
10. Bušs K. (1981) *Praktiskā meža tipoloģija*. Rīga, LatZTIZPI. 44 lpp.
11. Bušs M., Vanags I. (1987) *Latvijas meži*. Rīga, Avots. 173 lpp.
12. Cwielong P., Lettojärvi T., Huttermann A. (1993) Die Bedeutung des Sauerstoffs für die Physiologie von Heterobasidion annosum, dem Erreger der Rotfäule der Fichte. *Allg. Forst-v. J*., Ztg. 164, Jg. 11 S.
13. Daugavietis M. (2006) Baltalkšņa koksnes izmantošanas iespējas. ***No***: *Baltalksnis Latvijā*. LVMI Silava, 108. – 114. lpp.
14. Dengler A. (1992) Waldbau auf ökologischer Grundlage, Zweiter er Band. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey. 350 S.
15. Dolacis J., Hrols J. (2001) Par baltalkšņa un melnalkšņa koksnes fizikāli mehāniskajām īpašībām. **No:** II Pasaules latviešu zinātnieku kongress. Tēžu krājums, Rīga, LLU, 546. lpp.
16. Draudiņš M., Beķeris L. (1979) Koksnes racionāla izmantošana celtniecībā. Rīga, Liesma. 181 lpp.
17. Ebert H. P. (1994) Die Plenterung. FH Forstwirschaft, Rottenburg am Neckar. 111 S.
18. Ebert H. P. (1998) Die Behanhlung von nicht haufig vorkommenden Baumarten (Nebenbaumarte). **In:** Schriftenreihe der Fachhochschule Rottenburg, Nr.10 Rottenburg am Neckar, Fachhochschule Rottenburg, S. 47 – 48.
19. Eberts H. P. (1996) Mērķa koku audzēšana. *Meža Dzīve*, Nr.3, 4. - 11. lpp.
20. Eglīte L. (2002) Alksnis – baltais un melnais. *Baltijas Koks*, Nr.2, 50. lpp.
21. Eiche V. (1936) Latvijas meži. **No:** Latvijas zeme, daba un tauta. II Latvijas daba. Rīga, Valtera un Rapas AS apgāds, 153. – 258. lpp.
22. EN 13183 – 1 (2002) Moisture content of a piece of sawn timber – Part 1: Determination by oven dry method. European Committee for Standardization. Brussels, 5. p.
23. Fjodorov N. (1998) Heterobasidion anosum: Biology, Ecology, Impact and Control. **In:** Eastern Europe and Baltic Countries. Ed. By S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann. CAB international. UK, p. 387 – 404.
24. Forest Carbon Sink and Economical Costs of Kyoto Protocol [tiešsaiste] [skatīts 10.janv. 2008.g.]. Pieejams: http://www.metla.fi/hanke/3306/tietokanta.htm
25. Francis R. A., Gurnell A. M., Petts G. E., Edwards P. J. (2005) Survival and growth responses of Populus nigra, Salix elaeagnos and Alnus incana cuttings to varying levels of hydric strees. *Forest Ecology and Management*, Volume 210, Issue 1–3, 16 May 2005, p. 291 – 301.

26. Gailis J. (1958) Priedes, bērza un alkšņa sakņu sistēmu īpatnības mazauglīgo smiltaugšņu apmežojumos. **No:** *Mežsaimnjiecības problēmu raksti, XIV*, 13. - 26. lpp.
27. Gaitnieks T., Liepa I., Rokjānis B. (1998) Sakņu trupe un mikoriza. *Meža Dzīve*, Nr.10, 19. – 24. lpp.
28. Gaitnieks T., Liepa I., Rokjānis B. (2000) The influence of grey alder on the mycorrhiza in Norway spruce stands infected by root disease. **No:** Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti. Jelgava : LLU, 2000, Nr.3, 60.-64.lpp.
29. Giardina C.P., Huffman S., Binkley D., Caldwell B. A. (1995) Alders increase soil phossphorus availability in a Douglas – fir plantation. *Can. J. For. Res.*,vol. 25, p.1652 – 1657.
30. Granhall U., Verwijst T. (1994) Grey alder (Alnus incana) a N_2 – fixing tree suitable for energy forestry. **In:** *Biomass for Energy and Industry*. 7th. E.C. Conference, Ponte Press, Bochum, Germany, 409 – 413.
31. Indriksons A. (1999*) Krastmalas baltalkšņu audzes ietekme uz biogēno vielu apriti upes ūdeņos*. Salaspils, LVMI Silava, 85. – 98.lpp.
32. Ingestad T. (1987) *New concepts on soil fertility and plant nutrition as illustrated by research on forest trees and stands*. Geoderma, 40, p.237 – 252.
33. ISO 3131 (1975) Wood – Determination of density for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization. Switzenland, 21 p.
34. Jansons J. (1998) Par lapu koku dabīgo atjaunošanos. *Meža Vēstis*, Nr. 7, 4. lpp.
35. Jansons J., Zālītis P. (1998) Dabiski atjaunojamo lapu koku apmežojumu struktūra un kopšanas iespējas. *Meža Dzīve*, Nr. 4, 12. – 15. lpp.
36. Johansson T. (1999) Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol.14, p. 441 – 453.
37. Johansson T. (2000) Biomass equations for determining fractions of common and grey alders growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass and Bioenergy*, vol. 18, issue 2, p.147 – 159.
38. Johansson T. (2005) Stem volume equations and basic density for grey alder and common alder in Sweden. *Forestry*, vol. 78, issue 3, p. 249 – 262.
39. Kalninsh A. I. (1954) Eksperiments on Afforestation of Dune Sands in the Latvian SSR. **In:** *Questions of Forest Sciences.* Moskow, The Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, p. 427.
40. Kärki T. (1999) Predicting the value of grey alder (*Alnus incana*) logs based on external quality. *Silva Fennica*, vol. 33, issue 1, p. 13 – 23.
41. Kärki T., Maltamo M., Eerikäinen K. (2000) Diameter distribution, stem volume and stem quality models for grey alder (Alnus incana) in eastern Finland. *New Forests*, vol.20, No.1, p. 65 - 86.
42. Katkevičs A. (1989) Baltalksnis – rūgtais un devīgais. **No:** *Dabas un vēstures kalendārs*. Rīga: Zinātne, 110. – 112. lpp.
43. Katkevičs A., Lukašunas I. (1986) *Augsnes sagatavošana veida ietekme uz baltalkšņa stādījumu augšanu.* Rīga, Zvaigzne, 59. – 63. lpp.
44. Kramer H. (1888) Waldwachstumlehre. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey. 374 S.
45. Kramer H., Akca A. (1982) Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Verlag, Frankfurt am Main, S.93 – 99.
46. Kundziņš A. (1937) *Dažu faktoru ietekme uz baltalkšņa* (*Alnus incana* Moench) *veģetatīvo atjaunošanos*. Rīga, MDI. 45 lpp.
47. Kundziņš A. (1950) Priežu un alkšņu mistrotas audzes vājās smilts augsnēs. **No:** *Raksti mežsaimniecības problēmu jautājumos.* Rīga, LPSR ZA, 75. - 85. lpp.

48. Kundziņš A. (1987) Vietējie koki un krūmi. **No:** Bušs M., Vanags J. *Latvijas meži*. Rīga, Avots, 52. - 53. lpp.
49. Laas E. (1987) *Dendrologia*. Tallin, 824 lk.
50. Laiviņš M. (1984) Latvijas PSR ezeru salu baltalkšņu mežu sabiedrības. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība*, Nr. 6, 23. – 27. lpp.
51. Lange V., Mauriņš A., Zvirgzds A. (1978) *Dendroloģija*. Rīga, Zvaigzne. 304 lpp.
52. Liepa I. (1974) B*iometrija*. Rīga, Zvaigzne. 336 lpp.
53. Liepa I. (1996) *Pieauguma mācība*. Jelgava, LLU. 121 lpp.
54. Liepa I., Gaitnieks T., Indriksons A. (2006) Sakņu trupe un baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench). ***No***: *Baltalksnis Latvijā*. LVMI Silava, 38. – 49. lpp.
55. Liepa I., Mauriņš A., Vimba E. (1991) *Ekoloģija un dabas aizsardzība*. Rīga, Zinātne. 303 lpp.
56. Liepa I., Rokjānis B., Gaitnieks T. (1996) Sakņu trupe un baltalksnis. *Meža Dzīve*, Nr.9, 7. – 9. lpp.
57. *Likums par Latvijas Republikas dalību Kioto protokola elastīgajos mehanismos* [tiešsaiste]: Likumi.lv [skatīts 10. jūnijā 2008. g.]. Pieejams http://www.likumi.lv/doc.php?id=167091&from=off.
58. Līpiņš L., Liepa I. (2007) *Apaļo kokmateriālu uzmērīšana*. Jelgava, SIA Latgales druka. 104 lpp.
59. Löhmus K., Mander Ü., Tullus H., Keedus K. (1996) Productivity, buffering capacity and resources of grey alder forests in Estonia. **In:** *Short rotation willow coppice for renewable energy and improved environment.* Perttu K., Koppel A. (Eds.). Uppsala, p.95 – 105.
60. Malta N., Galenieks P. (1936) *Latvijas zeme, daba un tauta*. II. Latvijas daba. Rīga, Valtera un Rapas AS apgāds, 175. -176. lpp.
61. Mangalis I. (2004) *Meža atjaunošana un ieaudzēšana.* Rīga: Et Cetera, SIA. 455 lpp.
62. Markham J. H. (2005) The effect of Frankia and Paxillus involutus on theperformance of *Alnus incana* subsp. *rugosa* inmine tailings. *Canadian Journal of Botanic*, vol. 83, p.1384 – 1390.
63. Mauriņš A., Zvirgzds A. (2006) *Dendroloģija*. Jelgava, LU Akadēmiskas apgāds,
64. Mayer H. (1984) *Waldbau auf soziologisch – oekologischer Grundlage*. Stutgart; New York: Gustav Fischer Verlag. 514 S.
65. Meža likums (2000): LR Likums. *Latvijas Vēstnesis*, Nr.98/99, 16 marts.
66. Meža likums [tiešsaiste] : LR likums. Spēkā esošs no 2000.03.17. [skatīts 25.maijā 2008.g.]. Pieejams http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/Meza_likums2.pdf
67. *Meža nozares produktu ārējā tirdzniecība* [tiešsaiste]: Zemkopības ministrija [skatīts 10. jūnijā 2008. g.]. Pieejams http://www.zm.gov.lv/?sadala=289.
68. *Meža statistika 2006* [kompaktdisks]. Valsts Meža dienests. Rīga.
69. Mūrnieks P. (1950) Baltalkšņa *Alnus incana* Moench. augšanas gaita Latvijas PSR. **No:** *LPSR ZA Mežsaimniecības problēmu raksti*. 2. sējums. Rīga: LZA, 217. - 252. lpp.
70. Mūrnieks P. (1963) Baltalkšņa (*Alnus incana Moench*) augšanas gaita. Latvijas PSR. **No:** *Sacenieks R., Matuzānis J. Mežsaimniecības tabulas.* Rīga, LVI, 112. – 113. lpp.
71. Muukkonen P., Mäkipää (2006) Biomass Equations for European Trees: Addendum. *Silva Fennica*, vol. 40(4), p. 763 - 773.
72. *Noteikumi par koku ciršanu meža zemēs* [tiešsaiste]: LR MK noteikumi Nr.892, 2. pielikums, spēkā no 2006. g.11. aprīļa. Izdoti saskaņā ar Meža likuma 13. pantu [skatīts 25. maijā 2008. g.].

73. Ozolincius R., Miksys V., Stakenas V. (2005) Growth-independent mortality of Lithuanian forest tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research.* Supplement, vol. 20, issue 6, p.153 – 160.
74. Ozols J., Hibners E. (1927) Baltalkšņa audžu izplatība Latvijā, augšanas gaita un nozīme mežsaimniecībā. **No:** *Mežsaimniecības rakstu krājums*, V sējums, 43. – 52. lpp.
75. Palmšēna I. (2006) *Koki un krūmi***:** dārzkopja enciklopēdija. Rīga, Jumava, 237 lpp.
76. Paura L., Arhipova I. (2002) *Neparametriskās metodes*. SPSS programmatūra. Jelgava, LLKC. 148 lpp.
77. Persson J, Manus S. (Editor) (1990) *A Richer forest*. The National Board of Forestry Sweden, p. 72 – 73.
Pieejams http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/Koku_cirshana_mezha_zemes.pdf
78. Pīrāgs Dz. (1962) Alkšņu hibrīda koksnes fizikāli mehāniskās īpašības. ***No:*** *Jaunākais Mežsaimniecībā.* LPSR ZA, Nr. 4, 15. – 17. lpp.
79. Pīrāgs Dz. (1962) Alkšņu stumbru trupe. **No:** *Jaunākais Mežsaimniecībā*, Nr.3, 47. – 50. lpp.
80. Plīse E., Bičevskis M. (2001) *Meža entomoloģija*. Jelgava, LLU. 295 lpp.
81. Rytter L. (1996) The potencial of grey alder plantation forestry. **In:** *Short rotation willow coppice for renewable energy and improved environment*. Perttu K., Koppel, A. (Eds.),Uppsala, p. 89 – 94.
82. Saarsalmi A., Mälkönen E. (1989) Harmaalepikon biomassan tuotos ja ravinteiden käynö. Summary: Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands. *Folia Forestalia*, No.728, p. 1 – 16.
83. Saarsalmi A., Palmgreen K., Levula T. (1985) Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käynö. Summary: Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* stands. *Folia Forestalia*, No. 628, p.1 – 24.
84. Saliņš Z. (2002) *Latvijas nacionālā bagātība*. Jelgava, Jelgavas tipogrāfija.
85. Sarma P. (1948) *Meža taksācija*. Rīga, LVI. 590 lpp.
86. Savill P. (1996) *The Silviculture of Trees Used in Britisch Forestry*. CAB International, p.16 – 21.
87. Schroeder G. (2004) Hachschnitzel erzeugen und vermarkten. *Der norddeutsche Waldbesitzer*, Nr. 4, S.8-10.
88. Skudra P., Dreimanis A. (1993) *Mežsaimniecības pamati*. Rīga, Zvaigzne. 262 lpp.
89. Smilga J. (1988) Apses koksnes blīvums. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, Nr.30, 54. – 60.lpp.
90. Smilga J., Sirtauts A. (1987) Lapegles koksnes blīvums. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, Nr.29, 72. - 75.lpp.
91. Telenius B. F. (1999) Stand growth of deciduous pioneer tree species on fertile agricultural land in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy*, vol.16, issue 1, January, p. 13 - 23.
92. Tullus H., Keedus K., Uri V., Mander Ü., Löhmus K. (1996) Substainable forests management in Estonia. Planning and Implementing Forest Operations to Achieve Sustainable Forests**. In:** *USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC 186*, p. 99 - 101.
93. Tullus H., Mander Ü., Löhmus K., Uri V. (1998) Substainable forests management of abandonend farm lands for energy forestry. **In:** *Proceedings of International Symposium on Global Concerns for Forest Resource Utilization*. Miyazaki, Japan, vol. 1, p.398 – 407.
94. Upītis E. (1931) Pamācība meža atjaunošanai. Rīga: Mežu departaments. 81 lpp.

95. Urban J. (2007) Occurrence, biology and harmfulness of Galerucella lineola (F.) (coleoptera, chrysomelidae) – part 1. last year's (parent) beetles. *Journal of Forest Science*, vol.53, issue 8, p.364 – 380.
96. Uri V. (2001) *The dynamics of biomass production and nutrient status of grey alder and hybrid alder plantations on abandoned agricultural lands*. Dissertations Scienntiarum Naturalium Universities Agriculture Estonia. Tartu. 54 lk.
97. Uri V., Löhmus K., Tullus H. (2003) Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Managemen*, vol. 184, p. 167-176.
98. Uri V., Tullus H., Löhmus K. (2002) Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management*, vol.161, issue 1-3, p.169 – 179.
99. Uri V., Tullus H., Löhmus K. (2003) Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations. *Silva Fennica*, vol. 37(3), p. 301-311.
100. Uri V.. (2001) The dynamics of biomass production and nutrient status of grey alder and hybrid alder plantations on abandoned agricultural lands. Dissertationes Scientiarum Naturalium UAE IX. Tartu. 149 lk.
101. Vaņins S. (1950) *Koksnes zinātne*. Rīga, LVI. 464 lpp.
102. Vaņins S. (1956) *Meža fitopatoloģija*. Rīga, LVI, 265. – 268. lpp.
103. Vimba E. (2006) *Taphrina epiphylla izraisa alkšņu vējslotas* [tiešsaiste] [skatīts 2007. g. 7. martā]. Pieejams: http://latvijas.daba.lv/scripts/atteli/albums.cgi?d=senes&f=9&k=apsarmes_un_veejslotas/
104. Zālītis P. (2005) Lapu koku meži. *Ceļvedis Latvijas privāto mežu īpašniekiem*. Rīga, SIA *Et Cetera*, 182 – 183 lpp.
105. Zālītis P. (2006) Mežkopības priekšnosacījumi. Rīga, Et cetera. 217 lpp.
106. Антанайтис В. В., Тыбера А. П., Шянятене Я. А. (1986) *Законы, закономерности роста и строения древостоев*. Каунас. 158 с.
107. Анучин Н. П. (1960) *Лесная таксация*. Издание 2-е. Ленинград, ГОСЛЕСБУМИЗДАТ. 526 с.
108. Анучин Н. П. (1977) *Лесная таксация*. Издание 4-е, Ленинград, ГОСЛЕСБУМИЗДАТ. 512 с.
109. Атрохин В. Г. (1980) *Формирование высоко - продуктивных насаждений*. Москва: Лесная промышбенность. 131 с.
110. Атрохин В. Г., Солодухин Е.Д. (1988) Лесная хрестоматия. Москва: Лесная промышленность. 398 с.
111. Атрохин, В. Г., Стирбис, Ю. П. (1975) Определение быстроты роста дерева спомощью коэффициента соприкосновения кроны. *Лесохоз.информ.*, № 10, с.13 – 15.
112. Кайрюкштис Л., Микшис В., Озолинчюс Р., Рятнюнас В., Ралис С., Скуодене Л., Стакенас В. (1988) Эколого-ценотическое воздействие на рост и некоторые физиологические реакции ели европейской при ценозообразовании. **В кн:** *Лесоводственно-биологические вопросы формирования высокопродуктивных насаждений*. Сборник трудов ЛитНИИЛХ. Вильнюс, Мокслас, с.3 - 13.
113. Карманова И. В. (1976) *Математические методы изучения роста и продуктивности растений*. Москва, Наука. 222 с.
114. Рокъянис Б. Ф. (1957) *Возможность искусственного выращивания и ход роста серой ольхи в некоторых типах лесорастительных условий Латвийской ССР*: автореф. диссертации, Рига: ЛСХА МСХ ССР. 32 с.

115. Белов С. (1983) *Лесоводство*. Москва, Лесная промышленность. 352 с.
116. Булыгин Н. Е. (1985) *Дендрология*. Москва: Агропромиздат. 279 с.
117. Вакин А. Т., Полубояринов О. И., Соловьев В. А. (1980) *Пороки древесины*. Москва, с. 44 - 46.
118. Исаков В. Н. (1988) Онтогенетическая изменчивость морфологии листа ольхи серой на территории Латвийской ССР. *Известия Академии Наук Латвийской ССР*, № 1 (486), с. 81 - 94.
119. Крамер П., Козловский Т. (1963) *Физиология древесины растений*. Москва, Гослесбумиздат. 627 с.
120. Лиепа И. (1980) *Динамика древесиных запасов*: прогнозирование и экология. Рига, Зинатне. 171 с.
121. Микшис В. (1988) Возможности оценки ассимиляционной массы деревьев по их морфометрическим показателям. **В kн:** *Лесоводственно-биологическиевопросы формирования высокопродуктивных насаждений*: сборник трудов ЛитНИИЛХ. Вильнюс, Мокслас, с.93 - 103.
122. Мильто Н. (1968) Образование клубеньков и азотонакопление у *Alnus incana*. **В кн.**: Мишустин, Е., Шильникова, В. *Биологическая фиксация атмосферного азота*. Москва, Наука. 531 с.
123. Мильто Н. И. (1967) *Динамика свойств почв в сероольховых лесах.* Авторефетат дисертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Минск, Белорусский ТИ имени С. М. Кирова. 24 с.
124. Пираг Д. М. (1962) Ход роста и строение древесины гибридной ольхи (*Alnus hybrida* A. Br.) в Латвийской ССР. Автореферат диссертации., Елгава, ЛСХА. 30 с.
125. Полубояринов О. И. (1976) Плотность древесины. Москва: Лесная промышленность. 160 с.
126. Проскурякова Г.(1987) Ольха. *Наука и жизнь*, № 3, с. 157 – 161.
127. Редько Г., Титов В. *Ясень обыкновенный и ольха черная в лесных культурах*. Ленинград, ЛТА. 50 с.
128. Сеннов А. (1977) *Рубки ухода за лесом*. Москв, Лесная промышленность. 160 с.
129. Симкин Б., (1979) Ольха. *Химия и жизнь*, № 3, с. 74 - 75.
130. Ткаченко М. Е. (1955) Общее лесоводство. Москва: ГОСЛЕСБУМИЗДАТ. 589 с.
131. Усольцев В. А. (1984) О точности регрессионной оценки фитомассы древостоев. *Вестн. с.-х. науки Казакстана*, с. 77 – 83.
132. Усольцев В. А. (1985) *Моделирование структры и динамики фитомассы древостоев*. Красноярск, издательство Красноярск. 175 с.
133. Усольцев В. А. (1998) Формирование банков данных о фитомассе лесов. УрО РАН. 536 с.
134. Уткин, А. И., Гульбе, Я. И., Гульбе, Т. А., Гульбе, А. Я., Ермолова, Л. С., (2005) Березняки и сероольшаники центра русской равнины - экотон между экосистемами хвойных пород и сельскохозяйственными угодьями. ***В:*** *Лесоведение*, № 4, с. 49 - 66.
135. Этверк И. (1974) Разнообразие ели обыкновенной в Эстонской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Таллин. 131 с.
136. Юодвалькис А., Баркаускас А. (1988) Факторы определяющие неодинаковый рост деревьев в одновидовых ценозах. **В кн**.: *Лесоводственно-биологические вопросы формирования высокопродуктивных насаждений*: сборник трудов. ЛитНИИЛХ. Вильнюс, Мокслас, с. 3.

PIELIKUMI

3.1. pielikums

Baltalkšņa audžu dendrometriskie rādītāji

Parauglaukums	Audzes vecums gados	MT	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	H ± $s_{\bar{x}}$, m	V ± $s_{\bar{x}}$, m^3	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	G ± $s_{\bar{x}}$, m^2 ha^{-1}	M ± $s_{\bar{x}}$, m^3 ha^{-1}
1. A bonitāte								
2005. – 07.	2	Gr	0.8 ± 0.34	2.1 ± 0.48	0.0001 ± 0.00040	20600 ± 2781	2.0 ± 0.60	2 ± 2.4
2007. – 01.	2	Gr	0.8 ± 0.34	2.1 ± 0.48	0.0001 ± 0.00040	16400 ± 2020	0.8 ± 0.60	2 ± 2.4
2007. – 02.	2	Ap	1.0 ± 0.34	2.3 ± 0.48	0.0001 ± 0.00040	22400 ± 2170	1.5 ± 0.60	3 ± 2.4
2005. – 11.	13	Gr	8.4 ± 0.03	13.0 ± 0.40	0.0365 ± 0.00199	2620 ± 941	14.3 ± 2.35	95 ± 14.9
2005. – 18.	15	Gr	12.9 ± 0.03	15.2 ± 0.40	0.0960 ± 0.00199	2870 ± 340	37.7 ± 2.35	286 ± 17.6
2005. – 14.	17	Gr	14.5 ± 0.60	15.8 ± 0.59	0.1247 ± 0.00892	1720 ± 286	28.2 ± 2.50	215 ± 17.6
2006. – 11.	20	Vr	12.8 ± 0.60	18.2 ± 0.59	0.1110 ± 0.00892	2200 ±198	24.6 ± 2.50	175 ± 17.6
2006. – 21.	24	Gr	16.0 ± 0.69	21.0 ± 0.77	0.1947 ± 0.01395	3670 ± 301	26.0 ± 1.68	203 ± 16.3
2006. – 15.	26	Gr	14.6 ± 0.79	19.0 ± 0.70	0.1490 ± 0.01608	2210 ± 341	17.2 ± 1.99	129 ± 16.3
2006. – 06.	29	Vr	16.9 ± 0.79	19.8 ± 0.70	0.2054 ± 0.01608	910 ± 96	42.3 ± 1.99	337 ± 18.5

3.1. pielikuma turpinājums

Parauglaukums	Audzes vecums gados	MT	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	H ± $s_{\bar{x}}$, m	V ± $s_{\bar{x}}$, m^3	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	G ± $s_{\bar{x}}$, m^2 ha^{-1}	M ± $s_{\bar{x}}$, m^3 ha^{-1}
1. A bonitāte								
2006. – 09.	30	Vr	18.0 ± 0.79	19.4 ± 0.70	0.2279 ± 0.01311	1760 ± 260	23.2 ± 1.06	187 ± 18.5
2006. – 10.	30	Vr	18.6 ± 0.79	20.6 ± 0.70	0.2564 ± 0.01402	1490 ± 270	26.8 ± 1.11	221 ± 18.5
2006. – 23.	30	Gr	15.0 ± 0.79	20.7 ± 0.70	0.1695 ± 0.01608	2030 ± 282	24.4 ± 1.19	184 ± 18.5
1. bonitāte								
2005. – 06.	3	Vr	1.3 ± 0.34	2.0 ± 0.48	0.0002 ± 0.00040	21520 ± 2545	2.9 ± 0.60	6 ± 2.4
2005. – 04.	5	Vr	3.1 ± 0.34	5.1 ± 0.48	0.0024 ± 0.00040	5240 ± 609	4.0 ± 0.60	14 ± 2.4
2005. – 05.	5	Vr	3.1 ± 0.34	5.0 ± 0.48	0.0024 ± 0.00040	7480 ± 2083	5.8 ± 0.60	20 ± 2.4
2005. – 03.	6	Vr	3.4 ± 0.07	5.9 ± 0.53	0.0033 ± 0.00038	9400 ± 617	8.3 ± 4.19	32 ± 4.2
2005. – 12.	12	Vr	6.4 ± 0.03	10.9 ± 0.40	0.0185 ± 0.00124	4250 ± 570	13.4 ± 17.6	79 ± 17.6
2006. – 08.	15	Ap	8.8 ± 0.03	12.8 ± 0.40	0.0394 ± 0.00199	1900 ± 311	13.6 ± 17.6	84 ± 17.6
2006. – 18.	15	Gr	9.0 ± 0.03	12.5 ± 0.40	0.0403 ± 0.00199	1280 ± 223	13.3 ± 17.6	79 ± 17.6

3.1. pielikuma turpinājums

Parauglaukums	Audzes vecums gados	MT	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	H ± $s_{\bar{x}}$ m	V ± $s_{\bar{x}}$, m^3	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	G ± $s_{\bar{x}}$, m^2 ha^{-1}	M ± $s_{\bar{x}}$, m^3 ha^{-1}
1. bonitāte								
2005. – 17.	20	Vr	11.4 ± 0.60	15.1 ± 0.59	0.0752 ± 0.00892	2970 ± 404	19.4 ± 17.6	144 ± 17.6
2006. – 29.	21	Vr	12.2 ± 0.69	16.3 ± 0.77	0.0917 ± 0.01395	2140 ± 460	25.0 ± 16.3	173 ± 16.3
2005. – 16.	24	Vr	15.7 ± 0.69	17.4 ± 0.77	0.1585± 0.01395	1700 ± 238	32.6 ± 16.3	272 ± 16.3
2006. – 07.	25	Vr	13.9 ± 0.69	17.4 ± 0.77	0.1252 ± 0.01395	980 ± 99	21.2 ± 16.3	155 ± 16.3
2006. – 30.	25	Vr	13.1 ± 0.69	17.2 ± 0.77	0.1104 ± 0.01395	1860 ± 305	25.6 ± 16.3	184 ± 16.3
2006. – 17.	26	Gr	13.5 ± 0.79	16.7 ± 0.70	0.1140 ± 0.01608	3200 ± 435	27.1 ± 18.5	151 ± 18.5
2006. – 14.	30	Vr	14.3 ± 0.79	18.8 ± 0.70	0.1417 ± 0.01608	1460 ± 216	35.0 ± 18.5	259 ± 18.5
2007. – 06.	40	Grs	17.8 ± 0.67	20.9 ± 0.66	0.2385 ± 0.01621	1710 ± 94	42.4 ± 6.4	414 ± 15.5
2. bonitāte								
2005. – 01.	5	Vrs	2.3 ± 0.34	4.3 ± 0.48	0.0012 ± 0.00040	10720 ± 1034	4.4 ± 0.60	14 ± 2.4
2005. – 08.	5	Grs	1.3 ± 0.34	2.7 ± 0.53	0.0003 ± 0.00040	13330 ± 4020	1.8 ± 0.60	5 ± 2.4
2005. – 10.	12	Vr	7.1 ± 0.03	8.6 ± 0.40	0.0184 ± 0.00199	3580 ± 1155	15.2 ± 4.2	75 ± 17.6
2005. – 09.	13	Gr	6.9 ± 0.03	9.8 ± 0.40	0.0195 ± 0.00199	5810 ± 560	21.7 ± 2.4	116 ± 17.6
2005. – 13.	14	Vr	8.6 ± 0.03	10.9 ± 0.40	0.0327 ± 0.00199	5640 ± 502	32.2 ± 2.4	184 ± 17.6

Parauglaukums	Audzes vecums gados	MT	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	H ± $s_{\bar{x}}$, m	V ± $s_{\bar{x}}$, m^3	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	G ± s_x, m^2 ha^{-1}	M ± $s_{\bar{x}}$, m^3 ha^{-1}
2. bonitāte								
2006. – 01.	15	Vr	8.4 ± 0.03	10.5 ± 0.40	0.0303 ± 0.00199	5150 ± 591	28.8 ± 2.4	162 ± 17.6
2006. – 05.	15	Vr	8.0 ± 0.03	10.4 ± 0.40	0.0273 ± 0.00199	2210 ± 545	24.3 ± 2.4	134 ± 17.6
2006. – 19.	15	Vr	8.2 ± 0.03	11.6 ± 0.40	0.0315 ± 0.00199	1910 ± 174	20.0 ± 2.4	114 ± 17.6
2006. – 25.	15	Vr	7.1 ± 0.03	10.6 ± 0.40	0.0221 ± 0.00199	2860 ± 196	20.4 ± 2.4	107 ± 17.6
2006. – 02.	16	Vr	9.4 ± 0.60	11.5 ± 0.59	0.0407 ± 0.00892	6200 ± 423	42.7 ± 2.5	259 ± 17.1
2006. – 16.	16	Vrs	8.1 ± 0.60	11.0 ± 0.59	0.0294 ± 0.00892	3790 ± 643	11.4 ± 2.5	65 ± 17.1
2006. – 28.	16	Vrs	7.7 ± 0.60	11.9 ± 0.59	0.0286 ± 0.00892	2970 ± 404	13.3 ± 2.5	73 ± 17.1
2005. – 15.	17	Vrs	9.1 ± 0.60	11.8 ± 0.59	0.0391 ± 0.00892	2390 ± 516	15.7 ± 2.5	99 ± 17.1
2006. – 04.	17	Ap	8.6 ± 0.60	12.3 ± 0.59	0.0364 ± 0.00892	1200 ± 169	28.9 ± 2.5	186 ± 17.1
2006. – 03.	18	Vr	9.7 ± 0.60	11.9 ± 0.59	0.0446 ± 0.00892	2870 ± 256	21.2 ± 2.5	131 ± 17.1
2006. – 27.	18	Grs	10.9 ± 0.60	12.1 ± 0.59	0.0566 ± 0.00892	1890 ± 203	16.0 ± 2.5	105 ± 17.1
2006. – 24.	19	Vr	9.1 ± 0.60	12.9 ± 0.59	0.0423 ± 0.00892	1720 ±184	24.0 ± 2.5	143 ± 17.1
2006. – 20.	20	Vr	8.0 ± 0.60	12.8 ± 0.59	0.0328 ± 0.00892	1380 ± 160	16.5 ± 2.5	93 ± 17.1

3.1. pielikuma nobeigums

Parauglaukums	Audzes vecums gados	MT	D ± $s_{\bar{x}}$, cm	H ± $s_{\bar{x}}$, m	V ± $s_{\bar{x}}$, m^3	N ± $s_{\bar{x}}$, gab. ha^{-1}	G ± $s_{\bar{x}}$, m^2 ha^{-1}	M ± $s_{\bar{x}}$, m^3 ha^{-1}
2. bonitāte								
2006. – 22.	22	Vr	10.9 ± 0.69	14.3 ± 0.77	0.0657 ± 0.01395	5160 ± 471	17.7 ± 1.7	116 ± 16.8
2006. – 13.	25	Vr	13.2 ± 0.69	16.2 ± 0.77	0.1063 ± 0.01395	2240 ± 335	20.3 ± 1.7	146 ± 16.8
2006. – 26.	26	Vr	12.3 ± 0.79	16.5 ± 0.70	0.0942 ± 0.01007	2180 ± 331	24.0 ± 2.0	167 ± 18.5
2007. – 04.	29	Vr	12.6 ± 0.79	16.4 ± 0.70	0.0982 ± 0.01005	2070 ± 150	24.5 ± 2.0	205 ± 18.5
2007. – 05.	30	Vr	13.2 ± 0.79	16.8 ± 0.70	0.1098 ± 0.01108	2190 ± 155	29.8 ± 2.0	247 ± 18.5
3. bonitāte								
2005. – 02.	9	Vrs	3.2 ± 0.07	4.7 ± 0.48	0.0024 ± 0.00040	7120 ± 559	5.6 ± 4.2	18 ± 4.2
2007. – 03.	10	Vr	3.4 ± 0.07	6.5 ± 0.48	0.0035 ± 0.00040	20800 ± 4231	19.3 ± 4.2	68 ± 14.9
2007. – 07.	21	Vrs	8.1 ± 0.69	11.9 ± 0.77	0.0315 ± 0.01005	5270 ± 208	20.0 ± 1.9	174 ± 16.3
2006. – 12.	28	Vrs	12.0 ±0.69	14.5 ± 0.70	0.0801 ± 0.01108	1020 ± 229	27.1 ± 2.0	139 ± 18.5

Apzīmējumi
D – audzes vidējais caurmērs, cm; H – vidējais augstums, m; V – koka stumbra tilpums, m^3; G. – audze šķērslaukums, m^2 ha^{-1}; M – audzes krāja, m^3 ha^{-1};
s_x - standartkļūda

3.2. pielikums

Baltalkšņa audžu koku procentuālais sadalījums caurmēra pakāpēs

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Koku skaits caurmēra pakāpēs, %														
1. A bonitāte																	
2005. - 11.	13	8.4			26	47	22	5									
2005. - 18.	15	12.9				9	9	18	18	13	12	6	2	3			
2005. - 14.	17	14.5				8	17	15	18	20	18	2	2				
2006. -11.	20	12.8			4	7	18	26	26	12	6	1					
2006. - 21.	24	16.0				2	11	12	17	18	24	8	4	3	1		
2006. - 15.	26	14.6			2	4	8	17	27	20	13	7	2				
2006. - 06.	29	16.9				2	9	9	11	17	27	17	4	2	1	0	1
2006. - 23.	30	15.0				1	5	22	28	26	6	11	1				
2006. - 09.	30	18.0						7	12	20	26	19	12	4			
2006. - 10.	30	18.6				1	2	6	17	15	20	14	12	5	4	3	1

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Koku skaits caurmēra pakāpēs, %														
1. bonitāte																	
2006. - 12.	12	6.4		24	41	27	6	2									
2006. - 08.	15	8.8	3	13	18	24	20	14	6	1	1						
2006. - 18	15	9.0		3	19	31	30	14	3								
2005. - 17.	20	11.4			1	5	33	41	17	3							
2006. - 29.	21	12.2			2	12	27	23	23	7	4	2					
2005. - 16	24	15.7			3	6	11	16	18	13	10	10	8	5			
2006. - 30.	25	13.1		1	4	6	20	22	26	13	4	3	1				
2006. - 07.	25	13.9			1	3	4	12	13	36	19	8	3	1			
2006. - 17.	26	13.5			5	6	13	22	25	16	11	1	1				
2006. - 14.	30	14.3				5	8	23	26	20	16	1	1				
2007. - 06.	40	17.8				2	3	5	17	16	23	17	11	5	1		

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Koku skaits caurmēra pakāpēs, %														
2. bonitāte																	
2005. - 10.	12	7.1		13	42	21	18	6									
2005. - 09.	13	6.9		18	38	33	11										
2005. - 13.	14	8.6			3	30	26	26	14	1							
2006. - 01.	15	8.4			25	37	32	6									
2006. - 05.	15	8.0		1	16	64	19										
200. - 19.	15	8.2		8	30	26	23	12	1								
2006. - 25.	15	7.1		21	27	37	13	2									
2006. - 02.	16	9.4			8	42	29	18	3								
2006. - 16.	16	8.1			12	24	34	22	7	1							
2006. - 28.	16	7.7			11	30	33	21	4	1							
2005. - 15.	17	9.1		6	21	26	32	11	2	2							
2006. - 04.	17	8.6			25	37	32	6									

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Koku skaits caurmēra pakāpēs, %														
2. bonitāte																	
2006. - 03.	18	9.7			6	35	39	17	2	0	0	1					
2006. - 27.	18	10.9			5	20	31	26	12	6							
2006. - 24.	19	9.1			14	31	40	14	1								
2006. - 20.	20	8.0		12	24	34	22	7	1								
2006. - 22.	22	10.9			4	17	31	29	14	5							
2006. - 13.	25	13.2			2	8	18	25	19	18	6	4					
2006. - 26.	26	12.3				13	26	27	23	6	4	1					
2007, - 04.	29	12.6				10	24	30	20	11	4	1					
2007. - 05.	30	13.2		1	5	15	14	18	16	16	9	6					
3. bonitāte																	
2007. - 07.	21	8.1	2	18	27	23	17	9	1	3							
2006. - 12.	28	12.0		2	3	13	21	32	17	8	2	1	1				

3.3. pielikums

Baltalkšņa audžu krājas procentuālais sadalījums caurmēra pakāpēs

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Krāja caurmēra pakāpēs, %														
1. A bonitāte																	
2005. - 11.	13	8.4			13	42	34	11									
2005. - 18.	15	12.9				2	3	9	13	28	18	11	6	10			
2005. - 14.	17	14.5				2	8	11	17	25	28	4	5				
2006. -11.	20	12.8			1	2	10	20	31	21	12	3					
2006. - 21.	24	16.0				0	3	6	11	17	31	14	9	7	2		
2006. - 15.	26	14.6			0	1	3	10	24	24	20	14	4				
2006. - 6.	29	16.9				0	2	4	7	13	31	25	7	4	5	0	2
2006. - 23.	30	15.0						2	6	14	25	24	20	9			
2006. - 09.	30	18.0				0	0	2	8	9	18	17	18	10	8	7	3
2006. - 10.	30	18.6				0	2	13	22	30	10	22	1				

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Krāja caurmēra pakāpēs, %														
1. bonitāte																	
2006. - 12.	12	6.4		7	32	38	15	8	8								
2006. - 08.	15	8.8	0	2	6	18	24	27	16	4	3						
2006. – 18	15	9.0		1	6	22	36	27	8								
2005. - 17.	20	11.4			0	3	23	43	25	6							
2006. – 29.	21	12.2			0	4	17	22	29	12	11	5					
2005. – 16.	24	15.7			0	1	4	8	13	14	13	17	16	14			
2006. - 30.	25	13.1		0	0	1	5	8	35	26	15	8	2				
2006. - 07.	25	13.9		0	1	2	10	17	29	20	10	7	4				
2006. - 17.	26	13.5			0	1	5	15	26	24	22	3	4				
2006. - 14.	30	14.3				1	3	14	24	26	27	2	3				
2007. - 06.	40	17.8				0	1	2	10	12	23	22	18	9	3		

3.3. pielikuma turpinājums

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Krāja caurmēra pakāpēs, %														
2. bonitāte																	
2005. - 10.	12	7.1		3	22	25	34	16									
2005. - 09.	13	6.9		6	26	45	23										
2005. - 13.	14	8.6		1	14	20	34	28	3								
2006. - 01.	15	8.4			9	30	47	14									
2006. - 05.	15	8.0		0	7	62	31										
2006. - 19.	15	8.2		1	13	23	33	28	2								
2006. - 25.	15	7.1		6	17	47	25	5									
2006. - 02.	16	9.4			2	25	32	34	7								
2006. - 16.	16	8.1			3	11	32	35	16	3							
2006. - 28.	16	7.7			3	16	33	35	9	4							
2005. - 15.	17	9.1		1	6	17	40	21	6	9							
2006. - 04.	17	8.6			9	30	47	14									

Parauglaukums	Audzes vecums gados	D, cm	Caurmēra pakāpe, cm														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
			Krāja caurmēra pakāpēs, %														
2. bonitāte																	
2006. - 03.	18	9.7			2	22	40	27	5	0	0	4					
2006. - 27.	18	10.9			1	9	25	30	22	13							
2006. - 24.	19	9.1			5	22	46	26	1								
2006. - 20.	20	8.0		3	11	32	35	16	3								
2006. - 22.	22	10.9			1	7	24	34	22	12							
2006. - 13.	25	13.2			0	2	7	18	21	27	13	12					
2006. - 26.	26	12.3				4	16	26	33	11	6	4					
2007, - 04.	29	12.6				3	13	27	25	19	10	3					
2007. - 05.	30	13.2		0	1	4	7	14	18	24	17	15					
3. bonitāte																	
2007. - 07.	21	8.1		0	0	5	13	31	24	17	6	2	2				
2006. - 12.	28	12.0	0	3	12	20	27	23	4	11							

Apzīmējumi:
0 – krājas īpatsvars caurmēra pakāpē mazāks par 0.5 %

Baltalkšņa audžu koku skaita sadalījums dabiskajās caurmēra pakāpēs

Paraug-laukums	MT	Vecums	D, cm	Dabiskās caurmēra pakāpes												χ^2
				...0.5	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6...**	
1. A bonitāte																
2005. – 7.	Gr	2	0.8	14.9	14.2	8.2	0	16.4	**9.0**	7.7	0	8.1	8.1	5.0	8.4	26.69
2007. – 1.	Gr	2	0.8	18.8	8.4	7.6	10.5	10.5	**8.1**	7.2	3.2	5.2	4.4	2.4	13.7	44.22
2007. – 2.	Ap	2	1.0	17.4	9.6	8.1	9.3	8.7	**6.6**	10.5	8.7	3.9	3.9	2.4	10.9	24.38
2005. – 11.	Gr	13	8.4	8.9	16.7	18.9	22.2	17.8	**10.0**	5.5						44.27
2005. – 18.	Gr	15	12.9	8.9	2.2	11.1	13.3	11.1	**11.1**	12.2	14.5	5.7	4.4	1.1	4.4	36.98
2005. – 14.	Gr	17	14.5	6.7	1.1	14.4	6.7	13.3	**14.4**	10	15.7	13.3	1.1	2.2	1.1	125.28
2006. – 11.	Vr	20	12.8	1.1	2.2	3.9	6.1	14.4	**10.6**	23.4	13.3	12.2	6.7	4.4	1.7	34.40
2006. – 21.	Gr	24	16.0		1.6	7.8	8.9	15.6	**8.9**	16.7	21.1	9.4	3.9	3.9	2.2	**13.67***
2006. – 15.	Gr	26	14.6	3.3	3.9	6.1	14.4	10.6	**23.3**	13.4	12.2	6.7	4.4	1.7		**19.03***
2006. – 6.	Vr	29	16.9		1.7	9.4	8.3	8.9	**15.0**	19.4	18.9	10.6	3.9	1.7	2.2	**19.87***
2006. – 9.	Vr	30	18.0			1.2	8.3	13.3	**20.0**	21.1	19.4	11.7	5.0			31.67
2006. – 10.	Vr	30	18.6	1.7	3.3	12.2	17.8	9.4	**22.2**	12.2	9.4	6.1	1.7	2.8	1.2	**11.56***
2006. – 23.	Gr	30	15.0		1.6	6.1	20	18.9	**20.0**	20.6	1.1	10.6	1.1			40.58
Teorētiskā vērtība				**1.7**	**5.6**	**12.1**	**15.4**	**15.7**	**15.0**	**11.7**	**8.7**	**6.1**	**3.9**	**2.1**	**2.0**	

Apzīmējumi:
Teorētiksā vērtība - pēc Sarmas (1949); D – audzes caurmērs, cm; $R_d$min - redukcijas skaitļa minimālā vērtība; $R_d$max – redukcijas skaitļa maksimālā vērtība;
χ^2 – Hī-kvadrāta kritērijs (empīriskā un teorētiskā sadalījuma atbilstības pārbaude); * - vērtība atbilst teorētiskajam sadalījumam ($p < 0.05$).

Paraug-laukums	MT	Vecums	D, cm	Dabiskās caurmēra pakāpes												χ^2
				...0.5	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6...**	
1. bonitāte																
2005. – 06.	Vr	3	1.3	4.4	10.0	7.8	10.0	14.4	**22.2**	15.6	5.6	5.6	1.1	1.1	2.2	**5.47***
2005. – 04.	Vr	5	3.1		1.1	7.8	16.7	18.9	**22.1**	17.8	10.0	5.6				33.24
2005. – 05.	Vr	5	3.1	6.7	1.1	14.4	6.7	13.4	**14.4**	10	15.6	13.3	1.1	2.2	1.1	54.62
2005. – 03.	Vr	6	3.4	12.4	12.4	10.7	10.3	12.3	**8.5**	8.1	4.3	7.7	4.7	2.6	6.0	26.69
2005. – 12.	Vr	12	0.4	6.7	8.9	8.9	15.7	11.1	**11.1**	12.1	15.6	2.2	2.2	2.2	3.3	36.37
2006. – 08.	Ap	15	8.8	6.1	8.3	8.9	5.6	5.0	**11.1**	12.9	8.3	8.9	9.4	5.0	10.5	40.10
2006. – 18.	Gr	15	9.0	1.7	6.7	7.1	7.6	10.8	**12.6**	11.6	8	11.6	8.0	6.3	8.0	**17.87***
2005. – 17.	Vr	20	11.4		1.4	4.7	14.2	20.8	**30.4**	12.2	10.8	4.1	1.4			40.83
2006. – 29.	Vr	21	12.2	2.4	7.2	8.3	13.3	17.8	**13.9**	19.4	7.2	3.3	3.6	1.8	1.8	**10.56***
2005. – 16.	Vr	24	15.7	7.7	4.4	11.1	12.3	13.4	**20.0**	13.4	7.8	4.4	4.4	1.1		26.78
2006. – 07.	Vr	25	13.9	1.7	2.8	3.3	7.8	8.3	**8.9**	22.1	20	12.8	7.8	3.3	1.2	19.74
2006. - 30.	Vr	25	13.1	5.6	3.9	7.8	13.9	17.2	**16.1**	17.2	8.3	2.2	3.9	2.2	1.7	**12.53***
2006. – 17.	Gr	26	13.5	5.5	3.9	6.1	12.8	12.2	**15.6**	17.1	8.3	10.6	6.1	0.6	1.2	**21.49***
2006. – 09.	Vr	30	18.0	2.2	3.3	5.6	16.1	12.2	**20.5**	16.1	11.1	10.6	1.1	0.6	0.6	**16.41***
2007. – 06.	Grs	40	17.8	2.3	3.5	5.8	16.4	15.2	**20.4**	17	12.3	5.3	1.2	0.6		18.35
Teorētiskā vērtība				**1.7**	**5.6**	**12.1**	**15.4**	**15.7**	**15.0**	**11.7**	**8.7**	**6.1**	**3.9**	**2.1**	**2.0**	

Paraug-laukums	MT	Vecums	D, cm	Dabiskās caurmēra pakāpes												χ^2
				...0.5	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6...**	
2. bonitāte																
2005. – 01.	Vrs	5	2.3	11.7	10.1	7.9	12.2	9.8	**15.5**	7.9	7.6	6.6	3.5	1.9	5.3	**15.6***
2005. – 08.	Grs	5	1.3	27.1	5.9	10.9	15.6	5.6	**4.1**	6.8	4.4	2.9	1.8	5.3	9.6	43.09
2005. - 10.	Vr	12	7.1	2.2	10.0	10.0	17.8	11.1	**11.1**	5.6	8.9	7.8	11.1	3.3	1.1	50.54
2005. - 09.	Gr	13	6.9	4.4	5.7	13.3	11.1	12.2	**10.0**	14.5	13.3	6.7	1.1	2.2	5.5	30.38
2005. - 13.	Vrs	14	8.6	3.3	5.6	12.2	13.3	14.5	**7.8**	11.1	12.2	8.9	7.8	2.2	1.1	20.35
2006. – 01.	Vr	15	8.4		1.7	5.0	10.6	19.3	**22.7**	25.6	7.8	6.7	0.6			49.60
2006. – 05.	Vr	15	8.0			1.7	5.0	10.6	**19.4**	22.7	25.5	7.8	6.7	0.6		26.32
2006. – 19.	Vr	15	8.2	6.2	10.0	11.7	12.8	8.9	**11.1**	14.4	9.4	7.2	3.3	4.4	0.6	**15.25***
2006. – 25.	Vr	15	7.1	5.6	9.4	7.2	12.2	10.6	**7.2**	15	15.6	8.3	3.3	3.9	1.7	24.75
2006. – 02.	Vr	16	9.4		5.0	10.6	23.4	20	**20.0**	4.4	13.3	3.3				25.70
2006. – 16.	Vrs	16	8.1	6.1	13.3	8.3	10.6	9.4	**12.9**	8.3	6.7	10.0	3.9	7.2	3.3	28.75
2006. – 28.	Vrs	16	7.7	0.6	13.9	8.3	13.9	12.8	**15.0**	8.3	15.6	4.4	4.4	1.7	1.1	**17.30***
2005. - 15.	Vrs	17	9.1	4.4	10	7.8	10	14.4	**22.2**	15.6	5.6	5.6	1.1	1.1	2.2	34.80
2006. – 04.	Ap	17	8.6	0.6	0.6	0.6	0.6	12.8	**10.6**	13.3	13.6	21.7	20.6	3.3	1.7	53.24
2006. – 03.	Vr	18	9.7		1.7	6.7	12.8	26.1	**18.3**	15	9.4	7.2	2.8			15.36
2006. – 27.	Grs	18	10.9	3.3	3.3	9.4	12.2	20.6	**17.2**	15.0	6.7	5.6	5.6	1.1		**7.13***
2006. – 24.	Vr	19	9.1		5.0	7.8	9.4	15.0	**26.6**	12.8	10.6	10.0	2.2	0.6		**16.06***
2006. – 20.	Vr	20	8.0	6.1	10.0	10.6	8.9	14.4	**11.1**	13.3	11.7	5.0	4.4	3.3	1.2	**13.38***
2006. – 22.	Vr	22	10.9		4.4	3.9	11.7	8.9	**18.9**	15.6	14.4	11.7	7.2	3.3		23.96

3.4. pielikuma nobeigums

Paraug-laukums	MT	Vecums	D, cm	Dabiskās caurmēra pakāpes												χ^2
				...0.5	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6...**	
2. bonitāte																
2006. – 13.	Vr	25	13.2	2.3	3.9	13.9	9.4	16.6	**13.3**	12.2	13.3	5.0	5.6	3.9	0.6	**8.15***
2006. – 26.	Vr	26	12.3		7.2	9.4	12.2	21.7	**15.0**	19.4	4.4	3.9	3.3	2.3	1.2	**15.11***
2007. – 04.	Vr	29	12.6		5.3	9.2	15.9	21.4	**16.4**	13.0	7.2	7.2	2.4	1.0	1.0	**8.24***
2007. – 05.	Vr	30	13.2	8.7	10.0	11.0	7.3	14.6	**10.0**	9.6	13.3	5.9	4.1	5.0	0.5	**19.90***
Teorētiskā vērtība				**1.7**	**5.6**	**12.1**	**15.4**	**15.7**	**15.0**	**11.7**	**8.7**	**6.1**	**3.9**	**2.1**	**2.0**	
3. bonitāte																
2005. – 2.	Vrs	9	2.3	6.2	16.5	12.5	15.4	6.8	**6.3**	8.5	7.4	9.1	4.5	2.8	4.0	31.71
2007. – 3.	Vr	10	3.4	36.9	8.3	10.0	7.9	11.2	**7.1**	3.3	4.1	2.5	4.6	1.2	2.9	49.19
2007. – 7.	Vrs	21	8.1	17.1	7.6	12.7	8.9	14.6	**8.2**	4.4	5.7	8.2	4.4	5.7	2.5	45.39
2006. – 12.	Vrs	28	12.0	5.0	2.8	8.3	10.6	14.4	**18.9**	14.4	8.9	8.3	4.4	2.2	1.8	67.23
Teorētiskā vērtība				**1.7**	**5.6**	**12.1**	**15.4**	**15.7**	**15.0**	**11.7**	**8.7**	**6.1**	**3.9**	**2.1**	**2.0**	

3.5. pielikums

Uzmērītie paraugkoki ar caurmēru līdz 3 cm baltalkšņa biomasas noteikšanai

D, cm	H, m	V, m^3	Stumbra masa, kg	Zaru masa, kg	DMVB, kg	ASVB, kg
0.2	1.46	0.00001	0.056	0.010	0.066	0.037
0.3	1.35	0.00002	0.045	0.012	0.057	0.033
0.3	1.46	0.00003	0.056	0.013	0.069	0.038
0.4	1.50	0.00003	0.069	0.017	0.086	0.048
0.4	1.55	0.00003	0.084	0.029	0.113	0.068
0.4	1.57	0.00008	0.059	0.015	0.074	0.042
0.4	1.70	0.00004	0.083	0.040	0.123	0.072
0.4	1.70	0.00003	0.071	0.013	0.084	0.051
0.5	1.73	0.00004	0.101	0.039	0.140	0.081
0.5	1.80	0.00002	0.079	0.013	0.092	0.053
0.5	2.02	0.00003	0.067	0.012	0.089	0.046
0.6	1.55	0.00010	0.077	0.006	0.083	0.035
0.6	1.73	0.00015	0.128	0.008	0.136	0.057
0.6	1.91	0.00011	0.094	0.029	0.123	0.052
0.6	1.72	0.00004	0.091	0.026	0.117	0.069
0.6	2.10	0.00002	0.080	0.013	0.093	0.056
0.7	1.88	0.00012	0.085	0.014	0.099	0.042
0.7	1.90	0.00012	0.090	0.014	0.104	0.044
0.7	2.22	0.00013	0.063	0.009	0.072	0.031
0.7	1.96	0.00003	0.096	0.020	0.116	0.063
0.7	2.08	0.00005	0.135	0.025	0.160	0.088
0.8	2.10	0.00003	0.093	0.012	0.105	0.061
0.8	2.28	0.00004	0.132	0.024	0.156	0.094
0.9	2.37	0.00014	0.133	0.018	0.151	0.064
0.9	2.42	0.00017	0.159	0.003	0.162	0.068
0.9	2.14	0.00005	0.161	0.023	0.184	0.111
0.9	2.30	0.00004	0.144	0.013	0.157	0.088
1.0	2.23	0.00021	0.178	0.071	0.249	0.105
1.0	2.52	0.00026	0.221	0.021	0.242	0.103
1.0	2.77	0.00008	0.197	0.014	0.211	0.089
1.0	2.25	0.00004	0.157	0.042	0.199	0.117

D, cm	H, m	V, m^3	Stumbra masa, kg	Zaru masa, kg	DMVB, kg	ASVB, kg
1.1	2.31	0.00028	0.205	0.062	0.267	0.113
1.1	2.45	0.00029	0.215	0.012	0.227	0.096
1.1	2.86	0.00033	0.281	0.024	0.315	0.129
1.1	2.57	0.00007	0.217	0.028	0.245	0.141
1.2	2.56	0.00029	0.252	0.051	0.303	0.128
1.2	2.92	0.00034	0.224	0.059	0.283	0.120
1.2	3.15	0.00027	0.243	0.029	0.272	0.115
1.3	2.88	0.00041	0.347	0.035	0.382	0.162
1.3	2.72	0.00006	0.292	0.047	0.339	0.187
1.3	2.80	0.00008	0.294	0.074	0.368	0.215
1.4	3.13	0.00050	0.386	0.120	0.506	0.214
1.6	3.23	0.00072	0.483	0.150	0.633	0.349
1.7	3.45	0.00058	0.400	0.058	0.458	0.206
1.7	3.18	0.00068	0.464	0.091	0.555	0.319
1.8	3.24	0.00080	0.500	0.193	0.693	0.293
1.8	3.82	0.00076	0.645	0.063	0.708	0.299
1.9	3.79	0.00090	0.702	0.112	0.814	0.344
2.0	3.62	0.00098	0.700	0.130	0.830	0.374
2.2	4.44	0.00106	1.043	0.177	1.220	0.516
2.2	4.63	0.00116	0.897	0.058	0.955	0.404
2.8	5.65	0.00215	1.600	0.155	1.755	0.790
3.0	7.00	0.00278	2.500	0.080	2.580	1.161

3.6. pielikums

Uzmērītie paraugkoki ar caurmēru no 3.1 līdz 26.0 cm baltalkšņa biomasas noteikšanai

D, cm	H, m	V, m^3	Stumbra masa, kg	Zaru masa, kg	DMVB, kg	ASVB, kg
3.1	7.0	0.0032	2.5	0.08	2.6	1.2
3.3	6.7	0.0033	2.7	0.20	2.9	1.3
3.4	5.9	0.0032	2.1	0.29	2.4	1.1
3.4	6.0	0.0033	2.4	0.40	2.8	1.2
3.5	6.0	0.0035	2.7	0.41	3.1	1.3
3.5	7.2	0.0041	3.8	0.05	3.8	1.4
3.7	5.4	0.0035	2.5	0.63	3.1	1.6
3.9	7.6	0.0052	5.1	0.30	5.4	2.4
4.0	7.4	0.0054	4.7	0.25	5.0	2.2
4.1	5.5	0.0044	2.7	0.35	3.1	1.4
4.1	6.3	0.0049	3.6	0.58	4.2	1.9
4.1	5.9	0.0046	3.5	0.60	4.1	1.8
4.4	8.6	0.0073	5.6	0.25	5.9	2.6
4.4	6.4	0.0057	4.4	0.41	4.8	3.0
4.4	9.0	0.0076	6.2	0.30	6.5	2.9
5.1	8.7	0.0099	8.6	1.16	9.8	5.0
5.2	10.0	0.0115	9.2	0.46	9.7	4.7
5.3	10.0	0.0120	10.6	0.60	11.2	4.9
5.5	9.1	0.0118	8.6	1.75	10.4	4.7
5.5	9.7	0.0125	11.4	0.75	12.1	5.4
5.7	9.9	0.0134	10.0	1.00	11.0	5.3
5.7	7.6	0.0109	9.1	1.80	10.9	4.9
5.9	10.3	0.0151	10.1	1.00	11.1	5.0
6.0	11.8	0.0175	12.0	0.25	12.3	5.5
6.1	8.2	0.0132	7.5	2.30	9.8	6.4
6.1	11.0	0.0170	14.0	0.80	14.8	6.5
6.3	8.5	0.0142	11.8	2.72	14.5	6.6
6.6	8.5	0.0159	10.8	2.25	13.0	5.9
6.7	11.9	0.0215	14.7	2.25	17.0	7.6
6.7	11.8	0.0217	14.3	1.25	15.6	7.0

D, cm	H, m	V, m3	Stumbra masa, kg	Zaru masa, kg	DMVB, kg	ASVB, kg
7.1	10.4	0.0216	18.4	1.80	20.2	9.1
7.1	12.7	0.0258	20.6	1.80	22.4	9.9
7.2	12.5	0.0262	22.6	2.00	24.6	11.7
7.3	12.8	0.0271	20.0	2.00	22.0	9.9
7.3	11.0	0.0241	15.7	0.25	16.0	9.7
7.6	10.3	0.0245	14.8	3.50	18.3	11.9
7.7	13.6	0.0321	23.8	3.50	27.3	12.3
7.7	12.0	0.0288	26.9	1.80	28.7	12.4
7.8	10.1	0.0254	20.3	2.10	22.4	13.1
7.9	13.4	0.0333	28.2	1.40	29.6	18.0
8.0	9.3	0.0248	21.3	4.00	25.3	13.4
8.5	12.0	0.0348	32.4	2.20	34.6	19.3
8.6	10.7	0.0323	27.8	3.00	30.8	13.9
8.6	12.3	0.0364	70.6	18.90	89.5	22.1
8.7	12.5	0.0377	33.0	1.80	34.8	16.0
8.8	14.0	0.0426	38.5	4.75	43.3	18.2
8.8	10.6	0.0334	31.0	4.20	35.2	22.5
8.9	11.6	0.0365	15.7	3.50	19.2	17.7
9.0	13.6	0.0434	35.7	3.00	38.7	18.6
9.0	10.6	0.0348	25.8	4.60	30.4	23.8
9.3	13.9	0.0466	38.1	5.00	43.1	19.8
9.5	14.1	0.0497	44.4	4.75	49.2	22.1
9.6	13.3	0.0482	46.0	5.20	51.2	27.2
10.0	13.3	0.0521	42.3	4.50	46.8	20.9
10.2	13.3	0.0542	91.4	23.14	114.6	34.0
10.3	12.4	0.0519	33.4	5.20	38.6	17.4
10.3	13.2	0.0548	46.4	7.40	53.8	25.9
10.3	13.6	0.0563	52.8	8.80	61.6	27.5
10.4	11.3	0.0487	35.6	6.50	42.1	28.2
10.6	13.4	0.0587	31.6	3.60	35.2	31.8
11.0	13.4	0.0631	58.2	9.00	67.2	29.3
11.0	13.6	0.0639	58.5	5.00	63.5	30.4
11.0	10.4	0.0504	39.8	8.80	48.6	39.3
11.0	10.6	0.0513	47.7	10.20	57.9	37.0

D, cm	H, m	V, m3	Stumbra masa, kg	Zaru masa, kg	DMVB, kg	ASVB, kg
11.3	10.7	0.0545	44.0	6.80	50.8	36.9
11.5	12.8	0.0660	56.0	12.60	68.6	32.7
11.7	14.0	0.0739	48.4	4.80	53.2	38.0
12.0	10.6	0.0606	40.0	8.40	48.4	43.1
12.0	13.3	0.0742	36.7	17.50	54.2	44.5
12.0	16.8	0.0912	59.0	19.80	78.8	38.6
12.1	15.0	0.0838	72.8	10.40	83.2	39.9
12.2	15.3	0.0867	36.0	16.20	52.2	44.3
12.4	15.2	0.0890	64.0	5.80	69.8	31.4
12.4	14.1	0.0832	64.1	6.80	70.9	31.9
12.6	14.6	0.0885	68.8	13.20	82.0	39.8
13.6	14.7	0.1032	92.0	18.10	110.1	49.5
13.7	17.1	0.1196	115.5	19.55	135.1	60.8
13.9	14.9	0.1090	101.2	21.80	123.0	59.5
14.3	18.8	0.1417	192.6	28.30	220.9	64.0
14.4	16.3	0.1265	110.9	12.70	123.6	55.6
14.8	17.8	0.1443	93.8	16.20	110.0	51.2
15.0	17.0	0.1421	149.0	37.31	186.3	83.5
15.0	17.0	0.1421	112.4	38.20	150.6	72.3
15.8	21.0	0.1899	199.0	14.40	213.4	98.0
16.0	13.9	0.1345	108.0	24.26	132.3	83.0
16.0	19.0	0.1779	135.8	7.50	143.3	68.7
16.2	17.2	0.1667	143.0	15.80	158.8	74.8
16.5	20.1	0.1987	160.0	15.00	175.0	81.0
16.8	14.0	0.1487	120.4	48.00	168.4	83.5
17.7	18.1	0.2073	215.4	26.40	241.8	113.9
17.7	18.1	0.2073	144.2	31.19	175.4	105.6
17.8	14.8	0.1748	193.2	21.00	214.2	81.6
17.9	19.7	0.2286	174.2	42.06	216.2	100.9
18.0	16.2	0.1938	262.5	60.00	322.5	93.4
18.0	18.3	0.2163	209.1	15.00	224.1	101.2
18.5	19.0	0.2359	229.3	22.80	252.1	89.1
18.6	18.5	0.2327	210.6	27.20	237.8	116.7
18.6	18.4	0.2316	253.2	15.60	268.8	111.5
18.7	19.5	0.2466	370.0	21.80	391.8	128.6
18.8	19.5	0.2492	177.9	32.26	210.2	104.7

D, cm	H, m	V, m3	Stumbra masa, kg	Zaru masa, kg	DMVB, kg	ASVB, kg
19.0	16.8	0.2224	162.0	12.00	174.0	97.8
19.0	18.3	0.2402	228.0	21.40	249.4	84.5
19.2	18.0	0.2415	206.2	20.40	226.6	108.5
19.2	19.0	0.2536	240.3	19.60	259.9	106.5
19.6	20.0	0.2764	233.7	15.80	249.5	117.5
20.0	18.6	0.2693	263.2	18.20	281.4	108.1
20.0	22.0	0.3133	347.4	37.30	384.7	134.9
20.0	19.3	0.2784	274.8	35.20	310.0	123.3
21.2	20.0	0.3220	350.7	20.58	371.2	145.4
22.0	21.6	0.3710	350.1	18.88	368.9	178.4
22.0	21.6	0.3710	262.4	25.40	287.8	155.9
22.0	18.5	0.3224	350.3	68.18	418.5	130.3
22.0	21.6	0.3710	272.4	20.80	293.2	143.3
22.1	18.9	0.3316	288.2	28.20	316.4	137.2
22.2	19.3	0.3410	256.8	76.80	333.6	157.9
22.2	16.8	0.3007	346.6	63.80	410.4	155.8
22.4	21.7	0.3858	290.2	30.20	320.4	193.5
22.6	21.5	0.3893	361.0	58.30	419.3	159.6
22.6	21.5	0.3893	277.4	57.20	334.6	168.5
22.8	18.8	0.3506	259.4	43.20	302.6	168.4
23.0	18.5	0.3515	322.2	41.40	363.6	138.8
23.0	20.0	0.3772	390.8	28.40	419.2	163.6
23.0	19.0	0.3601	244.6	22.00	266.6	168.0
23.2	19.4	0.3732	375.8	27.00	402.8	116.0
23.2	19.4	0.3732	362.8	48.40	411.2	166.2
23.3	20.7	0.3991	346.8	72.80	419.6	201.0
23.4	18.8	0.3688	372.0	72.70	444.7	170.0
23.5	19.8	0.3898	415.2	41.30	456.5	179.0
23.5	21.8	0.4253	375.2	62.20	437.4	174.0
23.8	22.2	0.4432	419.6	70.40	490.0	196.8
25.5	20.4	0.4694	396.8	67.00	463.8	236.6
25.5	20.4	0.4694	363.2	61.52	424.7	205.1
26.0	21.9	0.5200	363.2	61.52	424.7	204.5
26.0	19.3	0.4634	363.8	60.00	423.8	203.4
26.0	18.9	0.4547	385.5	15.80	401.3	196.2
26.0	19.0	0.4569	378.4	101.00	479.4	225.3

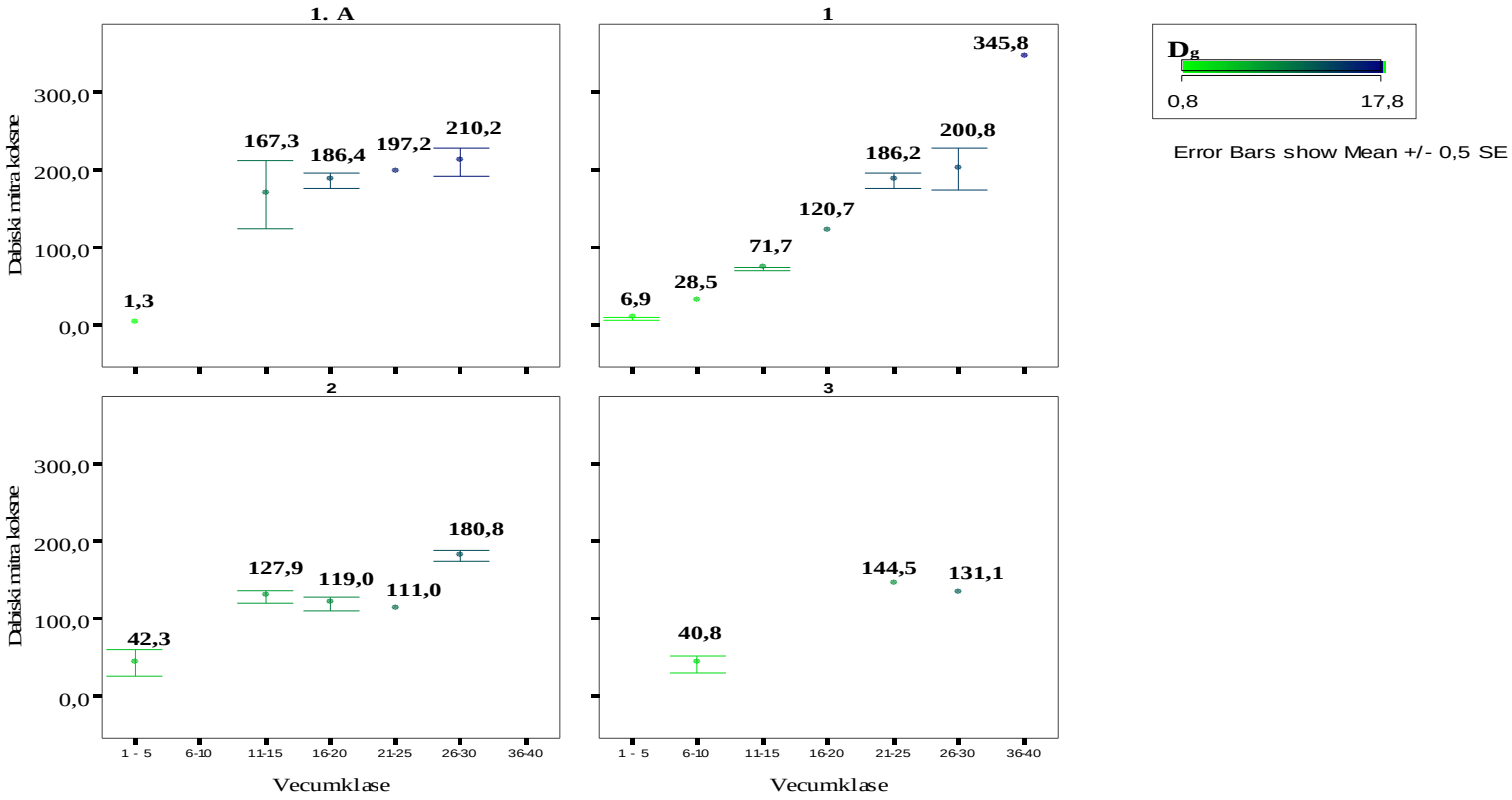
3.7. pielikums

Uzmērīto baltalkšņa audžu dabiski mitrās un absolūti sausās biomasas apjomi

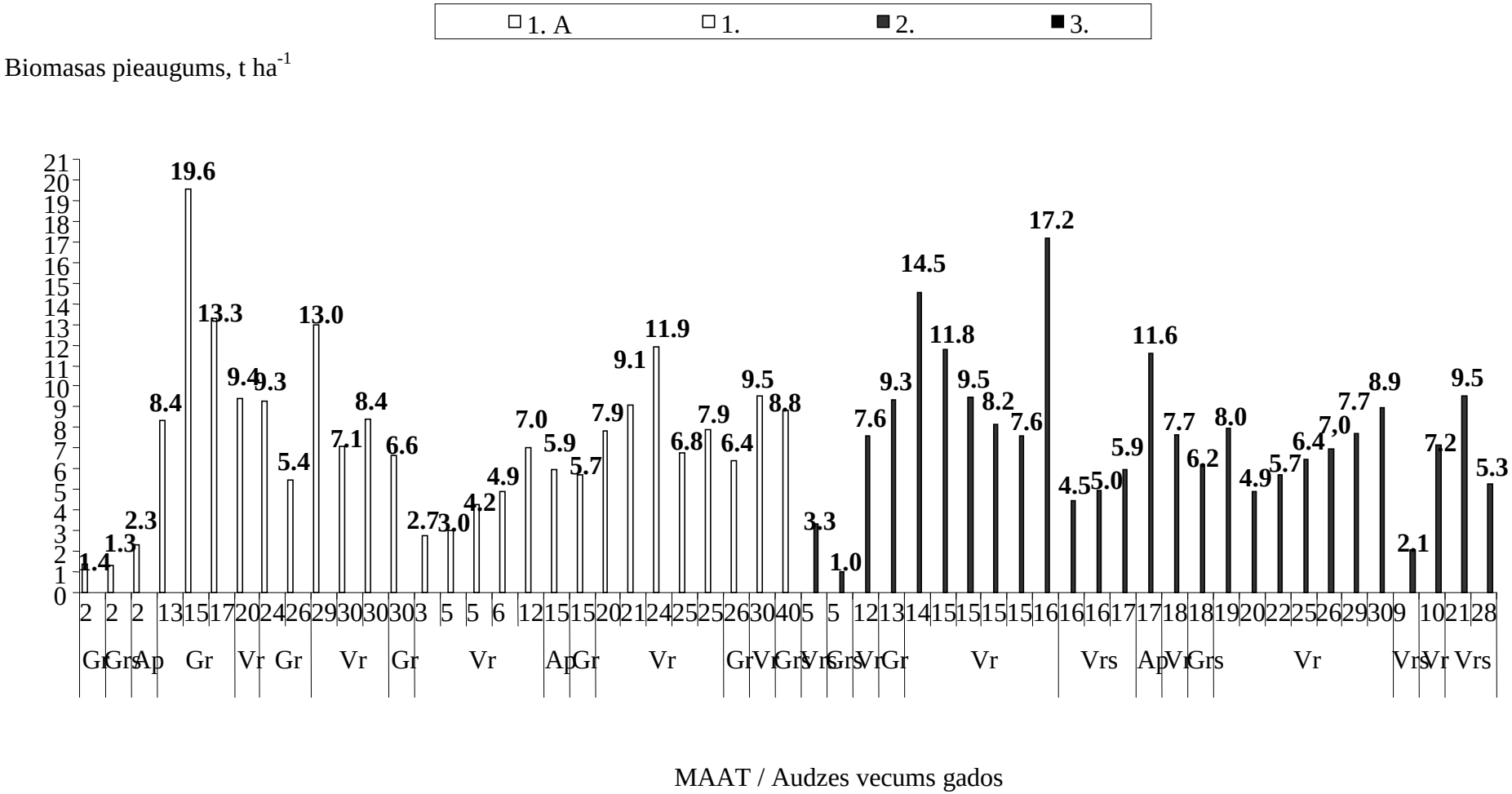
PL	MT	Vecums gados	D, cm	H, m	DMVB, t	ASVB, t
2005. – 01.	Vrs	5	2.3	4.3	1.6	0.8
2005. – 02.	Vrs	9	3.2	4.7	18.5	9.2
2005. – 03.	Vr	6	3.4	5.9	28.5	14.1
2005. – 04.	Vr	5	3.1	5.1	12.6	6.2
2005. – 05.	Vr	5	3.1	5.0	17.9	8.9
2005. – 06.	Vr	3	1.3	2.0	3.1	1.7
2005. – 07.	Gr	2	0.7	1.8	1.1	0.6
2005. – 08.	Grs	5	1.3	2.7	1.9	1.0
2005. – 09.	Gr	13	6.9	9.8	106.0	51.4
2005. – 10.	Vr	12	7.1	8.6	70.3	34.1
2005. – 11.	Gr	13	8.4	13.0	78.6	37.9
2005. – 12.	Vr	12	6.4	10.9	64.0	31.1
2005. – 13.	Vrs	14	8.6	10.9	180.0	86.7
2005. – 14.	Gr	17	14.5	15.8	206.4	97.8
2005. – 15.	Vrs	17	9.1	11.8	88.0	42.3
2005. – 16.	Vrs	24	15.7	17.4	250.0	118.1
2005. – 17.	Vr	20	11.4	15.1	120.7	57.6
2005. – 18.	Gr	15	12.9	15.2	255.9	121.7
2006. – 01.	Vr	15	8.4	10.5	154.9	74.7
2006. – 02.	Vr	16	9.4	11.5	248.0	119.1
2006. – 03.	Vr	18	9.7	11.9	124.4	59.7
2006. – 04.	Ap	17	8.6	12.3	160.0	77.1
2006. – 05.	Vr	15	8.0	10.4	175.4	84.7
2006. – 06.	Vr	29	16.9	19.8	334.5	157.7
2006. – 07.	Vr	25	13.9	17.4	150.9	71.6
2006. – 08.	Ap	15	8.8	12.8	74.7	36.0
2006. – 09.	Vr	30	18.0	19.4	190.1	89.5
2006. – 10.	Vr	30	18.6	20.6	221.8	104.2
2006. – 11.	Vr	20	12.8	18.2	166.4	79.1
2006. – 12.	Vrs	28	12.0	14.5	131.1	62.5
2006. – 13.	Vr	25	13.2	16.2	141.0	67.0

3.7. pielikuma nobeigums

PL	MT	Vecums gados	D, cm	H, m	DMVB, t	ASVB, t
2006. – 14.	Vr	30	14.3	18.8	255.7	121.2
2006. – 15.	Gr	26	14.6	19.0	124.7	59.1
2006. – 16.	Vrs	16	8.1	11.0	61.5	29.7
2006. – 17.	Gr	26	13.5	16.7	145.9	69.3
2006. – 18.	Gr	15	9.0	12.5	76.4	36.8
2006. – 19.	Vr	15	8.2	11.6	107.2	51.7
2006. – 20.	Vr	20	8.0	12.8	85.0	41.1
2006. – 21.	Gr	24	16.0	21.0	197.2	93.1
2006. – 22.	Vr	22	10.9	14.3	111.0	53.1
2006. – 23.	Gr	30	15.0	20.7	180.1	85.2
2006. – 24.	Vr	19	9.1	12.9	135.1	65.0
2006. – 25.	Vr	15	7.1	10.6	101.3	49.1
2006. – 26.	Vr	26	12.3	16.5	160.8	76.6
2006. – 27.	Grs	18	10.9	12.1	99.9	47.8
2006. – 28.	Vrs	16	7.7	11.9	68.9	33.3
2006. – 29.	Vr	21	12.2	16.3	168.7	80.4
2006. – 30.	Vr	25	13.1	17.2	175.4	83.4
2007. – 01.	Grs	2	0.8	2.2	2.4	1.3
2007. – 02.	Ap	2	1.0	2.3	3.3	1.7
2007. – 03.	Vr	10	3.4	6.5	63.0	31.3
2007. – 04.	Vr	29	12.6	16.4	174.2	82.9
2007. – 05.	Vr	30	13.2	16.8	207.4	98.5
2007. – 06.	Grs	40	17.8	20.9	345.8	162.8
2007. – 07.	Vrs	21	8.1	11.9	144.5	69.7



3.8. pielikums: Baltakšņa audžu DMVB vidējie apjomi dažādu audžu bonitātēs un vecumklasēs



3.9. pielikums: Baltalkšņa biomasas pieaugumi dažādās audžu bonitātēs atkarībā no MT un audzes vecuma