

ISSN 1407-4427

---

---

---

LATVIJAS  
LAUKSAIMNIECĪBAS  
UNIVERSITĀTE

RAKSTI

PROCEEDINGS OF THE  
LATVIA UNIVERSITY OF  
AGRICULTURE

---

---

---

Nr. 23 (318), 2009  
JELGAVA

## SATURS / CONTENTS

Priekšvārds	1
Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silava” zinātniskā darbība un stratēģiskā attīstība / The Research Activities and Strategic Development of Latvian State Forest Research Institute “Silava”: <i>J. Jansons, A. Actiņš, T. Gaitnieks</i>	3
Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta zinātniskā darbība 2000.–2008. gadā / Latvian State Institute of Wood Chemistry: Research Activities in 2000-2008: <i>B. Andersons</i>	14
LLU Meža fakultātes mežsaimnieciskā sektora zinātniskā darbība no 2000. gada / Scientific Activities of Forestry Sector of the Forest Faculty since the Year 2000: <i>A. Dreimanis, D. Dubrovskis, L. Līpiņš</i>	26
LLU Meža fakultātes Kokapstrādes katedra 21. gadsimtā / The Department of Wood Processing of the Forest Faculty of LLU in the 21st Century: <i>H. Tuherms, A. Domkins, U. Spulle</i>	32
Branch Traits as Selection Criteria in Scots Pine Breeding in Latvia / Zarojuma pazīmes kā atlases kritērijs parastās priedes selekcijā Latvijā: <i>Ā. Jansons, I. Baumanis, M. Haapanen</i>	45
Tehnoloģiski atšķirīgi audzēta dažādas izcelsmes kārpainā bērza ( <i>Betula pendula</i> Roth.) stādmateriāla pirmās sezonas augšanas rādītāji stādījumos Latvijā un Lietuvā / First-year Field Performance of Different Origin Silver Birch ( <i>Betula Pendula</i> Roth.) Container and Bareroot Seedlings in Plantations in Latvia and Lithuania: <i>K. Liepiņš, J. Liepiņš</i>	57
Baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas noteikšanas metodes / Methods of Estimation of Grey Alder Above-Ground Biomass without Foliage: <i>O. Miezīte, A. Dreimanis</i>	38
Baltalkšņa ( <i>Alnus incana</i> (L.) Moench) audžu atjaunošanās gaita un virszemes biomasas uzkrāšanās jaunaudžu vecuma audzēs / Process of Natural Regeneration of Grey Alder ( <i>Alnus incana</i> (L.) Moench.), and Above-Ground Biomass Accumulation in the Young Stands: <i>M. Daugaviete, K. Liepiņš, A. Lazdiņš, O. Daugavietis, K. Žvīgurs</i>	78
Koksnes trupes sēņu un krāsojošo sēņu daudzveidība un izplatība Latvijas ēkās / Diversity and Distribution of Wood Decay Fungi and Wood Discoloring Fungi in Buildings in Latvia: <i>I. Irbe, I. Andersone, B. Andersons</i>	91
Latvijas Etnogrāfiskā brīvdabas muzeja koka celtnu mikoloģiskā izpēte / Mycological Investigation of Wooden Buildings in the Latvian Ethnographic Open-Air Museum: <i>I. Irbe, M. Karadelev</i>	103

### REDKOLĒGIJA / EDITORIAL BOARD

Janis Alsins, vad. pētn., Dr. phil., Upsalas universitāte	Petrs Lazauskas, prof., Dr. habil. biol., Lietuvas Lauksaimniecības universitāte
Biruta Bankina, asoc. prof., Dr. biol., LLU	Imants Liepa, prof., Dr. habil. biol., LLU
Mārtiņš Beķers, prof., Dr. habil. biol., LU	Īzaks Rašals, prof., Dr. habil. biol., LU
Jānis Brauns, prof., Dr. habil. sc. ing., LLU	Kazimirs Špoģis, prof., Dr. habil. oec., LLU
Jānis Greivulis, prof., Dr. habil. sc. ing., RTU	Liudvikas Špokas, prof., Dr. habil. sc. ing., Lietuvas Lauksaimniecības universitāte
Aleksandrs Jemeljanovs, prof., Dr. habil. agr., Dr. med. vet., LLU	Henns Tuherms, prof., Dr. habil. sc. ing., Dr. h. c., LLU
Daina Kārklīņa, prof., Dr. sc. ing., LLU	Jānis Valters, prof., Dr. habil. sc. ing., LLU
Māris Kļaviņš, prof., Dr. habil. chem., LU	Uldis Viesturs, prof., Dr. habil. sc. ing., LU
Rihards Kondratovičs, Dr. habil. biol., LU	Pēteris Zālītis, prof., Dr. habil. silv., LVZMI „Silava”
Ēriks Kronbergs, prof., Dr. sc. ing., LLU	
Maija Kūle, prof., Dr. habil. phil., LU	

### ATBILDĪGAIS REDAKTORS / RESPONSIBLE EDITOR

Aldis Kārklīņš, prof., Dr. habil. agr., LLU

© Latvijas Lauksaimniecības universitāte (LLU) 2009

LLU Raksti ir indeksēti datubāzēs CAB Abstracts un AGRIS. / The journal is indexed and abstracted by databases CAB Abstracts and AGRIS.

LLU Raksti (*Proceedings of the Latvia University of Agriculture*) is a scientific journal published by the Latvia University of Agriculture since 1946. The *Proceedings* operates on a non-profit basis.

Editorial Office: Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia;

phone: + 371-63005671; fax: + 371-63005685; e-mail: Inga.Skuja@llu.lv.

Printed by Jelgavas tipogrāfija.



## Priekšvārds

Latvijas mežzinātne attīstās sadarbībā ar izglītību un praktisko ražošanu. Darbības apstākļi jebkurā no jomām izraisa nevēlamu reakciju arī pārējās.

Šis LLU Rakstu numurs sniedz pārskatu par pētījumu tematiku četrās mežzinātnes un materiālzinātnes pētnieciskajās institūcijās: LVMI „Silava”, LV Koksnes ķīmijas institūtā, LLU Meža fakultātē un SIA „Meža un koksnes pētniecības un attīstības institūts”. Krājums ir simbolisks veltījums LLU un Meža fakultātes 70 gadu jubilejai, un tas aptver pētījumu tematiku laikā no 2000. līdz 2009. gadam.

Šim laika posmam ir raksturīgs gan mežizstrādes un koksnes pārstrādes apjoma pieaugums un inovāciju plaša ieviešana, gan arī izglītības un zinātnisko institūciju materiālās bāzes un finansējuma ievērojama uzlabošanās, kas ir ļāvis apgūt jaunas, mūsdienīgas pētījumu metodes un sasniegt oriģinālus, ražošanā izmantojamus pētījumu rezultātus daudzās jomās, piemēram, veģetatīvo pavairošanas metožu pielietošanā mežā reproduktīvā materiāla ražošanai, molekulāro marķieru metodes izmantošanā populāciju ģenētiskās struktūras izpētē un hibridizācijas pakāpes noteikšanā, lapu koku audzēšanas perspektīvo tehnoloģiju izstrādē, stumbru kvalitātes un inovatīvu apstrādes tehnoloģiju pamatojumā, cirsmu atlieku izmantošanā enerģētikā un daudzās citās pētniecības jomās.

Šajā periodā gūti arī citi pozitīvi sasniegumi:

- veikta meža resursu inventarizācijas pirmā kārta, kas uzkrāto datu apjomu ļauj izmantot ne tikai meža koksnes resursu vērtēšanā, bet arī pētījumos par resursu kvalitāti, resursu dinamiku un potenciāliem izmantošanas apjomiem;
- notikusi zinātnieku sekmīga iekļaušanās starptautiskajās pētījumu programmās;
- attīstījies sadarbība starp mežzinātnes institūcijām un ražošanas uzņēmumiem;
- palielinājies aizstāvēto promocijas darbu skaits un izaugusi daudzsološa jauno zinātnieku paaudze (J. Donis, D. Dubrovskis, Ā. Jansons, D. Lazdiņa, Z. Lībiete, A. Šmits u.c.).

Ņemot vērā to, ka meža un koksnes zinātne kā valsts prioritārais virziens saglabāsies arī turpmāk, ir pamats zināmam optimismam arī pašreizējās krīzes un jo īpaši vēlāk pēckrīzes periodā.

Prof. L. Līpiņš,  
LLMZA mežzinātnes nodaļas  
vadītājs



## **Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silava” zinātniskā darbība un stratēģiskā attīstība The Research Activities and Strategic Development of Latvian State Forest Research Institute “Silava”**

**Jurgis Jansons, Ansis Actiņš, Tālis Gaitnieks**

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Latvian State Forest Research Institute “Silava”

e-mail: Jurgis.Jansons@silava.lv

**Abstract.** The article reports on the development of the Latvian State Forest Research institute “Silava” (LSFRI Silava) in connection with its long-term research results and expansion of financial possibilities. The personnel capacity, advanced level of the supplied knowledge and its competitiveness as well as possibilities of extending international cooperation are considered as the main result of the increased funding. The long-term personnel politics has succeeded in growth of the number of the scientific staff – at the beginning of 2009 there were 55 senior researchers, researchers and scientific assistants. In the year 2008, the scientific personnel were involved in 68 research projects, of which 56 were acquired in public competitions. In the same year, the medium-term development strategy of LSFRI Silava was worked out, discussed within the forestry sector, and accepted by the Ministry of Agriculture. The strategy defines the mission and future vision of the institute as well as its main operation and research directions. The article also presents the latest, most significant results of the main research directions: forest tree breeding, silviculture, forest ecology, forest resources management, forest protection, forest regeneration and establishment, forest operation, wildlife management, and forest non-wood products.

**Key words:** Latvian State Forest Research institute “Silava”, strategical development of the institute, scientific personnel, main research directions.

### **Ievads**

Tāpat kā ikvienu nozari, apakšnozari vai jomu, Latvijas mežzinātni un Latvijas Valsts mežzinātnes institūtu „Silava” (turpmāk LVMI Silava) kā neatņemamu tās sastāvdaļu, ir ietekmējušas problēmas un iespējas, kādas valstī izraisa neatkarības atjaunošana, demokrātijas un tirgus ekonomikas attīstība. Pēdējos gados līdzšinējās problēmas ir pārtapušas iespējās, radot institūtam daudzus jaunus izaicinājumus. Rūpes par iestādes fizisku pastāvēšanu, darboties spējīga zinātniskā personāla saglabāšanu, pētījumu nepārtrauktību un infrastruktūras uzturēšanu ir nomainījušas rūpes par saskaņotu, starpinstitucionālajā sadarbībā bāzētu attīstību, par kvalificēta un perspektīva zinātniskā personāla izveidošanu un integrāciju Eiropas pētniecības tīklā.

LVMI Silava jau kopš valstiskās neatkarības atjaunošanas cilvēka faktors ir galvenais institūta virzītājspēks. Laikā, kad vispārējā tendence zinātnes menedžmentā izpaužas kā personāla novecošanās, institūts mērķtiecīgi īstenojis pretēju procesu. Diemžēl attīstību cilvēkresursu ziņā ir ietekmējušas divas meža nozares reorganizācijas pagājušā gadsimta

90. gadu sākumā un beigās, kad liela daļa institūtā strādājošo speciālistu ar nozīmīgām iestrādēm savā pētniecības virzienā tika rosināti mainīt darbu uz labāk apmaksātu, t.s. „speciālistu līmeni”, valsts pārvaldes iestādēs vai komercsabiedrībās. Diemžēl viņu atgriešanās zinātnē norit gausāk nekā varētu vēlēties. Tajā pašā laikā, lai sekmētu meža nozares politikas praktisku realizēšanu, pieprasījums pēc institūta speciālistiem profesionālajos amatos, atzīstams kā viens no augstākajiem LVMI Silava novērtējumiem valsts līmenī. Personāla attīstība ir galvenā mērķa, pēc kuras vērtēt pēdējo gadu iespēju izmantošanas efektivitāti.

Institūta zinātnisko darbību būtiski ietekmējuši vairāki faktori: 2005. gadā, pirmo reizi pēc Latvijas valstiskās neatkarības atjaunošanas, saņemts tiešs valsts atbalsts pētniecībai bāzes finansējuma veidā, kas nodrošināja zinātniskā personāla atalgojuma ilglaicību un daļēju institūta infrastruktūras finansēšanu. Papildus no valsts puses institūtam tika deleģēta vairāku nozīmīgu funkciju izpilde, piešķirot sekmīgai darbu uzsākšanai un norisei adekvātu finansējumu. Minēto funkciju īstenošanai institūtā izveidots Ģenētisko resursu centrs, kura pārzinā ir

Latvijas kultūraugu gēnu bankas uzturēšana, uzsāka meža statistiskā inventarizācija, kā arī institūtā koncentrētas zinātniskās aktivitātes meža vides monitoringa jomā.

Tomēr valsts piešķirtais finansējums ir nepietiekams, lai būtiski veicinātu izaugsmi un konkurētspējas palielināšanos, tādēļ institūts aktīvi izmantojis iespēju un sekmīgi piedalījies vairākos pētījumu projektu konkursos. Konkursa kārtībā iegūtais finansējums veido galveno institūta budžeta daļu. Jāatzīmē, ka šāda atkarība no pozitīva projektu konkursu iznākuma uzlabo institūta konkurētspēju, jo uztur nepieciešamību pastāvīgi uzlabot zinātniskās pētniecības kvalitāti un līdz ar to paveiktā novērtējumu nozares līmenī, kā arī nepieciešamību sadarboties ar ārvalstu pētnieciskajām institūcijām.

Institūta zinātnisko darbību ievērojami sekmējuši Meža attīstības fonda un Medību saimniecības attīstības fonda finansētie projekti, kā arī daļība valsts pētījumu programmas izpildē. Savukārt ERAF finansējuma apguve ļāvusi būtiski atjaunot un faktiski nomainīt iekārtas un aprīkojumu institūta piecās – Meža vides, Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas, Augu fizioloģijas, Molekulārās bioloģijas un Meža izejvielu pārstrādes – laboratorijās, kā arī uzsākt institūta galvenās ēkas renovāciju

Realizējot iepriekšējo gadu iespējas, 2009. gada sākumā institūta akadēmiskajos amatos ievēlēto zinātnieku skaits pieaudzis līdz 55: 12 vadošie pētnieki, 24 pētnieki un 19 asistenti. Apmēram ceturtdaļa akadēmiskajos amatos strādājošo ir vecāki par 60 gadiem. Pēdējos 2 gados aizstāvēti 9 institūtā izstrādātie maģistra darbi un 5 promocijas darbi mežzinātnē un bioloģijā. Bez vadošajiem pētniekiem, pētniekiem un asistentiem institūtā pastāvīgi strādā arī 84 zinātni apkalpojošā personāla darbinieki.

### LVMI Silava attīstības stratēģija

Reāli prognozējamās turpmākās attīstības iespējas institūtam 2007. gadā ļāva uzsākt vidēja termiņa darbības un attīstības stratēģijas izstrādi, kas 2008. gada decembrī tika apstiprināta Zemkopības ministrijā. Stratēģijas izstrādē institūts iesaistīja meža nozares interesentus, t.sk. inovatīvos nozares uzņēmumus: a/s „Latvijas finieris”, a/s „Latvijas valsts meži” un SIA „Rīgas meži”.

LVMI Silava darbības un attīstības stratēģija 2008.-2013. gadam ir vidēja termiņa darbības un attīstības plānošanas dokuments, ko institūts katru gadu izvērtē un precizē. Stratēģijā formulēta LVMI Silava misija un nākotnes redzējums, veikta SVID analīze, kā arī definēti zinātniskās darbības virzieni.

LVMI Silava misija ir darboties kā Latvijas meža nozares institūcijai, kas uz jaunu vai līdz šim izveidotu izpēti objektu un iestrādņu bāzes rada jaunas

zināšanas meža audzēšanas, meža ekoloģijas, meža produktu un medniecības jomās, kā arī nodrošina pasaules zināšanu pārnesi un kritisku izvērtēšanu un ir jauno zinātnieku izaugsmes vieta.

LVMI Silava nākotnes redzējums ir nodrošināt brīvu, demokrātisku un komfortablu institucionālo vidi Latvijā un ārvalstīs atzītu zinātnieku darbam un izaugsmei, kuri uztur nacionālo kompetenci institūta pētnieciskās darbības virzienos un piedāvā savus produktus un pakalpojumus Latvijas meža nozarei.

Institūta misijas īstenošanai un nākotnes redzējuma realizēšanai, LVMI Silava darbojas 3 **darbības virzienos**: veic pētniecību un veicina pasaules zināšanu pārnesi, izpilda valsts deleģētās funkcijas un sniedz pakalpojumus, galvenokārt ekspertīzes un laboratoriju pakalpojumus. Izpēti un zināšanu pārnesi LVMI Silava plāno attīstīt 4 **pētniecības virzienos**: meža audzēšana, meža ekoloģija (meža audzēšanas pētījumu atbalstam), produkti no augoša meža, medniecība un faunas menedžments. Stratēģijā katram pētniecības virzienam un apakšvirzieniem definēti darba uzdevumi un plānota personāla attīstība. LVMI Silava plānoto pētniecības virzienu struktūrshēma parādīta 1. attēlā.

### LVMI Silava starptautiskā sadarbība

Ikvienas zinātniskās institūcijas sekmīgas attīstības un konkurētspējas priekšnosacījumi ir starptautiskā atpazīstamība un reputācija. LVMI Silava ir starptautiskās mežu pētīšanas organizācijas IUFRO biedrs, kā arī pārstāv Latviju Eiropas Meža institūtā. Pēdējos gados institūts ir piedalījies un turpina piedalīties dažādās Eiropas pētnieciskajās izstrādēs – Eiropas Komisijas 6. ietvara programmas, InterReg un LIFE-NATURA programmu projektos, 7. ietvara programmas pieteikumos. Institūts ir deleģēts pārstāvēt Latviju LIFE+ projekta FUTMON (*Future monitoring systems in Europe*) izpildē. LVMI Silava līdzdarbojas Eiropas starpvalstu zinātniskās pētniecības COST programmās, kā arī Ziemeļvalstu finansētajās meža izpēti aktivitātēs (SNS). LVMI Silava Ģenētisko resursu centrs ir iesaistījies Eiropas sadarbības programmu izstrādē augu ģenētisko resursu jomā (*European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources* (ECPGR)), kā arī sadarbojas ar Ziemeļu Gēnu Banku (NordGen). Centra speciālisti ir EUCARPIA (*European Association for research on plant breeding*) locekļi. Nenoliedzama nozīme ir institūta darbinieku kontaktiem ar vadošajiem Skandināvijas un Baltijas valstu, kā arī citiem Eiropas un pasaules institūtiem un vadošajiem zinātniekiem.

Kā sekmīga starptautiskās sadarbības forma atzīmējama Baltijas valstu (Latvija, Lietuva, Igaunija) mežzinātnes žurnāla „*Baltic Forestry*” izdošana, kā arī institūta zinātnisko rakstu krājums „Mežzinātne” ar starptautisku redakciju.



1. att. LVMI Silava plānoto pētniecības virzienu struktūrshēma.  
Fig. 1. The structure of LVMI Silava research directions.

## Galvenie LVMI Silava zinātniskās darbības rezultāti

LVMI Silava izsenis tiek veikti pētījumi, kas saistīti ar teorētisko pamatu izstrādi Latvijas meža politikas svarīgā mērķa – meža kapitāla vērtības palielināšanas – realizācijai. Citiem vārdiem, meža kapitāla vērtības skaitliskais lielums vistiešāk saistīts ar meža ražības palielināšanos, bet tā aprēķināšanas veiksmi nosaka mūsu spēja matemātiski aproksimēt meža resursu attīstību un prognozēt to stāvokli perspektīvā. Institūta darbs ir vērst uz to, lai nākotnes mežs būtu ražīgāks, kvalitatīvāks un veselīgāks.

Mūsai meža pētnieku informatīvā rocība, salīdzinot ar iepriekšējām mežzinātnieku paaudzēm, ir daudz plašāka: tagad ir pieejami datu bāzes veidā apkopotu ilggadīgi – pat 40-50 gadus veci – parauglaukumi, kā arī to sistemātisku pārmērījumu dati. Joprojām turpinās jaunu parauglaukumu un izmēģinājumu objektu ierīkošana, tādējādi paplašinot mežzinātnes informatīvo bāzi nākotnei.

Meža ražības palielināšanas iespējas nosaka vispārējo Latvijas meža ekoloģisko likumsakarību respektēšana un tām pakārtota meža izpēte. Pagājušā gadsimta pirmajā pusē vairākkārt izstrādāta un apmēram ik pa 10 gadiem vadošo meža zinātnieku (Gutorovičs, Melderis, Kiršteins, Sarma, Zviedris, Matuzānis) vadībā precizēta atšķirīga Latvijas meža tipoloģija, kuras praktisku pielietojumu kavēja vairāki trūkumi – ikviena tipa ietvaros bija sastopamas pārmērīgi lielas dažādības gan mežaudzes struktūrā, gan kokaudzes ražībā. Paplašinoties pētījumu spektram un uzkrājoties faktu materiālam, izvirzījās nepieciešamība visu meža tipoloģiju radikāli koriģēt, ko sekmīgi veica Kaspars Bušs, un, jāatzīmē, pēdējo piecdesmit gadu laikā tā vairs nav pārstrādāta. Latvijas meža tipoloģija šobrīd nosaka ietvaru meža ražības palielināšanas pasākumu izpētei.

Uzskatāmībai pēdējo gadu zinātniskās darbības rezultāti šī raksta ietvaros grupēti sadaļās pa galvenajiem institūta pētniecības virzieniem un apakšvirzieniem saskaņā ar 1. attēla struktūrshēmu.

## Meža selekcija un ģenētika

Veicot mērījumus, apkopojot un analizējot datus, kas iegūti no iepriekšējā selekcijas etapā ierīkotajiem pēcnācēju pārbaužu stādījumiem, LVMI Silava izstrādāta parastās priedes, parastās egles, kārpainā bērza un hibrīdās apses (parastās un Amerikas apses hibrīds) selekcijas programma turpmākajiem 30 gadiem. Tās mērķis ir nodrošināt sistemātisku, plānveidīgu nākamā selekcijas cikla izpildi, kā arī iespējami nozīmīgāku devumu sēklkopības nozares attīstībai un meža kapitāla vērtības palielināšanai no selekcijas darbā ieguldītajiem resursiem. Pētījuma ietvaros pilnveidota stādījumu uzmērīšanas metodika (Jansons, 2006), vērtētas no citiem reģioniem ieviesta meža reproduktīvā materiāla izmantošanas iespējas Latvijā, atzīstot, ka šobrīd nav pamata rekomendēt svešzemju izcelsmes koku izmantošanu meža atjaunošanai mūsu valstī (Jansons, Baumanis, 2005; 2008). Analizējot esošo kontrolētās krustošanas eksperimentu bāzi (Baumanis, Jansons, 2004) un teorētiskos apsvērumus, rekomendēta optimālā krustošanas shēma. Vērtēts praktiskais ieguvums, izslēdzot no meža atjaunošanas mazražīgu, nekvalitatīvu mežaudžu sēklas (Neimane u.c., 2008). Tāpat aprēķināts sagaidāmais rezultāts no selekcijas darba turpināšanas un jaunu sēklu plantāciju ierīkošanas, piemēram, priedes 2. kārtas sēklu plantāciju pēcnācēji Kurzemes reģionā veidos par 27% ražīgākas jaunaudzē nekā mežaudžu pēcnācēji, turklāt tās būs arī kvalitatīvākas – mazāk koku ar likumainiem stumbriem, par 5% tievāki zari (Jansons, Baumanis, Haapanen, 2008). Šķietamo paradoksu, ka ar selekcijas metodēm iespējams vienlaikus kāpināt audžu ražību un kvalitāti, apliecina arī dažāda sākotnējā biežuma eksperimentu vērtējums: zarojuma parametrus 32 gadu vecumā būtiski ( $\alpha=0.01$ ) ietekmē gan biežums, gan ģenētiskie faktori (Jansons, Džeriņš, 2008), respektīvi, arī zemāka biežuma audzes var būt kvalitatīvākas, ja tiek izmantots meža atjaunošanas materiāls ar attiecīgām ģenētiskajām īpašībām. Tāpat ar selekcijas metodēm iespējams paaugstināt arī jaunaudžu vitalitāti, noturību pret slimībām (Jansons, Neimane, Baumanis, 2008). Turpināti selekcijas pētījumi arī par koku sugām ar mazāku mākslīgi atjaunoto mežaudžu platību – melnalksni, parasto ozolu, parasto liepu, parasto kļavu un lapeglēm –, apzinot vērtīgākās mežaudzes un stādījumus, atlasot pluskokus, ierīkojot sēklu plantācijas un pēcnācēju pārbaužu stādījumus. Projektu gaitā inventarizēti un sakārtoti eksperimentālie stādījumi reģistrēti „Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā” (Baumanis, Jansons, Gaile, 2006), lai par tiem saglabātu sistematizētu informāciju arī turpmākiem pētījumiem.

Veikti pētījumi par kokaugu veģetatīvo pavairošanas metožu pielietošanas iespējām

meža reproduktīvā materiāla ražošanai vai selekcijas materiāla pavairošanai. Pilnveidota mikropavairošanas metode hibrīdajai apsei (Zeps u.c., 2008), izstrādāta tehnoloģija tās ieviešanai ražošanā, kas realizēta a/s „Latvijas valsts meži” struktūrvienības „Sēklas un stādi” Audu kultūru laboratorijas izveidē un uzsākot rūpniecisku pavairošanu. Apgūta bērzu mikropavairošanas metode selekcijas materiāla iegūšanai, uzsākta hibrīdalkšņu (melnalkšņa un baltalkšņa hibrīds) mikropavairošanas iespēju izpēte. Sadarbībā ar Polijas un Zviedrijas mežzinātnes institūtiem uzsākts pētīt iespēju pavairot parastās egles ar somatiskās embriogēneses metodi (Filipovičs u.c., 2005; Filipovičs, 2008), bet sadarbībā ar Somijas un Zviedrijas speciālistiem iesākts apgūt parastās priedes pavairošanu ar spraudņiem. Pētīta Latvijā iegūto hibrīdapšu klonu pavairošanas iespēja ar sakņu spraudņiem, konstatējot starp tiem nozīmīgas pavairošanas sekmīguma atšķirības.

Risinot ar meža koku ģenētiskajiem resursiem saistītus jautājumus, atkārtoti izvērtētas meža koku ģenētisko resursu mežaudzes, sagatavoti priekšlikumi to saglabāšanai un apsaimniekošanai.

Populāciju ģenētiskās struktūras izpētē tiek pielietota molekulāro marķieru metode, ar kuras palīdzību, aptverot pietiekami plašu mežaudžu (populāciju) pārstāvniecību Latvijā un ārpus tās, iespējams noteikt to ģenētisko izcelsmi (Skipars et al., 2008). Pēdējos gados izstrādāta oriģināla metode alkšņu (*Alnus* spp.) sugu un hibrīdu identifikācijai pēc 6 DNS marķieriem (Zhuk et al., 2008), kā arī hibrīdizācijas pakāpes noteikšanai, kas ļauj attīstīt un paplašināt alkšņu selekcijas un hibrīdizācijas pētījumus.

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava vadošo pētnieku Dr. Ā. Jansonu un pētniekiem D. Auzenbahu un A. Gaili.

## Mežkopība, meža ekoloģija un meža resursi

Izpētot dažāda biežuma egļu jaunaudžu augšanas gaitu (Zālītis, Lībiete, 2005; Zālītis u.c., 2006), noskaidroti kokaudžu augšanas potenciālu raksturojošie rādītāji, un 30-50 gadus vecas egļu audzes sadalītas trīs grupās – veselīgās, paaugstināta riska un sabrūkošās audzes. Veicot egļu II vecumklases audžu inventarizāciju a/s „Latvijas valsts meži” 8 mežsaimniecību teritorijā, aprēķināts, ka patlaban valsts mežos sabrūk 13% no egļu tīraudzēm ar 1.25 milj. m<sup>3</sup> koksnes krāju. Veselīgās (augstražīgās) audzes veido 22% no egļu koksnes krājas ar 2.20 milj. m<sup>3</sup>. Paaugstināta riska egļu tīraudzes, kuru augšanas potenciāls nemitīgi pasliktinās, veido 65% no izvēlētā vecuma egļu audžu kopkrājas ar 6.42 milj. m<sup>3</sup> (Lībiete, Zālītis, 2007; Zālītis, Lībiete, 2008).



Pētot agrā jaunībā (3-5 m augstas) intensīvi izretināto jaunaudzū augšanas gaitu (Zālītis, Lībiete, 2008; Zālītis, Zālītis, 2007), konstatēts, ka, vienā kopšanas cirtē koku skaitu samazinot līdz 1500-2000 gab. ha<sup>-1</sup>, valdaudzes koku skaits nemainās līdz 18-20 m augstumam; arī briestaudzes vecumā valdaudzes koku skaits par 300 gab. ha<sup>-1</sup> pārsniedz koku skaitu audzēs, kas veidojušās no nekoptām jaunaudzēm; attiecīgi par 250 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> vidēji lielāka ir arī kokaudzes krāja.

Ar Meža pētīšanas stacijas aktīvu atbalstu turpinās kokaudžu (Zālītis, Muižniece, 2005; Zālītis, 2006), dzīvās zemesdes un meža hidroloģisko parametru pētījumi Vesetnieku meža ekoloģiskajā stacionārā (Zālītis, 2008; Zālītis, Indriksons, 2008). Meliorētajos mežos sistemātiski novērojumi turpinās no 1963. gada, un tie atzīstami kā unikāli vismaz Eiropas mērogā.

Pētot meža ekosistēmu attīstības traucējumus, analizēta ugunsgrēku ietekme uz koku dzīvotspēju un sugu daudzveidību, kā arī ekstrēmu vēju ātruma ietekme uz kokaudzes noturību. Turpināti meža ekoloģiskie pētījumi saistībā ar mežsaimnieciskās darbības ietekmi (Āboliņa, 2008; Bambe, 2004, 2008; Bambe, Donis, 2008).

Daudzmērķu mežsaimniecības sakarā uzsākta Latvijas meža resursu ilgspējīgas un ekonomiski pamatotas izmantošanas modeļu izstrāde. Darbā iesaistot vadošus Zviedrijas pētniekus (Dr. P. Wikstrom, Dr. J. O. Eriksson), pirmo reizi Latvijā rosināta zinātniska diskusija par matemātiskās optimizācijas metožu piemērošanu un meža statistiskās inventarizācijas datu izmantošanu meža resursu stratēģiskajā plānošanā.

2004. gadā uzsāktās meža resursu statistiskās inventarizācijas rezultātā institūtā uzkrājies liels datu apjoms, kas izmantojams meža koksnes resursu statikas un dinamikas pētījumiem. Izstrādāta oriģināla programma sekundāro parametru aprēķinam un Zemkopības ministrijai iesniedzamo statistisko pārskatu sagatavošanai. Pirmo reizi Latvijā iegūta ticama informācija par kopējo meža platību, izvirzot diskusijai jautājumu par ārpus meža zemēm augoša meža tiesisko statusu. Veicot instrumentāli precīzus mērījumus, noskaidrots pašreiz dzīvo koku krājas tekošais pieaugums, kopējā mežaudžu krāja un atmirušās koksnes apjoms, kas ievērojami pārsniedz līdz šim pieņemtos priekšstatus. Regulārā tīklā ierīkoti vismaz 12000 slēpti pastāvīgie parauglaukumi, kas pēc nākamā meža statistiskās inventarizācijas cikla (2009–2013) izpildes radīs iespēju sastādīt Latvijas mežaudžu krājas bilanci. Uz meža statistiskās inventarizācijas informācijas bāzes analizēta Latvijas mežaudžu reģionālā struktūra (Lībiete, 2008). Latvijas meža resursu statistiskās inventarizācijas metodika un pirmie rezultāti izmantoti kopējās Eiropas Savienības

informācijas un meža resursu novērtējuma sistēmas izveidē (Jansons, Licite, 2009).

Uz meža statistiskās inventarizācijas objektu bāzes balstītu meža resursu ģeogrāfiskās izplatības informācijas iegūšanai LVMI Silava no 2006. gada īstenoti projekti, izmantojot multispektrālo satelītu uzņēmumus. Lai satelītu attēlu apstrāde būtu mazāk atkarīga no šo produktu piegādes iespējām un kvalitātes (liela meteoroloģisko apstākļu ietekme), pēdējo trīs gadu laikā LVMI Silava gūta pieredze, klasificējot SPOT5, Landsat, DMCII, IRS-P6 LISS-III un IRS-P6 AWiFS attēlus. Šajā sakarā īstenoja meža teritorijas, tās izmaiņu, valdošās (koku) sugas, koku krājas un meža veselības noteikšana. Rezultāti izmantojami mežu teritorijas noteikšanai (precizitāte ~86%), tās iedalījumam priežu, egļu un lapu koku audzēs. Visaugstākā precizitāte (lielāka par 90%) sasniegta, klasificējot priežu audzes.

Veicinot jaunāko koku uzmērīšanas tehnoloģiju aprobēšanu, pēfita koku uzmērīšana ar zemes virsmas 3D skeneri. No tā iegūtais lāzera mērījumu punktu mākonis novērtēts ar mērķi iegūt augošu koku augstas precizitātes mērījumus. Pašreiz ar 3D skeneri iegūta informācija (izmantoti Īrijas apstākļos izstrādāti priedes un egles algoritmi) ir pietiekami precīza ( $r=+0.954$ ) attiecībā uz priedes DBH.

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava vadošo pētnieku Dr. P. Zālīti, pētnieku J. Doni un asistentu J. Zariņu.

## Meža atjaunošana un ieaudzēšana

Turpināti pētījumi par bijušo lauksaimniecības zemju apmežošanas problemātiku, izvērtējot dažādu koku sugu pielietošanas iespējas mežaudžu ierīkošanā lauksaimniecības augsnēs (Daugaviete, 2004; Daugaviete, Daugavietis, 2008), kā arī izvērtējot pētījumus par apmežošanas tehnoloģiju ietekmi uz koku augšanas gaitu (Daugaviete, 2005). Izmantojot meža resursu monitoringa datus, analizēts bijušajās lauksaimniecības zemju platībās dabiski ieaugušo mežaudžu mežsaimnieciskais potenciāls (Liepins et al., 2008). Veikti pētījumi par izstrādāto kūdras atradņu un grants karjeru rekultivācijas iespējām, sagatavoti aprēķinu modeļi optimālu mēslojuma devu pielietošanai rekultivējamās platībās (Лаздина и др., 2006; Lazdiņa et al., 2007).

Tiek turpināts darbs, lai izvērtētu sadzīves notekūdeņu dūņu mēslojuma pielietošanas iespējas ātraudzīgo kārkļu šķirņu ražības paaugstināšanai Latvijas apstākļos (Lazdiņa et al., 2007; Lazdiņa, 2008). Pamatojoties uz institūtā veikto pētījumu rezultātiem, izdarītas korekcijas šo darbības jomu reglamentējošos normatīvajos aktos.

Veikta dažādu meža mehanizētās stādīšanas iekārtu testēšana, lai noskaidrotu to piemērotību izmantošanai

Latvijas apstākļos. Ierīkoti izmēģinājumu objekti stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju un stādījumu kvalitātes pārbaudei, ik gadus veicot to apsekošanu un uzmērīšanu (Lazdina et al., 2008).

Tiek uzlabotas ātraudzīgo lapu koku sugu atjaunošanas un apsaimniekošanas metodes, kā arī stādmateriāla audzēšanas tehnoloģijas (Daugaviete, Daugavietis, 2007; Liepiņš, 2007). Pēc industriālo sadarbības partneru ierosinājuma uzsākts darbs bērza un hibrīdās apses stādmateriāla (ietvarstādu un stādmateriāla ar uzlabotu sakņu sistēmu) augšanas rādītāju izvērtēšanai dažādos augšanas apstākļos Latvijā un Lietuvā. Izstrādāti ieteikumi stādījumu ar ietvarstādiem ierīkošanai visas veģetācijas sezonas garumā.

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava vadošo pētnieku Dr. K. Liepiņu un pētniekiem Dr. D. Lazdiņu un A. Lazdiņu.

### Meža fitopatoloģija un mikoloģija

Sadarbībā ar pasaules vadošajiem speciālistiem (prof. J. Stenlid un Dr. R. Vasaitis – Zviedrija; prof. K. Korhonen – Somija) veikti pētījumi par sakņu trapes izplatību un ierobežošanas iespējām Latvijā, apsekojot vairāk nekā 25 000 celmu 330 parauglaukumos (Arhipova u.c., 2008a; 2008b; Gaitnieks u.c., 2008). Veicot 113 paraugkoku analīzi, secināts, ka trupe egles stumbrā izplatās vidēji līdz 6.9 metru augstumam, kas pazemina izmantojamās koksnes vērtību par 35-40% (Gaitnieks et al., 2007). Analizējot trupi izraisošās sēnes 319 objektos, kopumā tika ievākti 1182 koksnes paraugi, no kuriem izolēti 866 sēņu celmi. Sēnes iegūtas arī no 113 nozāģētajiem paraugkokiem, nošķirot 322 sēņu celmus. Dominējošās sēņu sugas bija bazīdijsēnes *Heterobasidion parviporum* un *Stereum sanguinolentum*. Analizēta lapu koku piemirstojuma ietekme uz sakņu trapes sastopamību egļu audzēs. Sakņu piepes izplatību ietekmējošo faktoru noskaidrošanai analizēta *H. annosum* augļķermeņu sastopamība uz mežizstrādes atliekām. Četrus gadus laikā pēc mežizstrādes uz 1 m<sup>3</sup> trupējušas koksnes izveidojušos *H. annosum* augļķermeņu kopējais laukums aizņēma vidēji 4000 cm<sup>2</sup>.

No 2004. līdz 2006. gadam veikti pētījumi par bioloģisko faktoru (augsnēs mikroflora un mikoriza) ietekmi uz *H. annosum* attīstību (Gaitnieks, 2005). Šo pētījumu ietvaros novērtēts arī augsnēs mikrofloras un mikorizas sēņu antagonisms pret *H. annosum*. Tiek meklēti efektīvi *Phlebiopsis gigantea* izolāti un pārbaudīta to ietekme uz *H. annosum* attīstību skujkoku celmos. Iegūtie rezultāti liecina, ka vairāki Latvijas *P. gigantea* izolāti laboratorijas apstākļos uzrāda lielāku micēlija augšanas ātrumu, antagonismu pret *H. annosum* izolātiem, kā arī

būtiski augstāku oīdiņu produkciju salīdzinājumā ar „Rotstop” (bioloģiskais preparāts, ko izmanto celmu apstrādei sakņu trapes izplatības ierobežošanai). *P. gigantea* divi Latvijas izolāti *Pinus* sp. koksne uzrāda lielāku micēlija augšanas ātrumu salīdzinājumā ar „Rotstop”.

Lai noskaidrotu baltalkšņu trupi izraisīto sēni, 2006.-2007. gadā ievākts 471 koksnes paraugs no augošiem baltalkšņiem, kā arī 227 paraugi no baltalkšņu celmiem. Sēņu izolāti sagrupēti pēc micēlija morfoloģiskajām pazīmēm un veikta to molekulārā analīze. Līdz šim 21 sēne identificēta līdz ģints, bet 59 sēnes – līdz sugas līmenim. Dominējošās bazīdijsēnes ir alkšņu spulgpiepe *Inonotus radiatus*, parastā apmalpiepe *Fomitopsis pinicola*, celmene *Armillaria* sp. un violetā sīkpiepe *Chondrostereum purpureum*.

Tiek veikti pētījumi par skujkoku mikorizāciju kūdras augsnes, skaidrota dažādu mikorizas tipu ietekme uz ietvarstādu morfoloģiskajiem rādītājiem un vitalitāti (Gaitnieks, 2004; Gaitnieks, Stikāne, 2005). Analizēta ietvarstādu mikorizācija, lietojot dažādas minerālmēslojuma devas.

### Meža entomoloģija

Meža entomoloģijas pētījumu nozīmīgumu pastiprina regulārās vētru izraisītās vējgāzes un ar tām saistītā dažādu meža kaitēkļu izplatība. Svaigi gāzti un lauztie koki ir sevišķi piemēroti stumbra kaitēkļu attīstībai (Šmits, Bičevskis, 2006), kas savairojoties var apdraudēt veselās mežaudzes. Nesenā vēsture bijusi ļoti labvēlīga egļu astoņzobu mizgrauža attīstībai, kura populācija ir būtiski palielinājusies un radījusi ievērojamu kaitējumu egļu audzēm.

Latvijas mežsaimniecībā pastāv konfliktsituācija starp meža aizsardzības prasībām attiecībā pret kaitēkļiem un slimībām un maksimāli labvēlīgu apstākļu nodrošināšanu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai. No vienas puses, lielu dimensiju kritušo koku atstāšana mežaudzē veicina daudzu reto sugu saglabāšanos, bet, no otras puses, svaigas skujkoku ciršanas atliekas, vēja, sniega un citādi lauzti, gāzti vai bojāti koki (it īpaši svaigas egles) veicina kaitēkļu savairošanos, kas var nodarīt mežsaimniecībai lielākus zaudējumus nekā tiešo kaitējošo faktoru izraisītie bojājumi. Pēcvētras periodā kaitēkļu vairošanās kapacitāte ir ievērojami augstāka nekā to dabiskajiem ienaidniekiem.

LVMI Silava veic pētījumus arī par skuju lapu grauzējiem kaitēkļiem, to ietekmi uz mežaudzi (Šmits u.c., 2008), kā arī par jaunaudzju kaitēkļiem, īpašu uzmanību veltījot lielajam priežu smecerniekam un maijvabolēm. Pēdējos gados būtiski mainījušās mežsaimniecības un mežizstrādes tendences. Palielinoties enerģētiskās koksnes vērtībai, ciršanas

atliekas vairs netiek atstātas izcirtumos, bet bieži tiek savāktas kaudzēs, žāvētas un šķeldotas. Tuvākā nākotnē plānota arī celmu izmantošana. Šāda veida saimniekošana rada apstākļus, kas var nozīmīgi veicināt jaunaudžu kaitēkļu attīstības dinamiku.

Iesākta pētīt iespējamo klimata izmaiņu ietekme uz meža kaitēkļu dinamiku un jaunu sugu savairošanās iespējām.

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava vadošo pētnieku Dr. A. Šmitu.

### Meža darbi un enerģētika

Pateicoties pagājušā gadsimta 60.-70. gados Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novadā ierīkotajiem krājas kopšanas ciršu eksperimentālajiem objektiem ar dažāda blīvuma tehnoloģisko koridoru tīklu, veikti pētījumi par tā ietekmi uz mežaudžu attīstību. Rezultātā rosināti grozījumi likumdošanā, pieļaujot kopšanas cirtēs izmantot meža mašīnas. Veikti pētījumi par mehanizēto kopšanas darbu izpildes kvalitātes izvērtēšanas metodiskajiem jautājumiem, kuru skaidrošanai noorganizēti vairāki semināri.

Izvērsti tiek pētītas dažādas biokurināmā sagatavošanas tehnoloģijas. LVMI Silava, sadarbojoties ar Zviedrijas meža institūtu „Skogforsk” un a/s „Latvijas valsts meži”, īstenoti vairāki izpētes projekti par biokurināmā ražošanu no mežizstrādes atliekām kailcirtēs, meža kopšanas cirtēs un meža infrastruktūras objektu apauguma. Skaidrotas arī celmu sagatavošanas iespējas biokurināmā ieguvei.

Pētījumu rezultātā konstatēts, ka, kailcirtēs savācot ciršanas atliekas – zarus, galotnes, sīkkokus u.c. –, papildus var iegūt 0.5-0.8 ber. m<sup>3</sup> enerģētiskās koksnes uz katru sagatavotā sortimenta kubikmetru, kas veido 20-25% no cirmā sagatavotā sortimentu kopapjomu. Veicot celmu izstrādi, no katra izcirtuma platības hektāra iespējams iegūt celmu enerģētisko koksni 50-60 m<sup>3</sup> apjomā. Aprēķināts, ka Latvijā mežizstrādes darbos ik gadu papildus iegūstami ap 4-5 milj. m<sup>3</sup> enerģētiskās koksnes. Visā mežaudzes augšanas gaitā no 1 ha meža platības iespējams iegūt 180-300 m<sup>3</sup> enerģētiskās koksnes.

Lai izvērtētu ekonomisko lietderību apauguma novākšanai no meliorācijas grāvju trasēm, izstrādāta metodika enerģētiskās koksnes apjomu noskaidrošanai meliorācijas sistēmās.

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava pētniekiem V. Lazdānu un A. Lazdiņu.

### Meža nekoksnes izejvielu pārstrāde

Veikti kompleksi pētījumi par koku zaleņa kvalitāti un pieejamību pārstrādei, pielietojot mūsdienu mežizstrādes tehnoloģijas, kas paredz vainaga biomasas izmantošanu enerģētikā. Noskaidrots, ka koku zalenis

nav piesārņots ar pesticīdiem un smagajiem metāliem un Latvijas meži uzskatāmi par ķīmiski tīru augu valsts izejvielu ieguves avotu (Korica u.c., 2008; Daugavietis u.c., 2008). Pētījumos par bioloģiski aktīvo vielu noārdīšanos secināts, ka, sagatavojot zāleni pārstrādei no enerģētikas vajadzībām nokrautām egles kaudzēm, bioloģiski aktīvo vielu zudumi trīs mēnešu laikā svārstāsno 10 līdz 45%. Visstraujāk sadalās hlorofila atvasinājumi. No ekonomiskā viedokļa zāleni, kas uzglabāts kopā ar zariem, hlorofila preparātu ieguvei izdevīgi pārstrādāt divu mēnešu laikā, bet pārējo rūpnieciski ražojamo preparātu ieguvei – trīs mēnešu laikā no koku nociršanas brīža (Daugavietis u.c., 2005).

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava vadošo pētnieku Dr. M. Daugavieti.

### Medniecība un faunas menedžments

LVMI Silava ir valstī vienīgā zinātniskā iestāde, kas kompleksi pēta savvaļas lielos zīdītājdzīvniekus. Pēdējos gados vērojams īpaši straujš un vērienīgs saimniecisko vajadzību pieaugums, no vienas puses, un būtiskas ainavu un klimata izmaiņas, no otras puses, lai apdraudēto un izzudušo sugu saraksti vien būtu pietiekami nopietns brīdinājums sagaidāmajām norisēm nākotnē. Arī atsevišķu indivīdu īpašības nebūt ne vienmēr pietiekami ticami raksturo procesus, kas notiek ar pētāmām sugām. Tieši populācijas ir tas līmenis, kurā visprecīzāk atspoguļojas mūs interesējošā dzīvo organismu un vides mijiedarbība. Populācijas darbības mehānismu izziņāšana nepieciešama, lai sugu efektīvi ierobežotu, izmantotu un pasargātu no izmiršanas vai atjaunotu (Kawata et al., 2008).

Informācija par procesiem populācijās iegūstama, pētot biocenozes trofiskās piramīdas virsotnes – lielos plēsējus. Projektu ietvaros tiek izziņāta vilku un lūšu barošanās (Andersone, Ozoliņš, 2004; Valdmann et al., 2005) un vairošanās un medību ietekme uz populāciju dzimuma un vecuma struktūru (Ozoliņš et al., 2008). Ar radio un GPS telemetriju palīdzību vairāku gadu garumā izsekota 5 lūšu dzīve divos Latvijas reģionos. Vairāki interesanti un Latvijai nozīmīgi atklājumi veikti, pētot plēsēju parazitisko tārpu faunu, noskaidrojot cilvēkiem bīstamās ehinokozes (Bagrađe et al., 2008) un trihinelozes sastopamību savvaļas plēsējos. Viena no hipotēzēm, kas vēl tiek pārbaudīta, ir saistīta ar nepieciešamību uzturēt vilku populāciju stabilā vai pieaugošā līmenī atbilstoši sugas aizsardzības prasībām Eiropas Savienībā. Savvaļas pārnadžu patēriņu vilku barībā šķietami nosaka vilku medīšanas intensitāte, proti, tas, kāda vecuma indivīdi dominē populācijā. Intensīvas medības palielina par gadu jaunāku vilku īpatsvaru. Nomedīto dzīvnieku kuņģa

satura pārbaudes apstiprina, ka jaunie vilki un viņu vecāki patērē būtiski vairāk barības nekā 1-2 gadu vecumu sasniegušie dzīvnieki, kas vēl nevaibrojas. Līdz ar to pie līdzīga vilku skaita iespējama to dažāda ietekme uz savvaļas pārnadžiem, ar ko jārēķinās medību saimniecībā.

Paralēli tiek pētīta arī augēdāju skaita dinamika un barībā izmantotās fitomasas atjaunošanās spēju mijiedarbība (Priedītis, 2004; Priedītis, Ozoliņš, 2005). Pilnveidota teorija par augēdāju stimulējošo ietekmi uz fitomasas produktivitāti.

Raksta sadaļa sagatavota sadarbībā ar LVMI Silava pētnieku Dr. J. Ozoliņu.

## Diskusija un noslēgums

Iepriekš aprakstītās mežzinātnes attīstības iespējas un LVMI Silava zinātniskās iestrādes iezīmē pozitīvus turpmākas attīstības scenārijus. Līdzās personāla un infrastruktūras attīstībai nākotnē LVMI Silava uzmanības lokā būs vairāki papildu uzdevumi un ieceres darbības rezultātu un to pielietojuma uzlabošanai.

Kā nepietiekama vērtējama līdzšinējā mežzinātnes institūta un augstskolu sadarbība. Neraugoties uz stabiliem institūciju vadības un zinātnieku kontaktiem, līdz šim nav izdevies atrast modeli tiešai un efektīvai institūtā iegūto un aprobēto zināšanu pārnesi uz augstskolām. Iespējams, iemesls tam ir institūta ne sevišķi veiksmīgā publicitāte un savstarpējas informētības trūkums, tomēr institūta zinātnieki ir vislielākajā mērā ieinteresēti aktuālās informācijas un savas pieredzes izplatīšanā augstskolu telpā. Pasaules praksē nereti popularitāti gūst pēc apmācību bloku sistēmas organizētas vieslekcijas. Sakarā ar pilnu darba laiku zinātnē strādājošo speciālistu lielo noslodzi, augstskolu organizēta bloku apmācības sistēma var būt efektīvākais zināšanu pārneses veids.

LVMI Silava darbības un attīstības stratēģijā uzsvērta nepieciešamība uzlabot komunikatīvo saiti ar sabiedrību, galvenokārt meža nozares profesionāļiem, kurus institūts uzskata par savu zināšanu (mežzinātnes produkta) tiešāko adresātu. Lai uzlabotu informācijas nokļūšanu pie tās potenciālajiem lietotājiem, kā arī lai popularizētu LVMI Silava veikumu sabiedrībā, mājas lapā pastāvīgi tiek ievietots aktuālākais par notiekošo institūtā, kā arī regulāri tiek popularizētas nozīmīgākās izstrādes presē un citos medijos. Institūts uztur un ar meža nozares finansiālu atbalstu papildina LVMI Silava zinātniskās bibliotēkas krājumus un mežzinātnes arhīvu, nodrošina bibliotēkai interneta piekļuvi, kā arī saglabā mežzinātnes muzeja fondus.

Par būtisku nākotnes attīstības priekšnosacījumu uzskatāma savstarpēji izdevīga starpsistēmiskā sadarbības un partnerības veicināšana, t.sk. pētnieciskās infrastruktūras izmantošana. Līdzšinējā praksē kā labākie sadarbības piemēri minami Latvijas

Zinātnes padomes finansētais projekts „Teorētiskie priekšnoteikumi skujkoku mežu racionālai apsaimniekošanai” un valsts pētījumu programma „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas”, kā arī atsevišķi Meža attīstības fonda finansēti projekti, kas izstrādāti, savstarpēji sadarbojoties LVMI Silava un LLU, Daugavpils universitātes, Latvijas Universitātes, LV Koksnes ķīmijas institūta, LU Bioloģijas institūta un citu zinātnisko iestāžu zinātniekiem. Kā viens no pēdējā laika svarīgākajiem sadarbības indikatoriem atzīmējams četru meža nozares zinātnisko institūciju – LV Koksnes ķīmijas institūta, LVMI Silava, LLU Meža fakultātes un SIA Meža un koksnes pētniecības un attīstības institūta – kopīgi sastādītais sadarbības protokols meža nozares kompetences centra stratēģijas izstrādei, kas ieguvis augstu šī projekta novērtējumu un iespēju industriālo pētījumu attīstībai piesaistīt būtisku ES finansējumu. Līdzīgs sadarbības modelis noteikti izmantojams arī nākotnē, apliecinot meža nozares potenciālo piederību prioritārajām valsts pētījumu nozarēm, konsolidējot resursus un lēmumu pieņēmējiem radot pārliecību par pozitīvu rezultātu.

Nākotnes attīstība, tajā skaitā starpsistēmiskā sadarbības ietvaros, saistāma ar pētījumiem divās galvenajās meža nozari ietekmējošās jomās – koksnes resursu īstermiņa, vidēja termiņa un ilgtermiņa pieejamības veicināšana nenoplicinošas mežsaimniecības ietvaros, kā arī jaunu produktu un tehnoloģiju izstrāde un ieviešana. LVMI Silava zinātniskā darbība ir orientēta uz augstāzīgu, kvalitatīvu un vitālu mežaudžu izaudzēšanu, kas ir pamats koksnes resursu plūsmas nodrošināšanai tagad un nākotnē. Strikti ieviešot meža audzēšanas rekomendācijas, iespējama diskusija par meža resursu ieguves īstermiņa palielinājumu, prognozējot pieejamo resursu palielinājumu ilgtermiņā.

## Literatūra

1. Āboliņa, A. (2008) Sūnas uz trupošas koksnes Latvijā. *LLU Raksti*, 20(315), 103-116.
2. Andersone, Ž., Ozoliņš, J. (2004) Food habits of wolves *Canis lupus* in Latvia. *Acta Theriologica*, 49(3), 357-367.
3. Arhipova, N., Gaitnieks, T., Nikolajeva, V., Vulfa, L., Mihailova, A. (2008a) Baltalkšņa ietekme uz egļu sakņu rizosfēras mikrofloru un tās antagonismu pret *Heterobasidion annosum*. *Mežzinātne*, 17(50), 9-21.
4. Arhipova, N., Gaitnieks, T., Vulfa, L., Nikolajeva, V., Balašova, I. (2008b) *Heterobasidion annosum* attīstību ietekmējošo faktoru novērtējums egļu audzēs. *LLU Raksti*, 20(315), 117-127.

5. Bagrade, G., Šnabel, V., Romig, T., Ozoliņš, J., Hüttner, M., Miterpakova, M., Ševcova, D., Dubinsky, P. (2008) *Echinococcus multilocularis* is a frequent parasite of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Latvia. *Helminthologia*, 45(4), 157-161.
6. Bambe, B. (2004) Bryophytes in grasslands of Latgale upland. *Acta Biol. Univ. Daugavpils*, 4(1), 31-37.
7. Bambe, B. (2008) Sūnu izplatību ietekmējošie faktori uz trupošas skujkoku koksnes. *LLU Raksti*, 20(315), 93-102.
8. Bambe, B., Donis, J. (2008) Pakāpenisko ciršu ietekme uz mežu veģetāciju. *Mežzinātne*, 17(50), 48-87.
9. Baumanis, I., Jansons, Ā. (2004) Priežu klonu hibrīdo pēcnācēju novērtējums. *Mežzinātne*, 14(47), 28-37.
10. Baumanis, I., Jansons, Ā., Gaile, A. (2006) Ilglaicīgo zinātniski pētniecisko objektu inventarizācija un datu bāzes izveide. *Mežzinātne*, 16(49), 102-112.
11. Daugaviete, M. (2004) Oša un ozola stādījumu attīstība lauksaimniecības platību apmežojumos. *Mežzinātne*, 14(47), 3-27.
12. Daugaviete, M. (2005) Stādījumu biežības ietekme uz bērza (*Betula pendula* Roth.) augšanas gaitu un masas pieaugumu lauksaimniecības zemju mežojumos. *Mežzinātne* 15(48), 14-25.
13. Daugaviete, M., Daugavietis, M. (2007) The view of Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) cultivation and utilization in Latvia. *Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology*, No. 61, 114-118.
14. Daugaviete, M., Daugavietis, M. (2008) The choice of tree species for afforestation of abandoned agricultural lands in Latvia. *Proceedings of International Symposium "Interaction of Wood With Various Forms of Energy". September 9-10, 2008, Slovakia*, 14-21.
15. Daugavietis, M., Korica, A., Polis, O., Bartkevičs, V. (2008) Skujkoku zaleņa piesārņojums ar pesticīdiem un smagajiem metāliem. *LLU Raksti*, 20(315), 128-135.
16. Daugavietis, M., Polis, O., Korica, A. (2005) Egles vainaga biomasas izmantošanas iespējas. *LLU Raksti*, 14(309), 72-75.
17. Fiļipovičs, M. (2008) Embriogēnā kallusa attīstības etapa un kultivācijas apstākļu ietekme uz somatisko embriju nobriešanas etapu. *Mežzinātne*, 17(50), 131-151.
18. Fiļipovičs, M., Auzenbaha, D., Gailis, A., Szczygiel, K. (2005) Embriogēno audu iniciācija parastajai eglei. *Mežzinātne*, 15(48), 60-67.
19. Gaitnieks, T. (2004) Mēslojuma ietekme uz priežu ietvarstādu sakņu attīstību un mikorizāciju. *Mežzinātne*, 14(47), 46-60.
20. Gaitnieks, T. (2005) Vitality of Norwayspruce fine roots in stands infected by *Heterobasidion annosum*. *Proceedings from the SNS meeting in Forest Pathology, Norway, 28-31 August, 2005*, 79-82.
21. Gaitnieks, T., Arhipova, N., Donis, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2007) Butt Rot Incidence and Related Losses in Latvian *Picea abies* (L.) Karst. stands. In: Garbelotto, M. and Gonthier, M. (eds.) *Proceedings of the 12th IUFRO International Conference on Root and Butt Rots, Berkeley, California, Medford, Oregon/USA, August 2007*, 177-179.
22. Gaitnieks, T., Arhipova, N., Nikolajeva, V., Vulfa, L., Kļaviņa, D. (2008) *Heterobasidion annosum* izraisītā sakņu trupe lauksaimniecības zemēs. *Mežzinātne* 17(50), 22-37.
23. Gaitnieks, T., Stikāne, Z. (2005) Kūdras substrāta ietekme uz egļu sējeņu sakņu morfoloģiskajiem rādītājiem un mikorizāciju. *LLU Raksti*, Nr. 14(309), 76-82.
24. Jansons, Ā. (2006) Augstumlīknes izmantošana parastās priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumos. *Mežzinātne*, Nr. 16(49), 91-101.
25. Jansons, Ā., Baumanis, I. (2005) Growth Dynamics of Scot's Pine Geographical Provenances in Latvia. *Baltic Forestry*, 11(2), 29-36.
26. Jansons, Ā., Baumanis, I. (2008) Ivesto parastās priedes provenienču augšana un kvalitāte Latvijā. *LLU Raksti*, 20, 22-31.
27. Jansons, Ā., Baumanis, I., Haapanen, M. (2008) Klonu atlase parastās priedes 2. kārtas plantācijai Kurzemes zonai un sagaidāmais ģenētiskais ieguvums. *Mežzinātne*, 17(50), 88-116.
28. Jansons, Ā., Džeriņš, A. (2008) Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) fenotipiskie parametri atkarībā no audzes biežuma juvenilā vecumā. *LLU Raksti*, Nr. 20(315), 66-75.
29. Jansons, J., Licite, I. (2009) Latvia. In: Tomppo, E., Gschwantner, Th., Lawrence, M. & McRoberts, R. E. (eds) *National Forest Inventories – Pathways for Common Reporting*. Springer, Heidelberg Dordrecht London New York, 341-349.
30. Jansons, Ā., Neimane, U., Baumanis, I. (2008) Parastās priedes skujbires rezistence un tās paaugstināšanas iespējas. *Mežzinātne*, 18(51), 3-18.
31. Kawata, Y., Ozoliņš, J., Andersone-Lilley, Z. (2008) An analysis of the game animal population data from Latvia. *Baltic Forestry*, 14(1), 75-86.

32. Korica, A., Polis, O., Daugavietis, M. (2008) Metālu pāreja no augu izejvielām ekstraktos. *Mežzinātne*, 18(51), 102-108.
33. Lazdina, D., Lazdins, A., Karins, Z., Komorovska, A. (2007) Waste water sewage sludge usage as fertilizer of short rotation forest plantations. *Proceedings of International Scientific Conference “RuralDevelopment2007”*. Kaunas, Lithuania, 287-293.
34. Lazdina, D., Lazdins, A., Zimelis, A. (2008) Mechanized planting in Latvia – preliminary results. *The Nodric-Baltic Conference on Forest Operations, Copenhagen, September 23-25, 2008. Forest & Landscape Working Papers*, No. 30, 20-22.
35. Lazdiņa, D. (2006) First rotation season in birch, black alder, pine, spruce and willow plantations fertilized with wastewater sewage sludge in mineral and peat soils in Latvia. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Forestry and Wood Technology*, No. 58, 33-38.
36. Lazdiņa, D. (2008) Prospects of short-rotation forestry in Latvia. *Proceedings of the 5th UEAA General Assembly and the Associated Workshop, Riga, Latvia*, 123-130.
37. Lazdiņa, D., Lazdiņš, A., Kariņš, Z., Kāposts, V. (2006) Notekūdeņu dūņu mēslojuma efektivitāte un augsnes ķīmiskā sastāva izmaiņas enerģētiskās koksnes plantācijās. *Mežzinātne*, 16(49), 30-58.
38. Lazdiņa, D., Lazdiņš, A., Kariņš, Z., Kāposts, V. (2007) Effect of sewage sludge fertilization in short-rotation willow plantations. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol. XV(2), 105-111.
39. Lībiete, Z. (2008) Meža resursu datu izmantošana priedes un egles audžu ražības reģionālo atšķirību analizē Latvijā. *LLU Raksti*, 20(315), 53-65.
40. Lībiete, Z., Zālītis, P. (2007) Determining the Growth Potential for Even-aged Stands of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Baltic Forestry*, 13(1), 2-9.
41. Liepiņš, K. (2007) First-year Height Growth of Silver Birch in Farmland Depending on Container Stock Morphological Traits. *Baltic Forestry*, 13(1), 54-60.
42. Liepins, K., Lazdins, A., Lazdina, D., Daugaviete, M., Miezīte, O. (2008) Naturally Afforested Agricultural Lands in Latvia – Assessment of Available Timber Resources and Potential Productivity. *The 7th International Conference “Environmental Engineering”, Selected Papers*, Vol. I, 194-200.
43. Neimane, U., Baumanis, I., Dreimanis, A., Strauts, A. (2008) Dažādu priežu ekotipu pēcnācēju ražības un kvalitātes salīdzinājums. *Mežzinātne*, 17(50), 38-47.
44. Ozoliņš, J., Pupila, A., Ornicāns, A., Bagrađe, G. (2008) Lynx management in Latvia: population control or sport hunting? In: *Economic, social and cultural aspects in biodiversity conservation*. (Eds: Opermanis, O., Whitelaw, G.) Riga, Press of the University of Latvia, 59-72.
45. Priedītis, A. (2004) Kokaugu apkodumu reģistrēšanas nozīme briežu dzimtas dzīvnieku un augu mijiedarbības nevērtēšanā meža teritorijās. *Mežzinātne*, 14(47), 73-95.
46. Priedītis, A., Ozoliņš, J. (2005) Schalen- und Raubwildbestände in Relation zu der Strauch- und Baumverbissstufe in einigen Jagdrevieren Lettlands. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, Bd. 30, 237-245.
47. Skipars, V., Jansons, A., Gailis, A., Baumanis, I., Veinberga, I., Rungis, D. (2008) Assessment of genetic diversity and population structure in Latvian *Pinus sylvestris* populations using nuclear, chloroplast and mitochondrial SSR markers. *Abstract book of IUFRO-CTIA Joint Conference, Quebec*, p. 129.
48. Šmits, A., Bičevskis, M. (2006) Skuju koku kaitēkļu savairošanās ciršanas atliekās. *Mežzinātne*, 16(49), 8-90.
49. Šmits, A., Striķe, Z., Liepa, I. (2008) Priežu rūsganās zāglapsenes (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) izraisītās defoliācijas ietekme uz priežu (*Pinus sylvestris* L.) pieaugumu. *Mežzinātne*, 18(51), 53-73.
50. Valdmann, H., Andersone-Lilley, Z., Koppa, O., Ozolins, J., Bagrađe, G. (2005) Winter diets of wolf *Canis lupus* and lynx *Lynx lynx* in Estonia and Latvia. *Acta Theriologica*, 50(4), 521-527.
51. Zālītis, P., Indriksons, A. (2008) The hydrological properties of waterlogged and drained forests in Latvia. *III International conference “Forest and water”, Mragowo, Poland, 14.-17.09.2008*. Polish Forest Research Institute, Norwegian Forest and Landscape Institute, 62-63.
52. Zālītis, P. (2006) *Mežkopības priekšnosacījumi*. Rīga, izdevn. „Et cetera”, 219 lpp.
53. Zālītis, P. (2008) Kūdras augšņu hidroloģiskā režīma ietekme uz egļu jaunaudžu augšanas potenciālu. *Mežzinātne*, 17(50), 3-8.
54. Zālītis, P., Lībiete, Z. (2005) Egļu jaunaudžu augšanas potenciāls. *LLU Raksti*, 14(309), 83-93.
55. Zālītis, P., Lībiete, Z. (2008) Kopšanas ciršu režīms egļu jaunaudzēs. *LLU Raksti*, 20(315), 38-45.
56. Zālītis, P., Lībiete, Z., Zālītis, T. (2006) Mērķtiecīgi izveidoto kokaudžu augšanas gaita un strukturēšanās. *Mežzinātne*, 16(49), 9-29.

57. Zālītis, P., Muižzemiece, I. (2005) Priedes un egles stumbra gadskārtu struktūra kūdreņos. *Mežzinātne*, 15(48), 3-13.
58. Zālītis, T., Zālītis, P. (2007) Growth of the Young Stands of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) Depending on Pre-Commercial Thinning Intensity. *Baltic Forestry*, 13(1), 61-67.
59. Zeps, M., Auzenbaha, D., Gailis, A., Treimanis, A., Grīnfelds, U. (2008) Hibrīdapašu (*Populus tremuloides* × *Populus tremula*) klonu salīdzināšana un atlase. *Mežzinātne*, 18(51), 19- 34.
60. Zhuk, A., Veinberga, I., Daugavietis, M., Ruņģis, D. (2008) Cross-species Amplification of *Betula pendula* Roth. Simple Sequence Repeat Markers in *Alnus* Species. *Baltic Forestry*, 14(2), 116-121.
61. Лаздиня, Д., Лаздиньш, А., Мартинсоне, К., Кариньш, З., Капостс, В., Лиєпа, И., Хрол, Ю., Долацис, Я. (2006) Соответствие некоторых пород ивовы (*Salix*) и их селекционных клонов для получения энергетической древесины. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Forestry and Wood Technology*, No. 59, 39-43.

## Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta zinātniskā darbība 2000.–2008. gadā

### Latvian State Institute of Wood Chemistry: Research Activities in 2000-2008

**Bruno Andersons**

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts  
Latvian State Institute of Wood Chemistry  
e-mail: Bruno.Andersons@edi.lv

**Abstract.** The research activities embrace fundamental studies in the fields of wood science, as well as applied research for obtaining products from wood and other types of biomass and renewable raw material resources. The Laboratory of Xylogeneses is engaged in studies of the predominant and perspective Latvia's tree species, as well as studies of the drying processes of ground energy wood. The target of the Laboratory of Biodegradation and Protection is widening of the application potentialities of wood as a construction material and ensuring of competitiveness by way of upgrading the material properties. The Laboratory of Eco-Effective Conversion of Biomass is engaged in the development of waste-free production systems and biorefinery, applying steam explosion autohydrolysis as the basic method. The research area of the Laboratory of Cellulose embraces small-sized timber (pulpwood), paper pulp and cellulose fibres, paper, its production processes, chemical composition and microstructure. In the Laboratory of Lignin Chemistry, various functionally active systems are synthesised, and the obtained multi-functional organic-inorganic hybrid materials are characterised. In the Laboratory of Polysaccharides, the avenue of research has been the theoretical and experimental studies for obtaining acetic acid from alder and birch wood. The field of research in the Laboratory of Polymers embrace the obtaining of rigid polyurethane foams from renewable raw material resources and the development of new generation polyurethane class cryogenic thermal insulation materials. In the Department of Technological Studies, the upgrading of the charcoal production technology, which is distinguished by the carbonisation of wood in external heating retorts, is continued.

**Key words:** wood science, wood chemistry, biomass processing, renewable resources, wood protection.

#### Ievads

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts (LV KĶI) savu darbību realizē atbilstoši valsts noteiktajai zinātnes un tehnoloģiju attīstības politikai, un tā darbības mērķis ir ar zinātniskām metodēm iegūt jaunas zināšanas un izstrādāt inovatīvas tehnoloģijas, lai sekmētu tautsaimniecības, īpaši meža nozares, ilgtspējīgu attīstību un konkurētspēju. Galvenie pētniecības virzieni ir fundamentālie pētījumi koksnes zinātnes, koksnes un polimēru ķīmijas nozarēs, lietišķie pētījumi produktu ieguvei no koksnes, citas biomasas, to komponentiem un citiem atjaunojamo izejvielu resursiem. Institūta 110 darbinieki ir iesaistīti fundamentālo un lietišķo pētījumu projektu, sadarbības projekta, valsts pētījumu programmas „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas” un Meža attīstības fonda finansētu projektu izpildē. Liela nozīme institūta darbībā ir aktivitātēm, kas vērstas uz ražotāju un sabiedrību, tādām kā līgumdarbi, konsultācijas, eksperimentēšanas, līdzdalība likumdošanas

dokumentu izstrādē u.c. Līdzās pētnieciskajam darbam zinātniskie darbinieki iesaistīti jauno speciālistu sagatavošanā – sadarbībā ar Latvijas augstskolām (LU, RTU, LLU) vadot bakalauru, maģistrantu un doktorantu darbus jomās, kas saistītas ar institūta tematiku. Veiksmīga ir dalība ES Ietvarprogrammu projektos – kopš 2000. gada realizēti 15 projekti (t.sk. integrācijas projekts “WoodPro”), piesaistot 1.9 milj. latu. Pašlaik notiekošās aktivitātes saistītas ar ekselenci atbalstošā projekta “Wood-Net” (2008-2011) realizēšanu, kurā piedalās visi vadošie institūta zinātnieki. Institūts organizējis trīs starptautiskas zinātniskās konferences (Eight ..., 2004; International ..., 2007; Proceedings ..., 2008), vairākus seminārus un lekcijas. Ir izdota monogrāfija – mācību līdzeklis latviešu valodā par koksnes ķīmijas pamatiem (Zaķis, 2008).

Institūta pētnieciskā darbība strukturēta laboratorijās un pētniecības grupās, kas aptver galvenos biomasas, tai skaitā koksnes un polimēru materiālzinātnes un ķīmijas, pētījumu virzienus.



**Ksilogēnēzes laboratorija** (vadītājs – no 2000. līdz 2008. g. Dr.habil. J. Hrolis, no 2008. g. Dr. J. Dolacis) nodarbojas ar Latvijā dominējošo un perspektīvo koku sugu koksnes anatomisko, fizikālo, ķīmisko, optisko un mehānisko īpašību, kā arī ar smalcinātas energokoksnes siltumfizikālo un tehnoloģisko īpašību un žāvēšanas procesu pētījumiem (Balode et al., 2002; Pavlovičs u.c., 2007; Dolacis, 2008; Dolacis et al., 2007). Tiek noskaidrota koksnes struktūra un fizikālās īpašības atkarībā no koku augšanas apstākļiem, reģiona un šo parametru izmaiņas stumbra vertikālajā un horizontālajā plaknē. Sadarbībā ar Lietuvas Mežzinātnes institūtu, Zvolenas Tehnisko universitāti un Slovākijas Meža institūtu veikti pētījumi par radionuklīdu piesārņojumu mežos, noskaidrota radionuklīdu asimilācija koksne un to ietekme uz koksnes struktūru un īpašībām.

Veikti pētījumi par Latvijā augušas priedes (*Pinus sylvestris* L.), egles (*Picea abies*), bērzu (*Betula pubescens*), apses (*Populus tremula*), baltalkšņa (*Alnus incana*), melnalkšņa (*Alnus glutinosa*), oša (*Fraxinus excelsior*) un saldā ķirša (*Prunus avium* L.) koksni. Secināts, ka augšanas reģions būtiski neietekmē Latvijas mērogā pētīto sugu koku struktūras un fizikālās īpašības, bet būtisku ietekmi tas atstāj galvenokārt uz blīvumu un vēlnās koksnes īpatsvaru gadskārtā. Lai arī koksnes parauga atrašanās vieta koka stumburā gan tā vertikālajā, gan arī horizontālajā plaknē ietekmē koksnes anatomiskās uzbūves parametrus un fizikālo īpašību vērtības, tomēr iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka vairumā gadījumu šie rādītāji būtiski atšķiras tieši dažādos stumbra augstumos, bet pētītajām sugām koksne stumbra šķērsriezumā, izņemot juvenilo daļu, pēc savām īpašībām ir relatīvi viendabīga. Novērota būtiska korelācija starp blīvumu, mitruma un ūdens uzsūcamību, uzbriešanu, rukumu un gadskārtu platumu un vēlnās koksnes saturu gadskārtā. Eglei sausieņu mežos, salīdzinot ar meliorētajiem mežiem, ir lielāks vidējais gadskārtu platumu un vēlnās koksnes saturs gadskārtā. Līdzīga tendence vērojama arī attiecībā uz traheīdu dubultapvalka šķērsizmēru radiālajā virzienā agrīnai un vēlnai koksnei. Noteikta korelācija starp bērza koksnes hidrotermiskās apstrādes temperatūru un koksnes atstarošanu – atkarībā no temperatūras atstarošanas lieluma starpība var sasniegt 8–9%. Atstarošana pūkainajam bērzam ir 3.86% lielāka nekā kārpainajam bērzam, taču tas ir pietiekami, lai cilvēka acij pūkainā bērza koksne izskatītos „gaišāka”. Noteikti siltumfizikālie parametri (sadedzes siltums, beramblīvums, pelnu saturs u.c.) dažādiem mežizstrādes un kokapstrādes atlieku veidiem un koka elementiem. Izstrādāts jauns energotaupošs birstošu materiālu pneimoinpulsu žāvēšanas paņēmieni pseidosasšķidrītajā slānī (Latvijas patents LV13828).

**Koksnes bionoārdīšanās un aizsardzības laboratorijas** (vadītājs – Dr. B. Andersons) pētījumu mērķis ir koksnes kā būvmateriāla pielietojšanas iespēju paplašināšana un konkurētspējas nodrošināšana, uzlabojot materiāla īpašības (Andersons, 2006; Chirkova et al., 2000, 2004; Druz et al., 2001; Irbe et al., 2001a, 2001b, 2006a, 2006b; Karadelev et al., 2005; Meier et al., 2001; Ozols u.c., 2007).

Laikā no 2000. līdz 2008. gadam veikti būvniecībā visplašāk izmantotās skuju koku koksnes biodegradācijas pētījumi – sastāva, struktūras un īpašību izmaiņas dažādu mikroorganismu (krāsojošo un trupes sēņu, baktēriju) un koksngrauzu iedarbības rezultātā. Noskaidrotas atšķirības starp koksnes noārdīšanās procesiem ar agresīvākajām būvkokni noārdošajām sēņu sugām; pēc koksnes struktūras un ķīmiskā sastāva izmaiņu gaitas klasificētas galvenās biodegradācijas stadijas. Iegūtie rezultāti apkopoti promocijas darbā (Irbe, 2008). Izmantotas biofizikas un fraktāļu ģeometrijas pieejas, lai tuvotos izpratnei par sēņu metabolīzes produktu difūziju un mijiedarbību ar koksnes komponentiem. Veikta plaša koksnes sēņu izplatības izpēte dabā un celtniecības koksne, identificētas retas un arī līdz šim neaprauktas sēņu sugas. Koksnes biodegradācijas pētījumos iegūtās zināšanas izmantotas videi draudzīgu aizsardzības līdzekļu meklējumos: pārbaudīti un kā efektīvi atzīti vairāku augu ekstrakti, uz tallu eļļas bāzes sintezēti savienojumi, koksnes pirolītisko eļļu frakcijas. Laboratorijas eksperimentālajā pilotiekārtā tiek izstrādāts termiskās modifikācijas paņēmieni, optimizējot apstrādes parametrus dažādu sugu koku koksne, tiek pētīta iegūto ilgizturības īpašību stabilitāte reālos kalpošanas apstākļos. Pozitīvi rezultāti iegūti, uzlabojot izturību pret trupes sēnēm koksnes ķīmiskās modifikācijas ceļā, izmantojot koksnes komponentiem radniecīgus savienojumus un atsakoties no biocīdu pielietojšanas. Pētītas nokalpojušas impregnētas koksnes (elektrības un sakaru pārvades līniju balstu) utilizēšanas iespējas jaunu produktu, t.sk. tehnisku sorbentu, ieguvei. Noskaidrotas koksnes sastāva un struktūras izmaiņas ilgstošas vides iedarbības rezultātā, novērtēts piesārņojums ar aizsarglīdzekļu komponentiem, laboratorijas eksperimentālajā iekārtā iegūti un raksturoti produkti – karbonizāti un aktivētās ogles. Konstatēts, ka koksne esošie nelieli smago metālu daudzumi būtiski uzlabo kokogļu struktūru un ļauj iegūt produktu ar īpašībām, kas līdzīgas rūpnieciski ražotiem bērza koksnes sorbentiem.

Laboratorijas līdzstrādnieki veic Latvijas muzeju fondu un kultūrvēsturisko objektu koka konstrukciju apsekošanu un ekspertīzi, izvērtē koksnes bioloģiskos bojājumus un izstrādā rekomendācijas objektu sanācijai un saglabāšanai. Koksngrauzu apkarošanai Liepājas evaņģēliski luteriskajā Sv. Trīsvienības baznīcā un Rundāles pils muzejā eksponētajiem

Lestenes baznīcas interjera priekšmetiem laboratorijas zinātnieki ieteikuši gāzēšanas metodi, un tajā paši arī piedalījušies. Ik gadu tiek veiktas vairāk nekā 30 ekspertīzes firmām un privātpersonām, identificējot bioloģiskos koksnes bojājumus un konsultējot par apkarošanas līdzekļiem un paņēmieniem. Izstrādāti metodiski norādījumi pareizai trupes sēņu bojājumu apkarošanai. Koksnes un koksnes materiālu biodegradācijas un aizsardzības jomā tiek uzturēta laboratorijas akreditācija atbilstoši LVS EN ISO/IEC 17025:2005.

**Biomases eko-efektīvas konversijas laboratorija** (vadītājs – Dr.habil. J. Grāvītis) kopā ar ANO Universitātes Prioritāro pētījumu institūtu (Tokija) piedalījās divos starptautiskos projektos: bezatkritumu ražošanas sistēmu izveidē („Zero Emissions”) un biorafinēšanā („Biorefinery”), kā arī pasaules kvarca industriālo sistēmu analizē, kuras paredzētas pusvadītājiem, saules paneļiem un optiskajām šķiedrām. Laboratorija turpina darboties bezatkritumu ražošanas sistēmu izveidošanā un biorafinēšanā Latvijas apstākļos (Gravitis, 2006, 2007; Gravitis, Della Senta, 2001; Gravitis et al., 2001, 2003). Galvenā vērība ir pievērsta meža industrijai un lauksaimniecības atkritumu izmantošanai. Kā centrālā metode tiek izmantota tvaika sprādziena autohidrolīze (TSA), kas aizsākta jau profesora P. Eriņa laikā. TSA īpaši perspektīva ir otrās paaudzes biodegvielas (no nepārtikas produktiem – salmiem, koksnes u.c. pārkoksneņiem materiāliem) ražošanā, jaunu, pašsaistošu biomasas kompozītu ieguvē un lignīna fenolu destruktācijas produktu izmantošanā līmes komponentu aizstāšanai saplākšņa ražošanā. Tiek domāts arī par nano materiālu iegūšanu no biomasas, jo šīs nano daļiņas identificētas laboratorijā eksperimentāli TSA apstrādē. Laboratorija lieto labākās vielas struktūras pētniecības metodes. Atzīmējamas ir kodolmagnētiskā rezonanse šķīdumā un cietvielā, rentģendifraktometrija un citas. Plaši tiek izmantota datorsimulācija. Rezultātā izveidots vispārīgais augu šūnu cieto apvalku fraktālais modelis. Pētījumos secināts, ka lignīna masas sadalījums telpā neatbilst Eiklīda ģeometrijai, bet ir daļskaitlis. Pašlaik kopā ar ārzemju kolēģiem laboratorija tieši eksperimentāli nosaka fraktālās dimensijas cietvielā un šķīdumos, izmantojot Eiropas sinhrotronu iespējas. Šajos gados laboratorija ir piedalījusies un arī pašlaik turpina piedalīties trijos ES COST projektos un Eiropas un Latīņamerikas universitāšu apmaiņas projektā („Alfa Support”).

**Celulozes laboratorijas** (vadītājs – Dr.habil. A. Treimanis) pētniecības jomā ietilpst tievkoksne (papīrmalka), papīrmasas un celulozes šķiedras, papīrs, to iegūšanas procesi, ķīmiskais sastāvs un mikrostruktūra (Bikova et al., 2000, 2003, 2005; Bikova, Treimanis, 2002, 2004; Dauge et al., 2007; Treimanis, 2006; Treimanis et al., 2000, 2003, 2008).

Daļa pētījumu veltīta izdalītu koksnes polimēru – celulozes un hemiceluložu – īpašībām. Jaunākajos zinātniskajos projektos tiek izsekotas koksnes un tās šķiedru īpašības no meža līdz papīram. Noskaidrots, ka meža augšanas apstākļi zināmā mērā ietekmē priedes, egles, bērza, apses koku un no koksnes iegūto sulfātcelulozes šķiedru īpašības (šķiedru dimensijas, celulozes un lignīna saturu, celulozes polimerizācijas pakāpi), kā arī iegūto papīra paraugu izturības rādītājus. Atšķirīgi ir egles koki, kas auguši bijušajās lauksaimniecības zemēs – koksne ir augstāks lignīna saturs, nedaudz zemāks celulozes saturs, taču salīdzinoši augstāka polimerizācijas pakāpe. Tas savukārt pozitīvi ietekmē papīra mehāniskās īpašības. Kopumā projekta laikā iegūti jauni dati par Latvijā izplatītāko koku sugu koksnes sastāvu un šie dati tiek izmantoti studentu apmācībā.

2006.–2008. g. ERAF projekta ietvaros kopīgi ar LVMI „Silava” speciālistiem noskaidrotas vairāku desmitu hibrīdapses (*Populus tremula* × *Populus tremuloide*) koksnes un šķiedru paraugu fizikālās īpašības, ķīmiskais sastāvs un mikrostruktūra. Secināts, ka ar hibrīdu tehnoloģijas palīdzību var iegūt apses koksni ar plašu parametru amplitūdu, piem., blīvums ( $\pm 25\%$ ), gadskārtu platums, celulozes un lignīna saturs ( $\pm 15\%$ ). Izvēlēti perspektīvākie kloni, kas nodoti a/s „Latvijas valsts meži” komerciālai pavairošanai.

Pētījumos izmantota pašu izstrādātā, tagad ievērojami modernizētā šķiedru virsmas mikroslāņu atdalīšanas metode, kas ļauj tieši analizēt to ķīmisko sastāvu un prognozēt īpašības. Konstatēts, ka virsmas mikroslāņu sastāvs ievērojami atšķiras no vidējiem rādītājiem, kas ir jāņem vērā, veicot šķiedru apstrādi, piemēram, balināšanu. Šīs metodes izstrāde atzīta par vienu no 10 Latvijas zinātnes sasniegumiem 2007. gadā. Starptautiska sadarbība notiek COST projekta E54 ietvaros (19 ES valstu projekta koordinators – A. Treimanis), kā arī bilaterālo projektu ietvaros ar Austrijas, Somijas, Vācijas un Zviedrijas zinātniekiem.

Mikrokristāliskās celulozes (MKC) ieguvei (grupas vadītāja – Dr. M. Laka) izstrādāti termokatalītiskās apstrādes režīmi skuju un lapu koksnes balinātās sulfāta celulozes destrūģēšanai līdz robežpolimerizācijas pakāpei ar celulozes laboratorijā izstrādāto termokatalītisko paņēmieni (Latvijas patents LV11184) (Jakobsons et al., 2007; Laka, Chernyavskaya, 2007; Laka et al., 2000, 2003a, 2003b). Iegūto MKC pulveru paraugu fizikāli ķīmiskie un kvalitātes rādītāji atbilst Eiropas Farmakopejas prasībām. Arī no pulveru paraugiem iegūtas pārtikas tabletes bez un ar dabisko ārstniecisko vielu (žāveto ziedputekšņu, glikozes, žeņšeņa ekstrakta u.c.) piedevām atbilst Farmakopejas prasībās nosauktajiem rādītājiem. Izstrādāta metode arī MKC gēlu ieguvei. Paraugi satur stieņveida nanokristālu un to agregātu

daļiņas ar izmēriem garenvirzienā 100-300 nm un šķērsvirzienā 20-50 nm. Šiem gēliem piemīt šķidri kristāliskiem polimēriem raksturīgās reoloģiskās īpašības; to stiprība un viskozitāte atkarīga no dispersijas šķīdumā esošiem joniem, pH lieluma un  $\zeta$ -potenciāla. Iegūti arī mikrokristāliskā hitozāna pulveru un gēlu paraugi un pētītas to īpašības. Izgatavotas mikrokristāliskā hitozāna un citu biopolimēru (Na-KMC, hidroksipropilcelulozes u.c.) kompozītu plēves. Mikrokristāliskais hitozāns pie noteikta tā satura uzlabo plēvju mehāniskās īpašības un ūdens izturību.

Celulozes laboratorijas mikroskopijas grupas (grupas vadītāja – Dr. Ļ. Beļkova) zinātnisko interešu loks ietver koksnes sarežģītās arhitektūras pētījumus saistībā ar dažādu koksnes pārstrādes veidu ķīmiskajiem un fizikāli ķīmiskajiem procesiem (Belkova, Hrol, 2000, 2001, 2003, 2004; Belkova, Kalnina, 2008; Belkova et al., 2008; Skele et al., 2001). Pētītās struktūras izmaiņas ietver 7–8 koksnes vielas struktūras organizācijas līmeņus, t.sk. šūnas sienīņu un fibrillu struktūras. Elektronu mikroskopijas metodes ļauj iegūt vizuālu priekšstatu par celulozes šķiedru izmaiņām un pakāpenisku noārdīšanos dažādos papīros, koksnes termoapstrādē, šķiedru reciklēšanas un novecošanās procesos. Tiek pētīts dabiskais papīru (inkunābulas, pirmo latviešu valodā drukāto grāmatu papīrs u.c.) novecošanās process, kam ir īpaša nozīme kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanā. Mikroskopijas dati, papildināti ar citu mūsdienīgu pētniecības metožu rezultātiem, padziļina teorētiskos priekšstatus par koksnes lignoogļūdeņu polimēru kompleksa mikroorganizāciju un mikroīpašībām.

**Lignīna laboratorijā** (vadītāja – Dr.habil. G. Teliševa), attīstot koncepciju, kurā lignīns tiek apskatīts kā supramolekulārās ķīmijas objekts, uz lignīnu/lignocelulozes bāzes ir sintezētas dažādas funkcionāli aktīvas sistēmas, kuras apvieno sevī „saimnieka” („host”) fenilpropanoīda polimēra un „viesa” („guest”) Si-oligomēra un polimēra, heteropolianjonu un metālu/metaloīdu nanoklasteru/nanodaļiņu īpašības (Bikovens et al., 2008; Dizhbite et al., 2004a, 2004b, 2007; Telysheva et al., 2000, 2001, 2002, 2006, 2007, 2009). Iegūtie jaunie, daudzfunkcionālie organiskie-neorganiskie hibrīdu materiāli raksturoti, izmantojot ķīmiskās un fizikāli ķīmiskās metodes ( $^{29}\text{Si}$  un  $^{13}\text{C}$  cietas fāzes KMR spektroskopija, DTA/DTG/DSK, FTIS, SEM/EDS, XPS, HPLC ar UV-multistaru un refraktometrisko detektoru, EPR). Konstatēts, ka silīcija dioksīda polimērs veido nanoklasteru karkasu ar augstu kondensācijas pakāpi (apmēram 80%). Šie polisilīcija nanoklasteri sastāv no cikliskām struktūrām, kas saistītas ar skābekļa tiltniņiem, turklāt 60% silīcija polimēra ir iekļauti lignocelulozes matricā. Hibrīdu produktā saglabājas

vēl nozīmīgs Si-OH grupu daudzums, kas veido adsorbcijas un kompleksu veidošanās centrus. Neliels Si atomu daudzums piedalās kovalentu saišu veidošanā ar lignīnu, tajā pat laikā pamatā organiskie un neorganiskie hibrīda materiāla komponenti ir saistīti uz nekovalentu mijiedarbību (ūdeņraža saišu) rēķina. Atkarībā no hibrīda materiāla iegūšanas veida un organisko un neorganisko komponentu savstarpējās masu attiecības silīcija polimērs veido uz lignīna virsmas nanoklasterus (200–400 nm diametrā), kuri pie pietiekami liela neorganiskā komponenta daudzuma hibrīda materiāla sastāvā uz tā virsmas veido kserogēla plēvi. Izstrādātie sintēzes paņēmieni ļauj iegūt Si-lignīna materiālus ar nanoporainu struktūru un viendabīgu poru izmēru sadalījumu (galvenokārt mezoporas ar diametru ~2 nm) un atkarībā no matricas īpašībām un apstrādes režīmiem 3 līdz 10 reizes lielāku poraino virsmu nekā izejas lignīnam vai lignocelulozei. Silīciju saturošu klasteru ievadīšana lignocelulozes matricā devusi iespēju būtiski palielināt tās jonu apmaiņu īpašības un kompleksa veidošanas spēju ar  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  un  $\text{Fe}^{3+}$  katjoniem. Si-lignocelulozes ar attīstītu mikrovirsmu un lielāku adsorbcijas centru dažādību un hidrofobitāti spēj vienlaicīgi adsorbēt organiskos piesārņotājus un to noārdītājus – mikroorganismus. Si-saturošie bloki pastiprina lignīna ietekmi uz augsnes mikrofloru un palielina tā bioloģisko aktivitāti. Rezultātā piesārņotāja bionoārdīšanas process būtiski paātrinās. Tas ļauj rekomendēt sintezētus hibrīdu materiālus kā ekoloģiski drošus augsnes palīg līdzekļus efektīvai pesticīdu bionoārdīšanai/augšnes rekultivācijai. Silīciju nanoklasteru ieslēgšana lignīna matricā pozitīvi maina lignīna/lignocelulozes īpašības (sorbcijas aktivitāti, liofilitāti, antioksidējošo iedarbību, bioaktivitāti) un vienlaicīgi nodrošina augsnes bagātināšanu ar mobilu, augiem viegli pieejamu silīciju, kurš ir svarīgs augu ontogēzei un imunitātei, palielina ražu, uzlabo tās kvalitāti un par 50–90% palielina augu reprodukciju. Izmēģinājumi veikti ar dažādām lauksaimniecības augu kultūrām (graudaugiem, dārzeņiem, lopbarību) siltumnīcās un laukos, t.sk. sertificētos bioloģiskos laukos, kopā ar kolēģiem no LLU un LVMI „Silava”, kā arī no zemiņu saimniecībām un kokaudzētāvām.

Izmantojot Si-lignīnu kā matricu sintezētajos hibrīdos un biocīdu  $\text{Cu}^{2+}/\text{Mn}^{2+}$  katjonu kā „viesa” komponentu, iegūti jauni funkcionālie sorbenti ar sorbcijas un mikrobu sanācības īpašībām. Izmantojot kvaternizētus vai ar Si-modificētus lignīnus kā organiskus priekšgājējus, pirmo reizi sintezēti Kegina molibdosilikāta polianjonu  $[\text{SiMo}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$  saturoši hibrīda neorganiski-organiskie nanomateriāli, kam piemīt redoks-funkcionalitāte, tādējādi ļaujot izmantot jaunus produktus kā heterogēnus katalizatorus. Pētījumu rezultātā no koksnes mehāniskās, ķīmiskās un mikrobioloģiskās pārstrādes lignocelulozes

atkritumiem radīti jauni produkti, kas pielietojami lauksaimniecībā, rūpniecībā, mežsaimniecībā un vides aizsardzībā.

Ar mērķi iegūt augsti aktīvus oglekļa sorbentus no koksnes mehāniskās un ķīmiskās apstrādes atlikumiem izstrādāti koksnes termoķīmiskās aktivācijas tehnoloģijas pamati, par aktivatoriem izmantojot nātrija sāļus un nātrija hidroksīdu (grupas vadītāja – Dr.habil. G. Dobeļe) (Dobeļe, 2002; Dobeļe, Urbanovich 2007; Dobeļe et al., 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007a, 2007b, 2008). Parādīta iespēja iegūt efektīvus mikroporu sorbentus ar dažādu mikroporu tilpumu ( $370\text{--}950\text{ mm}^3\text{ g}^{-1}$ ) un augsti attīstītu kopējo poru virsmu ( $1200\text{--}3000\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ , pēc BET teorijas). Pierādīts, ka izejvielas iepriekšēja karbonizācija ķīmiskās aktivācijas procesā ar nātrija sāļiem ir efektīvs faktors sorbcijas regulēšanai, kā arī aktīvās ogles iznākuma palielināšanai un aktivatora daudzuma samazināšanai.

Originālā divkameru ablatīvā reaktorā realizēts koksnes ātrās pirolīzes process ( $500\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ , ilgums 5–10 sek). Parādīta iespēja iegūt pirolītisko eļļu (iznākums 60%) no lapu koksnes, izpētīts tās ķīmiskais sastāvs un siltumfizikālās īpašības. Noteiktas izejvielas žāvēšanas robežas, kas ļauj iegūt pirolītisko eļļu ar standartizētām īpašībām izmantošanai enerģētikā, kā šķidro kurināmo. Izstrādāta metodika pirolītisko eļļu sadalīšanai ūdenī šķīstošajā frakcijā (galvenokārt polisaharīdu destrukcijas produkti) un ūdenī nešķīstošajā frakcijā (pirolītiskais lignīns), kas satur vairāk nekā 70% fenola tipa produktus. Pierādīts, ka pirolītiskais lignīns ir perspektīvs dabas polimēru antioksidants, spējīgs konkurēt ar komerciāliem zemmolekulāriem antioksidantiem.

Lignīna ķīmijas laboratorijā izstrādāts jauns lignīnu ķīmiskās modifikācijas zinātniskais virziens par polikompleksu (interpolielektrolītu un interpolimēru) veidošanos uz šķīstošo lignīnu (lignosulfonātu, kraftlignīna, sulfātlignīna) bāzes ar dažādiem amino-, karboksil- un hidroksil-funkcionālās grupas saturošiem polimēriem un oligomēriem, kā arī ar termoreakcijas sveķiem (grupas vadītāja – Dr.habil. G. Šulga) (Belous, 2006; Shulga et al., 2001b, 2001c, 2002a, 2002b, 2005, 2006, 2007, 2008a, 2008b). Kompleksu veidošanās reakcijas notiek ūdens un ūdens-sāļu vidē, istabas temperatūrā, bez organisku šķīdinātāju klātbūtnes un dārgu katalizatoru un promotoru pielietošanas. Lignīnu polikompleksi ir videi draudzīgi, uguns un sprādziena droši augstmolekulāri savienojumi. Pētījumu gaitā konstatētas lignīnu polimēru kompleksu mērķtiecīgas kontroles un regulēšanas iespējas, variējot lignīnu funkcionālo sastāvu, to lādiņa blīvumu un molekulāro masu, kā arī interpolimēru reakciju apstākļus (polimēra modifikatora saturu, pH, temperatūru, jonu spēku

utt.). Pielietojot modernās instrumentālās pētīšanas metodes, ir noteiktas interpolielektrolītu reakciju likumsakarības, kā arī izveidojušos lignīnu starppolimēru produktu makromolekulārā un supermolekulārā struktūra un uzbūve. Pamatojoties uz noskaidrotajiem modifikācijas mehānismiem, iegūtajām likumsakarībām un noteikto lignīna polikompleksu mijiedarbības raksturu ar dažādām starpfāžu virsmām, izstrādāti jauni lignīnu polikompleksu kompozīcijas sastāvi ar regulējamām koloīdķīmiskajām īpašībām, to iegūšanas tehnoloģija un pielietošanas paņēmieni. Lignīnu polikompleksu uzbūves īpatnības ļauj imobilizēt to sastāvā mikroelementus, piemēram, daudzvērtīgo metālu jonus, kas nodrošina tiem biostimulējošu funkciju. Veiktie laboratorijas, modeļu un lauku izmēģinājumi liecināja, ka lignīnu polikompleksi ir efektīvi un ekonomiski izdevīgi, lai tos izmantotu kā augsnes uzlabotājus un kondicionētājus ūdens fizikālo un ķīmisko īpašību uzlabošanai vieglām un māla augsnēm, augsnes virsmas stabilizēšanai pret vēja un ūdens eroziju, ūdens novadkanālu nogāžu nostiprināšanai ar vienlaicīgu apzaļumošanu, drenāžas uzbūrumu stabilizēšanai, koksnes mulču apstrādei, operatīvai atputekļošanai.

Lignīnu polikompleksu izteiktās adhezīvās īpašības ļauj tos pielietot kā saistvielu siltuma un skaņu izolējošu būvplātņu iegūšanai, kuros par pildvielu var izmantot koksnes pārstrādes blakusproduktus, tajā skaitā skaidas, mizas, hidrolīzes lignīnu utt. Hidrofilu un hidrofobu fragmentu klātbūtnē lignīnu polikompleksu struktūrā nosaka to virsmas aktīvās īpašības uz ūdens-gaiss un šķīdums-šķīdums starpfāžu robežas, kas ļauj tos izmantot kā stabilizatorus „eļļa-ūdens” emulsijās.

Balstoties uz prof., Dr.habil. Ģ. Zaķa vadībā agrāk veikto fundamentālo pētījumu rezultātiem lignīna ķīmijā, atrasti jauni lignīnu saturošu produktu pielietošanas veidi, kas orientēti uz nākotni, kad Latvijā varētu izveidoties ar meža nozari saistīta ķīmiskā rūpniecība un lielos daudzumos būtu pieejami dažādi rūpnieciski atlikumprodukti – lignīni, celolignīni, mizas (Neiberte u.c., 2001; Zakis et al., 2006; Закис, Нейберте, 2000; Закис и др., 2006; Shulga et al., 2001a; Šāble u.c., 2007; Verovkins u.c., 2007, 2008a; Verovkins et al., 2008b). Pētījumi vērsti galvenokārt divos virzienos: 1) persulfāti lignīna ķīmijā, 2) lignīnu saturošu materiālu aminoatvasinājumu iegūšana reakcijā ar epoksiamīniem. Aktuāls pētījumu virziens ir jaunu, efektīvu, videi un cilvēkam nekaitīgu, hloru un tā savienojumus nesaturošu balinātāju meklējumi celulozes balināšanai. Apstrādes mērķis ir pēc iespējas kvantitatīvāka lignīna palieku aizvākšana no izvārtītās papīrmasas. Pētījumos noskaidrots, ka amonija persulfāts visdestruktīvāk uz lignīnu darbojas sērskābā vidē, veidojoties Karo skābei,

kura pēc Baiera-Viligera reakcijas mehānisma oksidē lignīnā demetoksilēšanās rezultātā izveidojušos karbonilsavienojumus. Noskaidrots, ka labākais reducētājs celulozes stabilizēšanai un papīra kvalitātes (baltuma un mehānisko īpašību) nodrošināšanai ir nātrijs borhidrīds. Metode piemērota ne tikai egles papīrmasai, bet arī apsei, un jo īpaši balttalksnim, dodot iespēju celulozes vārīšanā ar tiem aizvietot kvalitatīvāko bērza koksni. Izstrādāta jauna metode celulozes kvantitatīvai noteikšanai koksnē ar amonija persulfātu sērskābā vidē. Pētīta apses (*Populus tremula*) koksnes piemērotība sulfātcelulozes vārīšanai, raksturotas procesa atlikuma – kraftlignīna – īpašības. Noskaidrots Latvijas saldā ķirša (*Prunus avium*) ķīmiskais komponentsastāvs un funkcionālais raksturojums. Risināti jautājumi par Latvijas baltalkšņa (*Alnus incana*) kokapstrādes (koksnes skaidu, mizu) un potenciālās ķīmiskās pārstrādes atlikumu (lignīna, celolignīna, lignocelulozes) izmantošanu jaunu produktu radīšanai. Šo atlikumproduktu galvenā sastāvdaļa ir lignīns, tādēļ modificēšanai izmantotas lignīna modificēšanas reakcijas. Izmantojot fenolu reaģētspēju ar epoksisavienojumiem, tai skaitā epoksiamīniem, izstrādātas metodikas smago metālu sorbentu ieguvei, kas rekomendēti rūpniecisko vai komunālo ūdeņu attīrīšanai. Nolūkā rast pielietojumu jaunu produktu ieguvei pētīts priedes, egles, apses, baltalkšņa un melnalkšņa mizu ķīmiskais sastāvs. Mizas ir bagātas ar ekstraktvielām. Latvijas melnalkšņa (*Alnus glutinosa*) miza satur līdz 22.8% miecvielu, tādēļ rekomendēta to rūpnieciska iegūšana. Analītiskiem mērķiem izstrādāta metodika lignīna noteikšanai mizās. Turklāt mizas var izmantot daudzveidīgām modifikācijas reakcijām ar slāpekļa ievadīšanas funkciju, rodot tām plašāku pielietojumu.

**Polisaharīdu laboratorijas** (vadītājs – Dr.habil. N. Vedernikovs) galvenais pētījumu virziens jau vairākus gadus ir teorētisku pamatu izstrādāšana etiķskābes iegūšanai no alkšņa koksnes un no bērza koksnes lēveriem (Gravitis et al., 2004; Vedernikov, 2003, 2007; Vedernikovs et al., 2004, 2008a, 2008 b). Etiķskābes patēriņš pasaulē palielinājies no 6.7 milj. t 2002. gadā līdz 8.2 milj. t 2008. gadā un turpina palielināties par apmēram 3.4% gadā. Pirms dažiem gadiem etiķskābi ražoja no etanola, bet tagad aptuveni 75% industriāli izmantojamās etiķskābes ražo ar metanola karbonilēšanas metodi. Sakarā ar naftas cenas palielināšanos var prognozēt, ka etiķskābi vajadzēs ražot no biomasas. Tāpēc šis pētījumu virziens ir ļoti aktuāls. Lai realizētu jaunās tehnoloģiskās idejas, kas aprakstītas Latvijas patentos LV11950 un LV12131, bija nepieciešams izpētīt etiķskābes veidošanās dinamiku, kinētiku un iznākuma izmaiņas atkarībā no hemiceluložu deacetilēšanās procesa galvenajiem parametriem.

Eksperimentālie pētījumi veikti, izmantojot oriģinālo pilotiekārtu ar galvenā reaktora tilpumu 2 litri un maksimāli atļauto tvaika spiedienu 1.2 MPa. Kā katalizatoru izmanto sērskābi. Izpētītas katalizatora daudzuma, temperatūras, procesa ilguma un tvaika ātruma reakcijas zonā ietekme uz hemiceluložu deacetilēšanas procesu.

Etiķskābes veidošanās procesa kinētikas pētījumi parādīja, ka hemiceluložu virsmolekulārā struktūra, heterogēnā vide un atšķirība acetilgrupu saitēs hemiceluložu makromolekulās ļoti spēcīgi ietekmē deacetilēšanās procesa ātrumu. Tāpēc etiķskābes veidošanās ātruma konstantes nepaliek nemainīgas procesa laikā, bet samazinās pie visiem procesa parametriem. Pētot tvaika ātruma ietekmi uz hemiceluložu deacetilēšanās procesu, parādīts, ka optimālais tvaika ātrums reakcijas zonā ir 0.12 m s<sup>-1</sup>. Pie tāda tvaika ātruma un 60 min. ilga procesa etiķskābes iznākums ir 83.6% no teorētiski iespējamā. Hemiceluložu deacetilēšanās procesu rezultātu analīzei izmantojot pilno 3 faktoru eksperimentu 2<sup>3</sup> tipa plānu, iegūts etiķskābes iegūšanas procesa lineārais regresijas vienādojums un izrēķināts maksimālais etiķskābes iznākums (98.27% no teorētiski iespējamā). Pie optimāliem hemiceluložu deacetilēšanās procesa parametriem etiķskābes iznākums ir 95.3% no teorētiski iespējamā. Iegūtie rezultāti ļauj izstrādāt optimālus tehnoloģiskus procesus ne tikai etiķskābes, bet arī furfurola, mikroporainu oglekļa sorbentu un citu produktu iegūšanai no mazvērtīgas lapkoku koksnes un no kokapstrādes atliekām.

**Polimēru laboratorijas** (vadītājs – Dr.habil. U. Stirna) fundamentālie un lietišķie pētījumi (Lazdina, Apsite, 2002; Lazdina et al., 2004, 2006; Stirna et al., 2001, 2002a, 2002b, 2003, 2006a, 2006b, 2008a, 2008b; Yakushin et al., 2002) vērsti divos virzienos.

Pirmais virziens – cieto putu poliuretānu (PPU) ieguve no atjaunojamiem izejvielu resursiem (talleļļa, dažādas augu eļļas, piemēram, Latvijā ražotā rapšu eļļa, zivju eļļas atliekumi). No iepriekš minētajām izejvielām sintezēti polioli, kas ir vieni no galvenajiem komponentiem PPU ieguvei. Veikti pētījumi par sintezēto polioli struktūru un iegūto putuplastu fizikālajām un mehāniskajām īpašībām. Izstrādātas komerciālas PPU kompozīcijas, kuras ir konkurētspējīgas ar konvenciāliem PPU un neatpaliek no to fizikālajām un mehāniskajām īpašībām. Iegūtajiem PPU ir ļoti zema ūdens uzsūktspēja, un šos putuplastus var rekomendēt kā siltumizolācijas materiālus objektiem zem klajas debess, piemēram, jumtu, cisternu un dažādu industriālo būvkonstrukciju siltināšanai. Pamatojoties uz pētījumu rezultātiem, izstrādātas un Krievijas uzņēmumam Huntsman-NMG 2007. gadā pārdotas tehnoloģijas: polioli sintēze no saulespuķu eļļas; uzglabāšanā

stabilau poliolu sistēmu ražošana (poliols, uzputošanas aģents, katalītiskā sistēma, antipirēns, virsmas aktīvā viela); PPU uzsmidzināšanas tehnoloģijas no iepriekš minētajām poliolu sistēmām. Liels pētījumu cikls veikts par uretāna klases polimēru, tajā skaitā no atjaunojamām izejvielām iegūto, bioloģisko un hidrolītisko noārdīšanos. Laboratorija veic pētījumus ES 7. Ietvara programmas FORBIOPLAST ietvaros par PPU iegūvi no talleļļas (2008–2012) (projekta vadītājs – Dr. U. Cābulis).

Otrais virziens – poliuretānu klases jaunas paaudzes kriogēnās siltumizolācijas materiālu izstrādne raķetes „Ariane 5” jaunajiem modeļiem. Šie 2004. gadā uzsāktie darbi tiek veikti kontrakta ietvaros ar ASTRIUM GmbH (Vācija, Brēmene). Jaunie kriogēnās izolācijas materiāli paredzēti tvertnēm, kurās iepilda raķešu degvielu – sašķidrinātu ūdeņradi. Problēmas būtība šādu materiālu izstrādne slēpjas tajā apstākļi, ka, iepildot tvertnē sašķidrinātu ūdeņradi, kriogēnās izolācijas materiāls tiek pakļauts lieliem termiskiem spriegumiem, kuri var sagraut izolāciju. Pētījumi šajā jomā saistīti ar speciālu PPU kompozīciju izstrādni un iegūto materiālu mehānisko īpašību testēšanu gan telpas temperatūrā, gan -196 °C. Tiek novērtētas arī šādu materiālu „kriogēnās piesūkšanas” radītie efekti, spēja pretoties lielām siltuma plūsmām utt. Tiek izstrādāti tehnoloģiskie risinājumi šādu materiālu uzklāšanai uz degvielas tvertnēm ar PPU uzsmidzināšanas paņēmieni. Iegūta pieredze šajā jomā ir „liels intelektuāls kapitāls”, jo netālā nākotnē enerģētika lielā mērā būs saistīta ar ekoloģiski tīriem enerģijas avotiem, un viens no tādiem ir sašķidrināts ūdeņradis.

Ieejot jaunajā gadsimtā, **Tehnoloģisko pētījumu daļā** (vadītājs – Dr. J. Zandersons) tika turpināts pilnveidot jau deviņdesmito gadu beigās izstrādāto kokogļu ražošanas tehnoloģiju, kura no iepriekšējās pozitīvi atšķiras ar to, ka koksni pārogle ārējās apsildes retortēs, izmantojot apsildei koksnes pirolīzes gaistošo produktu sadedzināšanas dūmgāzes (Rizhikovs et al., 2006; Zandersons u.c., 2008; Zandersons et al., 2004, 2006; Zhurinsk et al., 2005). Tehnoloģija ir enerģētiski autonoma, tai nav noteikumu un kaitīgu izmešu. Tās tālāka pilnveidošana bija saistīta ar izberamo vertikālo retoršu daļēju aizvietošanu ar izceļamām retortēm. Siltumnesēja ģenerēšanai tehnoloģiski racionālāk izrādījās šādas retortes apvienot 8 retoršu blokā ap kurtuvi, jo koksnes sagarumošana klucēnos vairs nebija nepieciešama, un retoršu apsilde pa to augstumu ir vienmērīga. Vienas tonnas preču gabalkokogļu ražošanai tagad patērē no 7 līdz 10 m<sup>3</sup> bērza vai baltalkšņa koksnes. Procesa maksimālā temperatūra ir 500–530 °C, ogļu iznākums – 28–30% no absolūti sausas koksnes masas, un tās atbilst visām eksportogļu prasībām. Lielākā daļa no Latvijā saražotajiem 10–12 tūkstošiem tonnu eksporta ogļu izgatavotas pēc LV KĶI tehnoloģijas.

Ar koksnes un biomasas pirolīzi saistīti arī darbi par oglekļa materiālu un aktivēto ogļu iegūšanas tehnoloģiju izstrādi un arī videi kaitīgo koksnes atlieku utilizāciju. Tāds ir ES 5. Ietvarprogrammas uzdevumā veiktais darbs par antiseptizētas koksnes izmantošanu enerģētiskā kopā ar fosilo kurināmo. Pētīta iespēja atbrīvoties no varu-hromu-arsēnu saturošiem antiseptiķiem un izstrādāts priekšlikums dzelzceļa gulšņu pāroglešanai pirms to sadedzināšanas termoelektrostacijā. Sadarbībā ar ANO Universitātes Prioritāro pētījumu institūtu realizēts pētījums par oglekli saturošu materiālu iegūšanu no lauksaimniecības un mežsaimniecības blakusproduktiem. Šādi materiāli varētu rast pielietojumu celtniecībā un aparātūvē kā siltuma izolatori un elektromagnētiskos viļņus ekranējoši materiāli, un arī kā izejviela blīvu un mehāniski stipru granulētu aktivēto ogļu ražošanai.

Aktivēto ogļu kapacitāti raksturo ar to sorbcijas laukumu tilpuma vienībā vai adsorbēto vielu masu. Tādēļ vēlamas blīvas, mehāniski stipras granulētas ogles, jo zināmā tilpumā iepildīta sorbenta masa ir proporcionāla to sorbcijai. Koksne un arī cita biomasas ar savuporaino struktūru ir ideāla izejviela aktivēto ogļu ražošanai, bet ogļu mehāniskās īpašības un blīvums nav piemērots modernajām ražošanas prasībām. Sadarbībā ar Polisaharīdu ķīmijas laboratoriju konstatēts, ka mehāniski stipras sīkporainas aktivētās ogles var pagatavot no lignocelulozes pārpalikuma pēc furfuroļa un etiķskābes iegūšanas un aptuveni 50% lignocelulozes sadedzināšanas ražošanas tvaika patēriņa segšanai. Granulēto aktivēto ogļu iznākums no lignocelulozes ir 25–30%, bet pēc BET teorijas aprēķināta poru virsma pārsniedz 1000 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

Atsaucoties uz problēmām, kuras rada kancerogēno aromātisko policiklisko ogļūdeņražu, piemēram, benz(a)pirēna, klātbūtne kūpināšanas dūmos, ERAF līgumdarba ietvaros pētīta iespēja šo kaitīgo ietekmi novērst, izstrādājot kūpināšanas šķidrumu tehnoloģiju bez kaitīgo vielu piemaisījuma. Radīti šādas tehnoloģijas pamati un pilotiekārtā iegūti kūpināšanas šķidrumu pirmie paraugi.

Atjaunojamo resursu pilnvērtīgas izmantošanas būtisks nosacījums ir koksnes ķīmiskās izmantošanas paplašināšana. Blakus celulozes un papīra rūpniecības virzienam jāpievēršas koksnei kā ķīmiskās rūpniecības izejvielai. Tādēļ uzsākti pētījumi par celulozes un lignīna destrukciju ātrās pirolīzes procesā, izmantojot dažādus siltumnesējus. Mūsu mērķis tuvākajā nākotnē ir izstrādāt tehnoloģiju cukuru anhidrīdu un to atvasinājumu iegūšanai no lignocelulozes un celulozes (levoglukoziāns, levoglukozenons), jo šajā virzienā LV KĶI laboratorijas apstākļos jau gūti labi rezultāti. Savukārt kā tālāks mērķis, paralēli šīm organiskās ķīmijas izejvielām, ir iegūt reakcijas spējīgu pirolītisko lignīnu vai fenolus apvienotā procesā.

## Literatūra

1. Andersons, B. (2006) Novel agents for improvement of wood durability. *Latvian Journal of Chemistry*, 2, 103-114.
2. Balode, V., Alksne, A., Dolacis, J., Hrols, J. (2002) Anatomical structure of wood of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in forests of Western Latvia. *Proceedings of the 4th IUFRO Symposium "Wood structure and properties '02", 1-3 September 2003*. Bystrá, Technical University in Zvolen, 29-32.
3. Belkova, L., Grinfeld, U., Treimanis, A. (2008) Structural changes in wood pulp fibres during the destruction process. *10th European Workshop on Lignocellulosic and Pulp (EWLP 2008), 25-28 August 2008*. Proceedings. Stockholm, Sweden, 258-261.
4. Belkova, L., Hrols, J. (2000) Cellulose production by explosion nitric acid delignification. *Proceedings of European Workshop on Lignocellulosics and Pulps*. Bordo, 197-200.
5. Belkova, L., Hrols, J. (2001) Persistence of wood cell wall structure following oxydative treatments. *Proceedings of 15 Symposium Adhesives in Woodworking Industry*. Zvolen, 245-247.
6. Belkova, L., Hrols, J. (2003) Defectiveness of multilevel structures of natural polysaccharides–lignin composition in aging process. *Proceedings of Baltic Polymer Symposium, September 17-19*. Jurmala, Latvia, 208-211.
7. Belkova, L., Hrols, J. (2004) Comparative analysis of the properties of printing papers, produced in the first half of the 20th century. *Eight European Workshop on Lignocellulosics and Pulp (EWLP 2004), August 22-25, 2004*. Proceedings. Riga, Latvia, 489-492.
8. Belkova, L., Kalnina, R. (2008) Investigation of conditions for papers of the first books printed in the Latvian language. 8. *Baltijas valstu Trienāle „Preservation and Conservation in 21st century”*, p. 160.
9. Belous, O., Ambrazaitene, D., Žukauskaite, A., Shulga, G. (2006) Utilization of lignin waste for preventing soil erosion. *Environmental Research, Engineering and Management*, 1(35), 43-51.
10. Bikova, T., Belkova, L., Treimanis, A. (2005) Alkali-resistant chromophores in kraft pulp xylan. *Journal of Pulp and Paper Science*, 31, 193-196.
11. Bikova, T., Klevinska, V., Treimanis, A. (2000) Monitoring of lignin and hemicelluloses in spent cooking liquor during kraft delignification. *Holzforschung*, 54, 66-70.
12. Bikova, T., Treimanis, A. (2002) Solubility and molecular weight of hemicelluloses from *Alnus incana* and *Alnus glutinosa*. Effect of tree age. *Plant Physiology Biochemistry*, 40, 347-353.
13. Bikova, T., Treimanis, A. (2004) UV-absorbance of oxidized xylan and monocarboxyl cellulose in alkaline solutions. *Carbohydrate Polymers*, 55, 315-322.
14. Bikova, T., Treimanis, A., Eisimonte, M., Klevinska, V. (2003) Relationship between the alkali solubility of hemicelluloses and lignin from unbleached hardwood kraft pulp and pulp bleachability. *Journal of Pulp and Paper Science*, 29, 208-212.
15. Bikovens, O., Muter, O., Dizhbite, T., Telysheva, G. (2008) Antimicrobial and antioxidant activity of extracts and lignins of sub-boreal forest trees. *Polyphenols Communications*, Vol. 1, 365-367.
16. Chirkova, J., Andersons, B., Andersone, I. (2000) On the specific mass of the cellulose–water system. *Cellulosic Pulps, Fibres and Materials*. Kennedy, J.F. (ed.) Woodhead Publishing, Cambridge, 45-51.
17. Chirkova, J., Andersons, B., Andersone, I. (2004) Determination of standard isotherms of some vapours sorption by cellulose. *Journal of Colloid Interface Science*, 276, 284-289.
18. Dauge, K., Treimanis, A., Budreiko, A. (2007) Management of wood residues and recovered wood in Latvia. *Management of recovered wood*. Klagenfurt, Austria, 229-236.
19. Dizhbite, T., Mironova-Ulmane, N., Volperts, A., Andersone, A., Jashina, L., Kärner, T., Telysheva, G. (2007) Elaboration and characterization of organic/inorganic hybridnanoporous material incorporating Keggin-type Mo-Si polyanions. *Journal of Physics, Conference Series*, 93, article 012011, 1-6.
20. Dizhbite, T., Telysheva, G., Jurkjane, V., Viesturs, U. (2004a) Characterization of the radical scavenging activity of lignins – natural antioxidants. *Bioresource Tehnology*, 95, 309-317.
21. Dizhbite, T., Telysheva, G., Skujina, A., Danil de Namor, A.F. (2004b) Lignocellulosic-based products for enhancing mineralization of pesticide 2,4-D by soil-indigenous microflora. *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*. Hall, D.O., Grassi, G., Scheer, H. (eds.) Ponte Press, Brussell-Luxemberg, 2033-2036.
22. Dobele, G. (2002) Production, properties and use of wood pyrolysis oil – a brief review of the work carried out at research and production centres of the former USSR from 1960 to 1990. *Fast Pyrolysis of Biomass:*

- A Handbook*. Bridgewater, A.V. (ed.) CPL Press, 147-204.
23. Dobele, G., Dizhbite, T., Rossinskaya, G., Telysheva, G., Meier, D., Radtke, S., Faix, O. (2003) Fast pyrolysis: a promising method for obtaining 1,6-anhydrosaccharides. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 68-69, 197-211.
  24. Dobele, G., Dizhbite, T., Urbanovich, I., Ponomarenko, J., Telysheva, G., Kampars, V. (2008) Products of fast pyrolysis of wood and their properties. *Eighth European Workshop on Lignocellulosics and Pulp (EWLP 2004), August 22-25, 2004*. Proceedings. Riga, Latvia, 364-368.
  25. Dobele, G., Meier, D., Faix, O., Radtke, S., Rossinskaya, G., Telysheva, G. (2001) Volatile products of catalytic fast pyrolysis of cellulose. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 58-59, 453-463.
  26. Dobele, G., Rossinskaya, G., Dizhbite, T., Telysheva, G., Meier, D., Faix, O. (2005) Application of catalysts for obtaining 1,6-anhydrosaccharides from cellulose and wood by fast pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 74, 401-405.
  27. Dobele, G., Rossinskaya, G., Telysheva, G., Meier, D., Faix, O. (2004) Potentials of fast pyrolysis for producing 1,6-anhydrosaccharides. *Eighth European Workshop on Lignocellulosics and Pulp (EWLP 2004), August 22-25, 2004*. Proceedings. Riga, Latvia, 537-540.
  28. Dobele, G., Telysheva, G., Bogdanovich, N. (2006) Thermochemical activation of lignins for obtaining effective sorbents. *Combined and Hybrid Adsorbents. Fundamentals and Application*. Loureiro, J. (ed.) Springer, Netherlands, 339-344.
  29. Dobele, G., Urbanovich, I. (2007) Ātrā pirolīze. *Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana*. Vides projekti, 159-163.
  30. Dobele, G., Urbanovich, I., Volpert, A., Kampars, V., Samulis, E. (2007a) Fast Pyrolysis – effect of wood drying on the yield and properties of bio-oil. *BioResources*, 2, 699-706.
  31. Dobele, G., Urbanovich, I., Zhurins, A., Kampars, V., Meier, D. (2007b) Application of analytical pyrolysis for wood fire protection control. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79, 47-51.
  32. Dolacis, J. (2008) Koksnes fizika, koksnes morfoloģija, koksnes aizsardzība, koksnes vainas, kokapstrāde, mēbeļrūpniecība, mežrūpniecība. *Zinātnes un tehnoloģijas vārdnīca*. 2. izd. Norden AB, Rīga, 754 lpp.
  33. Dolacis, J., Telysheva, G., Engelbrecht, A., Arshanica, A., Dizhbite, T., Hrol, J., Antons, A., Gerdt, O. (2007) Energy-saving methods for drying of dispersed biomass in a pulsing gas stream. *Proceedings of the 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11 May 2007*. Berlin, Germany, 332-336.
  34. Druz, N., Andersone, I., Andersons, B. (2001) Interaction of copper-containing preservatives with wood. 1. Mechanism of the interaction of copper with cellulose. *Holzforchung*, 55, 13-15.
  35. *Eighth European Workshop on Lignocellulosics and Pulp (EWLP 2004). Proceedings. Utilization of Lignocellulosics and By-products of Pulping. August 22-25, 2004, Riga, Latvia*. (2004) Latvian State Institute of Wood Chemistry, Riga, 562 pp.
  36. Gravitis, J. (2006) Nano level structures in wood cell wall composites. *Cellulose Chemistry and Technology Review*, 40, 291-298.
  37. Gravitis, J. (2007) Zero techniques and systems – ZETS strength and weakness. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1190-1197.
  38. Gravitis, J., Della Senta, T. (2001) Global prospects of substituting oil by biomass. *World Forests, Markets and Policies*, 2. Matti Palo et al. (ed.) Kluwer Academic Publishers, 43-59.
  39. Gravitis, J., Vedernikov, N., Zandersons, J., Kokorevics, A. (2001) Furfural and levoglucosan production from deciduous wood and agricultural wastes. *ACS volume*, 9, 110-122.
  40. Gravitis, J., Zandersons, J., Ozols-Kalnins, V., Kokorevics, A. (2003) How can Baltic countries resources be oriented towards sustainability? *Integrative Approaches towards Sustainability. Baltic Sea Region Taking the Lead*. Jūrmala, Latvia, 48-59.
  41. Gravitis, J., Zandersons, J., Vedernikov, N., Kruma, I., Ozols-Kalnins, V. (2004) Clustering of bio-products technologies for Zero emissions and eco-efficiency. *Industrial Crops and Products*, 20, 169-180.
  42. *International Conference "Biodeterioration of Wood and Wood Products" BWWP 2007. August 26-29, 2007, Riga, Latvia. Abstract Book*. (2007) Latvian State Institute of Wood Chemistry, Riga, 52 pp.
  43. Irbe, I. (2008) *Koksnes brūnā trupe: Bazīdijsēnes un to destruktīvā iedarbība uz lignocellulozi*. Promocijas darbs. Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Latvijas Universitāte, Rīga, 119 lpp.
  44. Irbe, I., Andersone, I., Andersons, B. (2001a) Distribution of the true dry rot fungus *Serpula lacrymans* in Latvia. *Folia Cryptographia Estonica*, 38, 9-12.
  45. Irbe, I., Andersone, I., Andersons, B., Chirkova, J. (2001b) Use of <sup>13</sup>C NMR, sorption and chemical analyses for characteristics of brown-rotted



- Scots pine. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 47, 37-45.
46. Irbe, I., Andersons, B., Chirkova, J., Kallavus, U., Faix, O. (2006a) On the changes of pinewood (*Pinus sylvestris*) chemical composition and ultrastructure during the attack by brown-rot fungi *Postia placenta* and *Coniophora puteana*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 57, pp. 99-106.
  47. Irbe, I., Noldt, G., Koch, G., Andersone, I., Andersons, B. (2006b) Application of scanning UV microspectrophotometry for the topochemical detection of lignin in individual cell wall layers of brown rotted Scots pine sapwood. *Holzforschung*, 60, 601-607.
  48. Jakobsons, E., Laka, M., Chernyavskaya, S. (2007) Rheological properties of microcrystalline chitosan gels. *Mechanics of Composite Materials*, 43, 259-268.
  49. Karadelev, M., Irbe, I., Andersons, B. (2005) Biological damage of cultural monuments in the Republic of Macedonia. *Mycologia Montenegrina*, 7, 65-76.
  50. Laka, M., Chernyavskaya, S. (2007) Obtaining of microcrystalline cellulose from softwood and hardwood pulp. *BioResources*, 2, 583-589.
  51. Laka, M., Chernyavskaya, S., Faitelson, L., Jakobsons, E. (2003a) Effect of electrolytes on therheological properties of microcrystalline cellulose gels. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, 8, 265-269.
  52. Laka, M., Chernyavskaya, S., Maskavs, M. (2003b) Cellulose-containing fillers for polymer composites. *Mechanics of Composite Materials*, 2, 183-188.
  53. Laka, M., Chernyavskaya, S., Treimanis, A., Faitelson, L. (2000) Preparation and properties of microcrystalline cellulose gels. *Cellulose Chemistry and Technology*, 34, 217-227.
  54. Lazdina, B., Apsite, B. (2002) Degradable polyurethane hydrogels for controlled drug release. *Latvian Journal of Chemistry*, 2-3, 205-211.
  55. Lazdina, B., Stirna, U., Tupureina, V., Dzene, A., Sevastyanova, I. (2006) Synthesis and properties of poly(ester urethanes) based on cellulose triacetate. *Polymer Science, Ser. A*, 48, 347-352.
  56. Lazdina, B. O., Stirna, U. K., Tupureina, V. V., Sevastyanova, I. V., Dzene, A. V. (2004) Synthesis and biodegradation of poly(ester urethanes) based on levoglucosan monoacetate. *Polymer Science, Ser. A*, 46, 411-416.
  57. Meier, D., Andersons, B., Irbe, I., Tshirkova, J., Faix, O. (2001) Preliminary study on fungicide and sorption effects of fast pyrolysis liquids used as wood preservative. *Progress in Thermochemical Biomass Conversion*. Bridgwater, A.V. (ed.) Blackwell Science, 1550-1563.
  58. Neiberte, B., Zaķis, Ģ., Čipnīte, V., Grigiškis, S. (2001) Aminolignīni kā aktīvi smagi metālu jonu sorbenti. *Latvijas Ķīmijas Žurnāls*, 1, 68-70.
  59. Ozols, A., Treimanis, A., Andersons, B. (2007) Mežzinātne: ilgtspēja, jauni produkti un tehnoloģijas. *Zinātne, pētniecība un inovācija Latvijas izaugsmei. Zinātniski pētnieciski raksti*, 3(14), 99-108.
  60. Pavlovičs, G., Dolacis, J., Alksne, A., Cīrule, D., Hrols, J., Daugaviete, M., Blaho, J. (2007) Saldā ķirša (*Prunus avium* L.) koksnes anatomisko un fizikāli-mehānisko īpašību pētījumi. *LLU Raksti*, 18(313), 77-80.
  61. *Proceedings of the 4th meeting of the Nordic Baltic Network in Wood Materials Science & Engineering (WSE). November 13-14, 2008, Riga, Latvia.* (2008) Andersons, B., Tuherm, H. (eds.) Riga, Latvian State Institute of Wood Chemistry, 132 pp.
  62. Rīzhikovs, J., Zandersons, J., Puke, M., Vedernikovs, N., Dobeļe, G., Tardenaka, A., Spince, B. (2006) Granular activated carbon from deciduous wood lignocellulose. *Combined and Hybrid Adsorbents*. Loureiro, J.M., Kartel, M.T. (eds.) Springer Verlag, 187-193.
  63. Šulga, G., Betkers, T., Brovkina, J., Aniskevicha, O., Ozolins, J. (2008a) Relationship between composition of the lignin-based interpolymer complex and its structuring ability. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7, 397-400.
  64. Šulga, G., Betkers, T., Brovkina, J., Neiberte, B., Verovkins, A., Belous, O., Ambrazaitene, D., Žukauskaite, A. (2008b) New lignin-based polymers for ecological rehabilitation. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 486, 1333-1347.
  65. Šulga, G., Betkers, T., Klyavinsh, J. (2002a) Application of a triple interpolymer complex based on a wood polymer in manufacture of lignocellulosic composites. *Materials Science*, 9, 83-87.
  66. Šulga, G., Betkers, T., Shakels, V., Neiberte, B., Verovkins, A., Brovkina, J., Belous, O., Ambrazaitene, D., Žukauskaite, A. (2007) Effect of the modification of lignocellulosic materials with a lignin-polymer complex on their mulching properties. *BioResources*, 2, 572-582.
  67. Šulga, G., Kalyuzhnaya, R., Zezin, A., Kabanov, V. (2002b) Effect of the molecular mass of lignosulphonate on the interaction with polymeric cation in dilute aqueous solutions and the properties of products formed. *Cellulose Chemistry and Technology*, 36, 225-241.

68. Shulga, G., Reknors, F., Varslavans J. (2001b) Lignin-based interpolymer complexes as a novel adhesive for protection against erosion of sand soil. *Journal of Agricultural Research Engineering*, 78, 3, 309-316.
69. Shulga, G., Shakels, V., Aniskevicha, O., Bikova, T., Treimanis, A. (2006) Effect of alkaline modification on viscometric and surface-active properties of soluble lignin. *Cellulose Chemistry and Technology*, 40, 383-392.
70. Shulga, G., Solodovniks, P., Shakels, V. (2005) Some features of the flow behaviour of lignin-containing aqueous blends. *Cellulose Chemistry and Technology*, 39, 563-572.
71. Shulga, G., Strautina, V., Shulga, M. (2001c) Correlation between the adsorption ability of lignin-based interpolymer complexes and water stability of the formed soil aggregates. *Physical Methods in Agriculture: Approach to Precision and Quality*. Blahovec, J. & Libra, M. (eds) Czech University of Agriculture, Prague, 292-296.
72. Shulga, G., Zakis, G., Neiberte, B., Gravitis, J. (2001a) Synthesis and properties of novel polyelectrolyte on the basis of wood polymers. *Recent Advances in Environmentally Compatible Polymers*. Kennedy, J., Phillips, G., Williams P. (eds) Woodhead Publishing, Cambridge, 123-128.
73. Skele, K., Belkova, L., Alksne, A., Cirule, D., Hrol, J. (2001) Correlation between the structure and physical properties of pine (*Pinus sylvestris* L.) wood in Latvia. *Proc. Interaction Between Cell Wall Components*. Uppsala, p. 47.
74. Stirna, U., Cabulis, U., Beverte, I. (2008a) Water-blown polyisocyanurate foams from vegetable oil polyols. *Journal of Cellular Plastics*, 44(2), 139-161.
75. Stirna, U., Misāne, M., Zeltiņš, V. (2008b) Latvijas patents LV13692. Kompozīcijas un paņēmieni poliuretāna vai poliizocianurāta putuplastu ieguvei no augu eļļu polioliem. *Patenti un preču zīmes*, No. 4, 396. lpp.
76. Stirna, U., Sevastyanova, I., Misane, M., Cabulis, U., Beverte, I. (2006a) Structure and properties of polyurethane foams obtained from rapeseed oil polyols. *Proceedings of Estonia Academy of Sciences*, 55/2, 101-110.
77. Stirna, U.K., Tupureina, V.V., Misane, M.M., Dzene, A.V., Sevastyanova, I.V. (2002a) The effect of location of side chains in segmented poly(ester urethanes) on their hydrolytic and enzymatic degradation. *Polymer Science, Ser. A*, 44, 510-517.
78. Stirna, U.K., Tupureina, V.V., Sevastyanova, I.V., Dzene, A.V., Misane, M.M. (2002b) Synthesis and characterization of biodegradable segmented poly(ester urethanes) derived from poly(caprolactone diols) and poly(DL-lactide diols). *Polymer Science, Ser. A*, 44, 2069-2078.
79. Stirna, U.K., Tupureina, V.V., Sevastyanova, I.V., Dzene, A.V., Misane, M.M. (2006b) Synthesis and properties of hydrophilic segmented polyurethanes based on poly(ethylene glycols) and glyceromonostearate. *Polymer Science, Ser. A*, 48, 390-396.
80. Stirna, U.K., Tupureina, V.V., Sevastyanova, I.V., Dzene, A.V., Misane, M.M., Vilsone, D.M. (2003) Synthesis, structure and properties of poly(ester urethanes) based on glycerol monostearate. *Polymer Science, Ser. A*, 45, 765-772.
81. Stirna, U.K., Tupureina, V.V., Yakushin, V.A., Dzene, A.V., Shits, I.V. (2001) Role of side chains on structure and properties of segmented poly(ester urethanes). *Polymer Science, Ser. A*, 43, 26-32.
82. Šāble, I., Zaķis, Ģ., Neiberte, B., Verovkins, A. (2007) Ekstraktvielas Latvijas melnalkšņa (*Alnus glutinosa*) mizā. *Latvijas Ķīmijas Žurnāls*, 3, 274-278.
83. Telysheva, G., Dizhbite, T., Evtuguin, D., Mironova-Ulmane, N., Lebedeva, G., Andersone, A., Bikovens, O., Belkova, L. (2009) Design of siliceous lignins – novel organic/inorganic hybrid sorbent materials. *Scripta materialia*, 60, 687-690.
84. Telysheva, G., Dizhbite, T., Lebedeva, G., Rossinskaya, G., Jurkjane, V., Treikale, O., Viesturs, U., Daugavietis, M. (2002) Lignin-based soil amendment stimulating phytoremediation. *Acta Biotechnologica*, 22, 167-173.
85. Telysheva, G., Dizhbite, T., Lebedeva, G., Zaimenko, N., Popovs, S. (2006) Regulation of lignocellulose materials sorption properties by modification for environmental application. *Combined and Hybrid Adsorbents. Fundamentals and Applications*. Loureiro, J.M. (ed.) Springer, Netherlands, 271-276.
86. Telysheva, G., Dizhbite, T., Paegle, E., Volperts, A., Shapatin, A., Demidov, I. (2001) Surface active properties of hydrophobized derivatives of lignosulphonates. Effect of structure of organo-silicon modifier. *Journal of Applied Polymer Science*, 82, 1013-1020.
87. Telysheva, G., Dobeļe, G., Meier, G., Dizhbite, T., Rossinska, G., Jurkjane, V. (2007) Characterization of transformations of lignocellulosic structures upon degradation in planted soil. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79, 52-60.
88. Telysheva, G., Lebedeva, G., Dizhbite, T., Zaimenko, N., Ammosova, J., Viesturs, U. (2000) The use of silicon-containing products for in-situ soil bioremediation.

- Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils, Section II-3 – Soil Specific Bioremediation Techniques.* Marcel Dekker (ed.), New York-Basel, 699-727.
89. Treimanis, A. (2006) Advanced traditional methods of analysis of fibre surface layers – a powerful tool in research of lignocellulosics. *La Chimica e l'Industria*, 88, 72-75.
  90. Treimanis, A., Grinfelds, U., Skute, M. (2003) The impact of different forest growth conditions on the composition and properties of the pinewood for pulping. *Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper.* Slovak University of Technology, Bratislava, 282-286.
  91. Treimanis, A., Maloney, A. T., Klevinska, V., Eismonte, M., Paulapuro, H. (2000) The swelling behaviour of spruce wood cell walls during kraft pulping. *Lenzinger Berichte*, 79, 137-142.
  92. Treimanis, A., Potthast, A., Henniges, U., Rosenau, T., Grinfelds, U., Bikova, T., Skute, M. (2008) Analysis of surface layers of mechanically peeled eucalyptuskraft pulp fibres. *Papiripar*, 6, p. 4.
  93. Vedernikov, N. (2003) Depolymerization of hardwood pentosans and furfural formation. *Business Meeting of the International Academy of Wood Science, August 4-9.* Report. Cesis, Latvia, 17 pp.
  94. Vedernikov, N. (2007) Koksnes hidrolīze. *Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana.* Vides projekti, Rīga, 121-125.
  95. Vedernikovs, N., Kruma, I., Puke, M. (2008a) Acetic acid production from wheat straw. *Renewable Energy Resources, Production and Technologies. 5th UEAA General Assembly and the Associated Workshop, May 28-31.* Riga, Latvia, 179-185.
  96. Vedernikovs, N., Puke, M., Kruma, I. (2008b) Furfural and bioethanol production from hardwood and agricultural waste. *Renewable Energy Resources, Production and Technologies. 5th UEAA General Assembly and the Associated Workshop, May 28-31.* Riga, Latvia, 186-191.
  97. Vedernikovs, N., Zandersons, J., Kruma, I., Puke, M., Ryzhikovs, J. (2004) Principal organic chemicals and activated carbon from hardwood residues. *Environmental Education, Communication and Sustainability, Integrative Approaches towards Sustainability in the Baltic Sea region.* Filho, W.L., Ubelis, A. (eds) Peter Lang Publisher House, Frankfurt am Main, 451-457.
  98. Verovkins, A., Neiberte, B., Šāble, I., Zaķis, Ģ., Shulga, G. (2008a) Latvijas raksturīgāko koku sugu mizas ķīmiskais komponentsastāvs. *Latvijas Ķīmijas Žurnāls*, 2, 195-201.
  99. Verovkins, A., Neiberte, B., Zaķis, Ģ. (2007) Latvijas apses (*Populus tremula*) koksnes kā celulozes ieguves izejvielas un tās delignifikācijas blakusprodukta – lignīna ķīmiskais raksturojums. *Latvijas Ķīmijas Žurnāls*, 2, 189-193.
  100. Verovkins, A., Šāble, I., Neiberte, B., Zaķis, G. (2008b) Concerning determination of lignin in bark. *Latvian Journal of Chemistry*, 3, 303-306.
  101. Yakushin, V.A., Zhmud, N. P., Stirna, U.K. (2002) Physicomechanical characteristics of spray-on rigid polyurethane foams at normal and low temperatures. *Mechanics of Composite Materials*, 38, 3, 417-426.
  102. Zaķis, G., Neiberte, B., Verovkins, A., Smogol, V. (2006) Amino derivatives of lignin. 4. Amination of lignin in composition of lignocellulose complex – obtaining of bile acid sorbent. *Latvian Journal of Chemistry*, 3, 287-291.
  103. Zaķis, Ģ. (2008) *Koksnes ķīmijas pamati.* Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Rīga, 200 lpp.
  104. Zandersons, J., Dobeļe, G., Tardenaka, A., Spince, B., Rižikovs, J. (2008) Alkšņa koksnes glabāšanas ilguma un ekstraktvielu satura iespaidis uz termolīzes gaistošo produktu sastāvu. *Latvijas Ķīmijas žurnāls*, 3, 291-302.
  105. Zandersons, J., Gravitis, J., Zhurinsh, A., Kokorevics, A., Kallavus, U., Suzuki, C.K. (2004) Carbon materials obtained from self-binding sugar cane bagasse and deciduous wood residues plastics. *Biomass and Bioenergy*, 26, 345-360.
  106. Zandersons, J., Zhurinsh, A., Dobeļe, G., Spince, B., Tardenaka, A., Ryzhikovs, J. (2006) Release of arsenic during the carbonization of CCA-treated wood on a laboratory and pilot scale. *Thermal Science*, 10, 3, 27-38.
  107. Zhurinsh, A., Zandersons, J., Dobeļe, G. (2005) Slow pyrolysis of impregnated waste timber materials. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 74, 439-444.
  108. Закис, Г.Ф., Нейберте, Б.Я. (2000) Аминопроизводные лигнинов. 3. Реакция лигнинов с диэтилэпоксипропиламиноом. *Латвийский Химический Журнал*, 4, 89-96.
  109. Закис, Г., Нейберте, Б., Веровкин, А. (2006) О методике аминирования лигнина диэтилэпоксипропиламиноом (ДЭЭПА). *Латвийский Химический Журнал*, 4, 395-396.

### Pateicība

*Izsaku pateicību visiem institūta kolēģiem, kuru iesūtītie materiāli veicināja šī raksta tapšanu.*

**LLU Meža fakultātes mežsaimnieciskā sektora  
zinātniskā darbība no 2000. gada  
Scientific Activities of Forestry Sector of the Forest Faculty  
since the Year 2000**

**Andrejs Dreimanis**

LLU Mežkopības katedra

Department of Silviculture, LLU

e-mail: Andrejs.Dreimanis@llu.lv

**Dagnis Dubrovskis, Leonards Līpiņš**

LLU Meža izmantošanas katedra

Department of Forest Utilisation, LLU

e-mail: Dagnis.Dubrovskis@llu.lv; Leonards.Lipins@llu.lv

**Abstract.** The article deals with the most significant scientific results since the year 2000 of two Forest Faculty departments: Silviculture, and Forest Utilisation. In the field of wood resources, information on the annual increment of forest growth has been obtained. Taking into account the amount of import and export, the balance of annually available round timber has been made. The wood resources used in heat generation have been evaluated. The output of the products obtained from wood processing, as well as the structure, amount and efficiency of the use of wood residues have been clarified. For the needs of forest inventory and management planning, several software programmes have been developed which are used in the evaluation of the felling site funds and in determining the value of felling sites and forest property, and in the planning of forest management. In determining the quality and volume of round timber, important information has been obtained about the dimensional and qualitative evaluation of the trunks of commercially important tree species, the changes in bark thickness parameters, and the factors influencing the taper. New and more accurate round timber volume tables have been made, and capacity coefficient selection auxiliary tables have been devised. In the field of silviculture and forest ecology, repeated research has been carried out on the growth of introduced tree species and the structure and productivity of grey alder stands.

**Key words:** timber volume, quality, forest inventory, results of research, publications.

## Ievads

Meža nozare, kas balstās uz vietējiem atjaunojamiem resursiem, ir viena no vadošajām Latvijas tautsaimniecības nozarēm ar visstraujāko tās attīstību Latvijas neatkarības laikā. Tāpēc pētījumi mežzinātnes un koksnes kompleksās izmantošanas jomā ietilpst prioritāro, atbalstāmo tematiku skaitā.

Zinātnisko aktivitāšu vērtējumā visu Latvijas neatkarības periodu var iedalīt trīs atšķirīgos posmos.

1. No 1990. līdz 1995. gadam fakultātes docētāji iesaistījās jaunas nozares likumdošanas, meža politikas, normatīvo materiālu, nacionālo standartu un nozares attīstības programmas (masterplāna) izstrādē. Šajā periodā fundamentāliem zinātniskiem pētījumiem nepietika ne finansējuma, ne cilvēkresursu.
2. Laikā no 1995. līdz 1999. gadam bija vērojamas pozitīvas tendences zinātnisko pētījumu attīstībā.

Profesora H. Tuherma vadībā tika realizēta valsts pētījumu programmas sadaļa „Koksnes kā materiāla kompleksā un perspektīvā izvērtēšana”. Pētījums tika veikts kopā ar Koksnes ķīmijas institūtu un Mežzinātnes institūtu „Silava” un bija veltīts priedes un egles koksnes kvalitātes novērtēšanai, fizikālo un mehānisko īpašību raksturošanai, kā arī anatomiskās un ķīmiskās uzbūves skaidrošanai.

3. Trešā perioda sākums ir 2000. gads, kad kokapstrādes nozares vadošais uzņēmums, a/s „Latvijas finieris”, sāka izrādīt interesi par finansiālā atbalsta sniegšanu tirgus orientētās pētījumu programmas „Bērza koksnes un bērza saplākšņu fizikāli mehāniskās īpašības atkarība no koku augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas” izstrādē. Tālāku strauju zinātnes attīstību sekmēja Meža attīstības fonda iedibināšana pie Zemkopības ministrijas un

a/s „Latvijas valsts meži” iesaistīšanās zinātnisko pasūtījumu finansēšanā. Līdz ar to strauji paplašinājās pētījumu tematika.

Mežkopības un Meža izmantošanas katedras docētāju zinātniskā darbība bija vērsta 4 pētniecības virzienos:

- meža un koksnes izejvielu resursu novērtējums,
- meža inventarizācija un apsaimniekošanas plānošana,
- augošu koku un sagatavoto apaļo kokmateriālu tilpuma un kvalitātes vērtēšana,
- mežkopība un meža ekoloģija.

## Meža un koksnes izejvielu resursu novērtējums

Meža nozares attīstības prognozēšanā un oglekļa aprites novērtēšanā ir svarīgi noskaidrot koksnes resursus mežā, apaļo kokmateriālu struktūru, apjomus, kokapstrādē radušos atlieku veidus, apjomus un izmantošanas virzienus.

Profesors I. Liepa (2008), izmantojot sarežģīto un diferencēto krājas pieauguma aprēķināšanas metodi, aprēķināja un analizēja priedes un egles krājas reālo pieaugumu. Tā ir starpība starp potenciālo pieaugumu, no kura atņem krājas atmiruma un mežizstrādē gada laikā izcirstā koksnes daudzuma summu.

Pēc 2005. gada datiem noskaidrots, ka Latvijas skujkoku mežos ik gadu veidojas 11.95 milj. m<sup>3</sup> un atmirst 2.06 milj. m<sup>3</sup> krājas, kā rezultātā dabiskais gadskārtējais pieaugums ir 9.89 milj. m<sup>3</sup>. No tā atņemot ciršanas apjomu, iegūst reālo ikgadējo pieaugumu visos skujkoku mežos – 4.26 milj. m<sup>3</sup>. Tā kā saimnieciski izmantojamie meži veido 82% no visiem mežiem, reālās krājas pieaugums šajos mežos ir 3 milj. m<sup>3</sup>, ko var uzskatīt par krājas līdzsvarotas izmantošanas rezervi.

Otrs profesora I. Liepas vadībā veiktais pētījumu virziens ir saistīts ar oglekļa piesaistes novērtējumu koku virszemes daļās un saknēs (Liepa, Blija, 2008).

Sakarā ar Kioto protokola pieņemšanu pēdējo 10-15 gadu laikā aktuāla ir kļuvusi vajadzība noskaidrot visas kokaudzes biomasu. Valstīm, kas pievienojušās Kioto protokolam (Latvija to ratificēja 2002. gadā), tā nosacījumi liek sistemātiski novērtēt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisijas un akumulācijas procesa kapacitāti un dinamiku.

Pētījumos par Latvijas egļu mežu koku biomasas struktūru izvēloties paraugkokus, trīs plašāk izplatītajos meža tipos (vērī, slapjajā vērī un šaurlapju ārenī) iegūti pārejas koeficienti dažādu koka daļu apjoma aprēķināšanai.

Latvijas egļu mežu kopējais biomasas apjoms ir 117.095 milj. t, no kurām 60.2% ir stumbra, bet 39.8% – nestumbra frakcijas daļa. Šie dati raksturo meža resursu saimnieciskās izmantošanas rezervi un ir izejas dati akumulētā oglekļa apjoma aprēķināšanai.

Profesora L. Līpiņa vadībā 2003. un 2004. gadā tika veikts pētījums par koksnes izejvielu resursu struktūru un izmantošanas efektivitāti. Šī pētījuma nepieciešamību noteica notikušās būtiskās izmaiņas gan koksnes apstrādes un pārstrādes veidos, gan tehnoloģijās. Palielinājās koksnes pielietošanas daudzveidība un kopējie apjomi. Koksnes apstrādē nonāca arvien tievāki un īsāki kokmateriāli. Plašāk ieviesās apaļkoksnes mizošana, celulozes šķeldu ražošana, kokapstrādes atlieku granulēšana un briketēšana. Palielinājās koksnes atlieku un mazvērtīgās koksnes pielietojums siltuma enerģijas iegūšanā.

Pētījumā noskaidrots, ka sagatavotajā apaļo kokmateriālu apjomā 80% kokmateriālu tiek iegūti galvenajā cirtē. Valsts un privātajos mežos šī attiecība nav atšķirīga. Sortimentu struktūrā vislielāko īpatsvaru veido zāģēšanai izmantotie sortimenti – 51.5%, otrajā vietā ir papīrmalka – 31.7%, tad seko malka – 10.2%, un finierkluči – 6.0%. Apaļo kokmateriālu struktūra galvenajā cirtē valsts un privātajos mežos būtiski neatšķiras. Atšķirīga apaļo kokmateriālu struktūra valsts un privātajos mežos ir starpcirtē. Valsts mežos ir par 9–18% lielāks sikbaļķu iznākums, bet privātajos mežos ir divas reizes lielāks lapkoku malkas iznākums.

Sastādīta apaļo kokmateriālu bilance, ievērtējot importa un eksporta apjomus. Izvērtēti ciršanas atlieku kopējie un potenciāli izmantojamie apjomi. Sastādīta siltuma enerģijas iegūšanā izmantojamo koksnes resursu bilance (2003. gadā – 4.66 milj. m<sup>3</sup>); tajā lielāko īpatsvaru veido kokapstrādes atliekas – 1.57 milj. m<sup>3</sup>, malka – 1.3 milj. m<sup>3</sup>, un ciršanas atliekas – 0.89 milj. m<sup>3</sup>.

Noskaidrots kokzāģēšanā, finieru, saplākšņu, sērkokociņu, kokogļu un plātņu ražošanā iegūstamās produkcijas iznākums, atlieku struktūra, apjomi un izmantošanas virzieni. Aprēķināts, ka saplākšņu ražošanā ienākumi no 1 m<sup>3</sup> pārstrādātu finierkluču ir 115 LVL, kas ir divas reizes vairāk nekā kokzāģēšanā, bet 7 reizes mazāk nekā finierskaidas ražošanā mēbeļu virsmu apdarei.

## Meža inventarizācija un apsaimniekošanas plānošana

2004. gadā Meža fakultātes dekāna asoc. profesora D. Dubrovskā vadībā, sadarbojoties Meža un Informācijas tehnoloģiju fakultāšu personālam, tika izveidota „Precīzās mežsaimniecības izpētes grupa”. Tās nepieciešamība pamatota ar pēdējā desmitgadē pasaulē strauji pieaugušo informācijas tehnoloģiju attīstību, kas nodrošina iespēju attīstīt jaunus meža un koksnes resursu uzskaites, plānošanas, analīzes un kontroles risinājumus. Projekta grupas mērķis ir pētīt meža inventarizācijas un plānošanas procesus, demonstrēt inovatīvus risinājumus,

palielināt līdzšinējo meža nozares darbinieku un studentu kompetenci un radīt konkurētspējīgus produktus. Pētniecības grupai noteikti šādi pētniecības virzieni:

- meža inventarizācijā – mērinstrumentu un meža inventarizācijas un koksnes resursu novērtēšanas metožu attīstība;
- meža apsaimniekošanas plānošanā – jaunu metožu un jaunas paaudzes programmnodrošinājuma izstrāde;
- meža loģistikā – kokmateriālu sagatavošanas un transportēšanas procesu izpēte, modelēšana un informācijas tehnoloģiju atbalsta sistēmas izveidošana.

Pētniecības grupa veikusi a/s „Latvijas valsts meži”, Zemkopības, Vides, Izglītības un zinātnes ministriju un SIA „Metrum” pasūtītus pētnieciskos projektus, kuru rezultātā izveidoti vairāki datorprogrammu prototipi un datorprogrammas:

- „Ozoliņa algoritma beta versija” (virtuālā dastlapa) – programmas prototips izstrādāts, lai novērtētu cirsmu fondu a/s „Latvijas valsts meži” apaļkoksnes piegāžu prognozēšanai;
- „Mežvērte” – cirsmu fonda novērtēšanas datorprogramma izstrādāta cirsmu fonda novērtēšanai, un tajā iekļauta koku dastlapu analīze, apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšana un cirsmas vērtības aprēķināšana. Programma pielietojama privāto mežu vērtēšanai un kompensāciju apjoma par aizsargājāmām teritorijām aprēķināšanai;
- „Meža eksperts” – meža inventarizācijas, meža īpašuma vērtēšanas un meža apsaimniekošanas plānošanas datorprogramma, kas izstrādāta meža īpašuma apsaimniekošanas plānošanai, meža īpašuma vērtības noteikšanai un saimnieciskās darbības uzskaitēi un kontrolei. Programma tiek izmantota privāto mežu apsaimniekošanas nodrošināšanai gan atsevišķam īpašumam, gan apvienotiem meža īpašumiem. Šobrīd programmas lietotāji ir privātie meža īpašnieki, meža īpašnieku apvienības, nekustamo īpašumu vērtētāji, meža konsultatīvo pakalpojumu sniedzēji;
- „MAPIS” – meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojums privāto meža īpašnieku izglītošanai, meža vērtēšanai un apsaimniekošanas plānošanai. Programma izvietota internetā (<http://mapis.itf.llu.lv>), tā ir bezmaksas un brīvi pieejama visiem meža īpašniekiem. Ar šīs programmas palīdzību meža īpašnieks var praktiski iepazīties ar meža īpašuma apsaimniekošanas plānošanas principiem un sagatavot meža apsaimniekošanas plānu savam īpašumam;

- „Kokmateriālu plūsmas beta versija” – apaļo kokmateriālu transportēšanas un pārdošanas optimizācijas lēmumu pieņemšanas atbalsta programmas prototips. Programmas prototips tiek attīstīts kā meža loģistikas procesu simulācijas modelis. Ar šīs programmas palīdzību meža īpašnieks vai mežizstrādes uzņēmums spēj aprēķināt optimālo apaļo kokmateriālu struktūru un noteikt optimālos piegādes uzņēmumus.

Ņemot vērā diezgan lielo subjektīvo faktoru un nejausības kļūdu ietekmi meža inventarizācijā, tiek meklēti risinājumi līdzšinējo metožu pilnveidošanai un aizstāšanai ar mazāk darbietilpīgām, pusautomatizētām un automatizētām metodēm (piem., attālās zondēšanas metožu izpēte). Līdz šim pētnieki satelītattēlu pielietošana meža inventarizācijā un meža apsaimniekošanas kontrolē, LIDAR (lāzerskeneru tehnoloģiju) pielietošana meža inventarizācijā un augšanas parametru noteikšanā, bezpilota lidaparātu pielietošana meža inventarizācijā un apsaimniekošanas kontrolē, kā arī izstrādāti attēlu atpazīšanas risinājumi un mežsaimniecības mērinstrumentu datu uzkrāšanas un apstrādes programmas.

### **Augošu koku un sagatavoto apaļo kokmateriālu tilpuma un kvalitātes vērtēšana**

Pētnieku grupa profesora L. Līpiņa vadībā valsts pētījumu programmu ietvaros skaidrojusi priedes, egles, bērza, apses un baltalkšņa stumbru dimensionālo un kvalitatīvo vērtējumu. Noskaidrota koksnes vainu sastopamība, zarojuma raksturojums, trupes izplatību ietekmējošie faktori un saistība ar koku dimensionālo raksturojumu (augstuma un caurmēra attiecība, zaļā vainaga daļas garums, stumbra bezzarainās zonas izmēri u.c.).

Noskaidrots, ka katrai koku sugai stumbra kvalitāti un koksnes vērtību nosaka atšķirīgi faktori. Mūsu galvenajiem skujkokiem – priedei un eglei – stumbri ir taisni. Tā kā priedei sēņu bojājumi, tai skaitā trupe, ir reti sastopami, galvenais kvalitātes vērtējumu ietekmējošais faktors ir zarojums, īpaši bezzarainās daļas garums. Eglei ļoti nozīmīga koksnes vaina ir sēņu bojājumu sastopamība, savukārt zarojums stumbra koksnes kvalitāti ietekmē mazāk nekā priedei (Sarmulis, Drēska, Līpiņš, 2009).

Bērzam un apsei būtiskākie faktori ir sēņu bojājumu sastopamība, tad seko līkumainība un zarojums. Baltalkšņu lietkoksnis iznākumu un stumbra koksnes vērtību nosaka stumbra caurmērs un līkumainība, bet zarojuma ietekme nav būtiska. Pētījumu atziņas plašāk

aprakstītas atsevišķos zinātnisko rakstu krājumos (Līpiņš, Sarmulis, 2002; Sarmulis, Drēska, Līpiņš, 2005; Sarmulis, Līpiņš, 2002). Šāda rakstura pētījumi agrāk Latvijā nav veikti.

2004. un 2005. gadā tirgus orientēto pētījumu programmas ietvaros profesoru L. Līpiņa un I. Liepas vadībā tika veikts apjomīgs pētījums par Latvijas rūpniecisko koku sugu mizas biežuma un raukuma izmaiņu likumsakarībām atkarībā no apaļo kokmateriālu caurmēra un garuma, ņemot vērā koku augšanas reģionu un vietu stumbrā. Šī pētījuma nepieciešamību noteica ražošanā izveidojusies situācija, kad 2003. gadā tika apstiprināts Eiropas normu prasībām atbilstošs jauns nacionālais standarts „Apaļo kokmateriālu uzmērīšana”. Tas paredzēja atšķirīgus apaļo kokmateriālu parametru uzmērīšanas principus, kam Latvijā nebija atbilstošu normatīvo materiālu, tādēļ standartu nevarēja pielietot.

Pētījuma gaitā noskaidrots, ka koku augšanas reģions Latvijas teritorijā neietekmē mizas biežuma un raukuma rādītājus, tāpēc dažādos Latvijas reģionos iegūtos mērījumus apvienoja kopējā datu kopā, kas palielināja iegūto datu ticamību.

Datu matemātiskā apstrāde pierāda, ka priedes un bērza apaļiem kokmateriāliem mizas biežumu ietekmē gan vieta stumbrā (stumbra resgaļa daļas, vidusdaļas un galotnes daļā sagatavotie sortimenti), gan caurmērs mērījumu vietā. Egļei, apsei un alkšņiem mizas biežumu neietekmē vieta stumbrā, jo šim koku sugām miza visā stumbra garumā ir viendabīga (Drēska, Līpiņš, Sarmulis, 2002).

Izstrādātas matemātiskās sakarības mizas dubultbiežuma mm un % novērtēšanai atkarībā no caurmēra mērījumu vietā, kā arī tilpums % no kopējā tilpuma. Sastādītas tabulas šo rādītāju izvēlei. Matemātiskās sakarības izmantojamas apaļo kokmateriālu automātiskās uzmērīšanas procesos.

Noskaidrots, ka kokmateriālu raukumu būtiski ietekmē koku suga, vieta stumbrā, kokmateriāla caurmērs un garums. Atbilstoši iegūtajiem raukuma rādītājiem pirmo reizi Eiropā izstrādātas jaunas, oriģinālas apaļo kokmateriālu tilpuma tabulas, kurās tilpuma noteikšanā izmantojams tievgaļa caurmērs. Tabulu precizitātes pārbaude liecināja, ka  $30\text{ m}^3$  (viena autokrava) sortimentu apjoma uzmērīšanā iegūtajam skujkoku zāģbaļķu tilpumam ir divas reizes mazāka kļūda, bet bērza finierklučiem – četras reizes mazāka kļūda salīdzinājumā ar vairumā Rietumeiropas valstu praktizēto tilpuma noteikšanas metodi pēc vidus caurmēra (Sarmulis, Liepa u.c., 2006; Liepa, Drēska u.c., 2008).

Atkrāsas matemātiskās sakarības starp taras kluču, sīkbaļķu, sērkokciņu kluču, papīrmalkas un malkas saiņos iekrauto kokmateriālu vidējo caurmēru un tilpīguma koeficientu. Sastādītas tilpīguma koeficientu izvēles tabulas, kā papildfaktoru iekļaujot

arī krāvuma kvalitātes vērtējumu. Analogas tabulas papīrmalkai tiek lietotas Zviedrijas neatkarīgajā uzmērīšanas dienestā. Taču iegūtās tilpīguma koeficientu vērtības atšķiras, jo Latvijā tik lielu saiņu uzkrāšana autotransportā kā Zviedrijā netiek atļauta. Citiem pēc kraujmēra uzmērāmiem kokmateriāliem šādas tabulas līdz šim netika lietotas.

Pamatota jauna, vienkārša un lēta metode tilpīguma koeficienta noteikšanai, pielietojot digitālo foto un tīkla grafiku. To var izmantot gan automašīnās iekrautiem kokmateriāliem, gan lielām kokmateriālu krautnēm.

Pētījumu rezultāti apkopoti grāmatā „Apaļo kokmateriālu uzmērīšana” (Līpiņš, Liepa, 2007).

## Mežkopība un meža ekoloģija

Mežkopības katedrā profesora A. Dreimaņa vadībā regulāri tiek veikti atkārtoti pētījumi par introducēto koku sugu augšanas gaitu, audžu struktūru un ražību Meža pētīšanas stacijas Šķēdes mežu novadā.

Introducēto koku sugu kultūras paplašina koku sugu daudzveidību un vienlaicīgi daudzās zemēs nodrošina vērtīgas koksnes iegūšanu praktiskai izmantošanai. Meža pētīšanas stacijas Šķēdes mežu novadā pirmie introducēto koku sugu stādījumi veikti 19. gs. beigās, tādēļ daudzas audzes pārsniedz 100 gadu vecumu. Meža novadā sastopamas vērtīgas, bioloģiski nozīmīgas un ražīgas Eiropas dižskābarža, Eiropas baltegles, Eiropas lapegles, sarkanā ozola, Veimuta priedes, Menzīsa duglāzijas un citu sugu mežaudzes. Pēdējās desmitgades pētījumu rezultāti apkopoti vairākās publikācijās (Dreimanis, 2001, 2006; Dreimanis, Šulcs, 2006). Talsu pauguraines apstākļos šīs sugas mežaudzēs sasniedz augstu ražību, sala izturību, bet resnākie koki – 6–8  $\text{m}^3$  lielu stumbra tilpumu. Skaidrota arī baltalkšņa audžu ražība un struktūra biomasas izaudzēšanas kontekstā (Miezīte, 2008).

Latvijā gandrīz 50 gadus nav veikti nozīmīgi baltalkšņa pētījumi, jo to uzskatīja par mazāk vērtīgu koku sugu. Izsīkstot fosilajam kurināmajam, tiek izvērtēta baltalkšņa spēja ražot biomasu kurināmo šķeldu iegūšanai. 21. gs. sākumā baltalkšnis pēc tā audžu aizņemtās platības (190.6 tūkst. ha pēc 2006. gada datiem) ir ierindojies ceturtajā vietā starp citām koku sugām. Pētījumu procesā izstrādātas empīriskas formulas baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas noteikšanai svaigi cirstā un absolūti sausā stāvoklī kokiem ar caurmēru līdz 26 cm. Izveidoti matemātiskie modeļi baltalkšņa audžu biomasas aprēķināšanai atkarībā no audzes vidējā caurmēra un šķērslaukuma. Pētīts koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs, zaļā vainaga garums un koku skaita, šķērslaukuma un krājas kumulatīvo frekvenču vērtības (Miezīte, Dreimanis, 2008). Lielākas

biomasas vidējā pieauguma vērtības raksturīgas 1.A un 2. bonitātes audzēs ar šķērslaukumu, kas lielāks par 28 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Biomasas vidējais pieaugums vairumam audžu ir no 5 līdz 10 t ha<sup>-1</sup> gadā. Audzēs ar vidējo caurmēru, kas mazāks par 6 cm, biomasas vidējais pieaugums nepārsniedz 6 t ha<sup>-1</sup> gadā.

LLU Mežkopības katedra un Bioloģijas institūts veic vaskulāro augu floras pētījumus, lai izdotu jaunu „Latvijas vaskulāro augu floras” izdevumu (Šulcs, 2008; Cepurīte, 2008).

No 2004. gada iznākuši 5 laidieni, kuros publicēta informācija par asinszāļu, biezlapju, akmeņlauzīšu, gandreņu, orhideju, lūpzīžu, kaķastu, magoņu, matuzāļu, vējmietīņu, drudzeņu, puplakšu un viju dzimtām, kā arī raskrēsliņu ģinti.

Tiek precizēta augu botānisko nosaukumu nomenklatūra (Šulcs, 2008) un izstrādāti pamatprincipi botānisko nosaukumu veidošanai latviešu valodā.

Skaidrota ķērpju sugu sastopamība dažādu koku sugu dabiskajos biotopos (Straupe, Donis, 2006, 2007). Sugu daudzveidību un vides kvalitāti raksturo ķērpju sugu sastopamība tajos dabiskajos meža biotopos, kur antropogēnā ietekme izpaužas mazāk. Priežu dabiskajos biotopos konstatētas 13 ķērpju sugas, noskaidrota to ekspozīcija uz priedes un egles dažādos augstumos uz stumbra atkarībā no debess pusēm un ekoloģiskajiem faktoriem.

Ozolu dabiskajos biotopos konstatētas 28 ķērpju sugas – to daudzveidība 0.5 m augstumā ir mazāka nekā 1.5 m augstumā, kas skaidrojams ar mizas fizikālajām atšķirībām un koka vecumu (Straupe, Donis, 2007). Melnalkšņu objektos kopumā konstatētas 6 ķērpju sugas, kas pieder pie 6 ģintīm. Objektos noteiktos epifitķērpjus morfoloģiski iedala: krevu ķērpji – trīs sugas (50%), lapu ķērpji – divas sugas (33%), un krūmu ķērpji – viena suga (17%). *Arthonia spadicea* un *Graphis scripta* dabiskajos meža biotopos norāda uz piemērotu apstākļu klātbūtni sevišķi apdraudētām sugām (speciālajām biotopu sugām) un liecina par augstu gaisa mitrumu audzē. Turklāt *Arthonia spadecea* ir īpaši aizsargājamā suga Latvijā.

Melnalkšņu meži Latvijā ir bioloģiskai daudzveidībai ļoti nozīmīgas platības, par ko liecina arī pētījuma rezultāti – melnalkšņu objektos ir lielāka epifitķērpju daudzveidība salīdzinājumā ar pētītajiem egļu objektiem, kas atbilst arī literatūras datiem.

Modernās tehnoloģijas mežsaimniecībā piedāvā jaunas iespējas – izmantot stādāmo materiālu ar slēgtu sakņu sistēmu. Pētījumos pārbaudīta divu ietvarsējeņu veidu ieaugšana un augšana salīdzinājumā ar kailsakņu stādiem. Noskaidrots, ka ietvarsējeņi ir piemērots stādāmais materiāls vidēji auglīgos augšanas apstākļos. To stādīšanas

periods ir ievērojami garāks, tomēr priekšrocības ir stādījumiem veģetācijas perioda sākumā. Sakņu sistēma jau pirmajā gadā atstāj konteinera substrātu un ieaug augsnē, veidojot priecīgu raksturīgo sakņu sistēmu (Liepa, Liepa, 2008).

## Noslēgums

Daļu no pētījuma virzieniem paredzēts turpināt – gan oglekļa piesaistes novērtējumu citu koku sugu virszemes daļā un saknēs, gan kokmateriālu struktūru ietekmējošos faktorus, gan arī masas metodes pielietošanu apaļo kokmateriālu un sasmalcinātas koksnes tilpuma noteikšanā.

„Precīzās mežsaimniecības” izpētes grupas turpmākās attīstības perspektīvas saistītas ar meža loģistikas pētījumu virzienu. Plānots izstrādāt informācijas tehnoloģiju komponentes dažādu lēmumu pieņemšanas atbalstam, veikt pētījumus par meža apsaimniekošanas plānošanas jautājumiem (meža ainavas veidošana, meliorācijas sistēmu attīstība u.c.), attīstīt inovatīvus risinājumus meža informācijas ieguvē (LIDAR, bezpilota lidaparāti u.c.), izveidot meža nozarē lietoto algoritmu bibliotēku un to realizēt datu apstrādes programmu prototipu veidā (LEGO princips).

Pētnieciskās darbības pastāvēšana saistīta ar turpmāko valsts pētījumu prioritāšu noteikšanu un pētniecības programmu attīstību, un meža nozares kompetences centra izveidi. Meža fakultātes mācību spēki ir atvērti jaunām idejām un gatavi sadarboties ar nozares uzņēmumiem dažādu informācijas tehnoloģiju un inovatīvu risinājumu izstrādē.

## Literatūra

1. Cepurīte, B. (2008) Latvijas vaskulāro augu floras sastādīšanas principi. Grām.: *Latvijas vaskulāro augu flora*. 10. laidieni: Kaķastu dzimta (*Amaranthaceae*), magoņu dzimta (*Papaveraceae*), matuzāļu dzimta (*Fumariaceae*), vējmietīņu dzimta (*Lythraceae*), drudzeņu dzimta (*Gentianaceae*), puplakšu dzimta (*Menyanthaceae*), viju dzimta (*Cuscutaceae*). Atb. red. V. Šulcs. Rīga, LU Bioloģijas institūts, 80. lpp.
2. Dreimanis, A. (2001) Introducēto skuju koku sugu audžu ražības novērtējums Šķēdes novadā. *LLU Raksti*, 4, 8-16.
3. Dreimanis, A. (2006) Dižskābaržu mežaudžu ražība Šķēdes novadā. *LLU Raksti*, 16(311), 94-100.
4. Dreimanis, A., Šulcs, V. (2006) Sarkanā ozola *Quercus rubra* L. mežaudzes Šķēdes mežu novadā. *LLU Raksti*, 17(312), 78-87.



5. Drēska, A., Līpiņš, L., Sarmulis, Z. (2002) Priedes un egles stumbra mizas biezums. *Mežzinātne*, 12, 131-137.
6. Liepa, I. (2008) Latvijas skujkoku mežu krājas pieaugums. *LLU Raksti*, 20(315), 46-52.
7. Liepa, I., Blija, T. (2008) Latvijas mežu koku biomasas struktūra. *LLU Raksti*, 20(315), 32-37.
8. Liepa, I., Drēska, A., Grunda, V., Līpiņš, L., Roga, G., Sarmulis, Z. (2008) Skujkoku zāģbaļķu raukums Latvijā. *LLU Raksti*, 20(315), 84-92.
9. Liepa, J., Liepa, J. (2008) Priedes ieaugums un augšana dažādos termiņos stādītu ietvarsējeņu HIKO stādījumos vidēji auglīgos meža augšanas apstākļu tipos. *LLU Raksti*, 20(315), 145-154.
10. Līpiņš, L., Liepa, I. (2007) *Apaļo kokmateriālu uzmērīšana*. Monogrāfija. Jelgava, LLU, 104 lpp.
11. Līpiņš, L., Sarmulis, Z. (2002) Investigations on dimensional and qualitative variation of Pine (*Pinus Sylvestris*) trunkwood lengthwise the stem. *Proceedings of the 4th IUFRO Symposium*. Banská Bystrica, 43-45.
12. Miezīte, O. (2008) *Baltalkšņa audžu ražība un struktūra*. Promocijas darbs mežzinātnes nozarē meža ekoloģijas un mežkopības apakšnozarē. Jelgava, 127 lpp.
13. Miezīte, O., Dreimanis, A. (2008) Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench) Structure. *Research For Rural Development*. International Scientific Conference Proceedings, 158-164.
14. Sarmulis, Z., Drēska, A., Līpiņš, L. (2005) Egles stumbra zarojuma un iegūstamo kokmateriālu kvalitāte. *LLU Raksti*, 14(309), 57-64.
15. Sarmulis, Z., Drēska, A., Līpiņš, L. (2009) Egles (*Picea abies* L.Karsten) vaļējo zaru izmēru saistība ar stumbra caurmēru. *Mežzinātne*, 19(52), 122-133.
16. Sarmulis, Z., Liepa, I., Dreska, A., Lipins, L. (2006) Relationships between round timber taper and factors affecting it. *Proceedings of the 5th IUFRO Symposium*. Sliač – Sielnica Slovenia, 135-137.
17. Sarmulis, Z., Līpiņš, L. (2002) Priedes zarojums un citi stumbra kvalitāti raksturojošie rādītāji. *LLU Raksti*, 5(300), 34-38.
18. Straupe, I., Donis, J. (2006) The Lichenoidicative Evaluation of Pine Natural Woodland Habitats. *Research For Rural Development*. International Scientific Conference Proceedings, 276-283.
19. Straupe, I., Donis, J. (2007) The Lichenoidicative Evaluation of Oak Woodland Habitats. *Research For Rural Development*. International Scientific Conference Proceedings, 188-195.
20. Šulcs, V. (2008) Interaction of the international and national botanical nomenclature. Abstract and Excursion Guides. *22nd Expedition of Baltic Botanists*. Daugavpils, Daugavpils University Academic Press „Saule”, p. 67.

## LLU Meža fakultātes Kokapstrādes katedra 21. gadsimtā The Department of Wood Processing of the Forest Faculty of LLU in the 21st Century

Henns Tuherms<sup>1</sup>, Andrejs Domkins<sup>1,2</sup>, Uldis Spulle<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> LLU Kokapstrādes katedra, <sup>2</sup> Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts

<sup>1</sup> Department of Wood Processing, <sup>2</sup> Forest and Wood Products Research and Development Institute, LLU  
e-mail: meka@e-koks.lv

**Abstract.** The Department of Wood Processing of the Forest Faculty of the Latvia University of Agriculture (LLU) provides forest industry with specialists of higher qualification fulfilling the corresponding higher professional and academic programs of higher education, as well as continuously improves its scientific potential for solving significant issues of the industry. The academic activities of the Department are performed in close cooperation with the Forest and Wood Products Research and Development Institute (MeKA). The latter was founded in the late 2004 by the LLU, the Stock Company “Latvia’s State Forests”, and the Latvian Forest Industry Federation (LFIF), which not only gives students access to a very modern laboratory set but also involves them in performance of the actual applied research ordered by the industry. Such model of cooperation is widely used by the leading foreign universities, and by overtaking it in Latvia not only a possibility is created for carrying out modern academic activities but also support is given to the industry to develop innovative products and technologies. In such a way practically all students are involved in applied research and in work-out of new products and technologies. Scientific research projects have been realized for the period from 2000. The main topic of research has been motivation of rational application and breeding of the soft hardwoods, new products and technologies. Essential role, which allows deploying the large-scale research program, is due to the circumstance that the Department of Wood Processing already for fifty years has been the advance power in the forestry industry both in training specialists for the industry and in developing the forestry science.

**Key words:** wood processing, program of studies, research and development.

### Ievads

Pateicoties atjaunojamiem mežu resursiem, kokrūpniecība ir otra lielākā Latvijas rūpniecības nozare (veido ap 17% no rūpniecības pievienotās vērtības) ar visstraujāko attīstību Latvijas neatkarības gados. Veroties ar skatu nākotnē, tās loma Latvijas tautsaimniecībā tikai palielināsies. Saskaņā ar Eiropas Savienības (ES) Meža nozares Tehnoloģiskās platformas (*Forest-based Technological Platform – FTP*) nostādņēm, meža sektoram 2030. gadā būs galvenā loma Eiropas līdzsvarotā attīstībā, kas balstīta uz konkurētspējīgu, inovatīvu un uz zināšanām bāzētu ražošanu un plašu atjaunojamo resursu izmantošanu. Arī Latvijā, jau 2001. gadā, Ministru kabinets (2001. gada 14. novembra Rīkojums Nr. 548 „Par prioritārajiem zinātnes virzieniem fundamentālo un lietišķo pētījumu finansēšanai 2002.–2005. gadā”) meža zinātni un koksnes tehnoloģijas (mežu attīstība, koksnes biomasas racionāla izmantošana, koksnes dziļās pārstrādes tehnoloģijas) atzina par prioritārām jomām fundamentālo un lietišķo

pētījumu finansēšanai. Līdzīgi formulētas arī Latvijas Nacionālās meža politikas un Meža un saistīto nozaru nacionālās programmas pamatnostādnes politiskajos mērķos un rīcības virzienos.

Lai sasniegtu izvirzītos mērķus, LLU Meža fakultātes (MF) Kokapstrādes katedra (KK) nodrošina meža nozari ar augstākās kvalifikācijas speciālistiem, realizējot atbilstošas akadēmiskās un profesionālās augstākās izglītības programmas, kā arī nepārtraukti pilnveido savu zinātnisko potenciālu nozares nozīmīgo problēmu risināšanā. To apzinoties, meža nozare nepārtraukti atbalsta un veicina līdzsvarotu katedras attīstību, veidojot to par aktīvu, vitālu un mūsdienīgu izglītības un pētniecības centru ar atbilstošu metodisko un tehnisko nodrošinājumu, saglabājot tās darbības akadēmisko raksturu un tradīcijas. Pateicoties šādai kopīgai sadarbībai, LLU Kokapstrādes katedra zinātniski pētniecisko iespēju ziņā jau šobrīd ir vislabāk aprīkotais koksnes un koksnes produktu pētnieciskais centrs Baltijas valstīs. Kokapstrādes katedras akadēmiskās

aktivitātes tiek realizētas ciešā sadarbībā ar SIA „Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūtu”, saīsināti MeKA, kuru 2004. gada decembrī nodibināja Latvijas Lauksaimniecības universitāte, akciju sabiedrība „Latvijas Valsts meži” (LVM) un Latvijas Kokrūpniecības federācija (LKF). Institūts sniedz koksnes un tās produktu testēšanas, ekspertīzes, kā arī jaunu produktu un tehnoloģiju izveides pakalpojumus kokrūpniekiem. Agrāk uzņēmumiem koksnes produktu testēšana bija jāveic dažādās pasaules vietās, kas prasīja laiku un liekus ceļa izdevumus. Līdz ar MeKA izveidi testus iespējams veikt akreditētā laboratorijā tepat Jelgavā. Testēšanas laboratorija bija pirmā laboratorija Latvijā būvmateriālu testēšanas jomā, kas tika notificēta (paziņota) ES. Tādējādi studentiem ir pieejams ne tikai ļoti moderns laboratoriju komplekss, bet, kas ir nemazāk svarīgi, viņi tiek iesaistīti aktuālu nozares pasūtītu lietišķo pētījumu izpildē. Šāds sadarbības modelis plaši tiek pielietots vadošajās ārzemju augstskolās. To pārņemot, Latvijā tiek radīta ne tikai iespēja mūsdienīgai akadēmiskai darbībai, bet arī sniegts atbalsts nozarei inovatīvu produktu un tehnoloģiju attīstīšanai.

LLU MF realizē šādas akreditētas studiju programmas:

- augstākās profesionālās izglītības studiju programma „Kokapstrāde” (iegūstamā kvalifikācija – inženierzinātņu profesionālais bakalaura materiālzinātnē un kokapstrādes inženieris);
- pirmā līmeņa augstākās profesionālās izglītības studiju programma „Kokapstrādes tehnoloģija” (iegūstamā kvalifikācija – kokapstrādes tehnologs);
- maģistrantūras studiju programma „Koksnes materiāli un tehnoloģijas” (iegūstamais akadēmiskais grāds – inženierzinātņu maģistrs);
- doktora studiju programma Materiālzinātņu nozares apakšnozarē „Koksnes materiāli un tehnoloģijas” (iegūstamais zinātniskais grāds – inženierzinātņu doktors).

Izglītības sistēmas un izglītības kvalitāti visobjektīvāk raksturo atbilstošās nozares konkurētspējas stabilitāte un iespējami lielākas pievienotās vērtības produktu ražošana. Iemesls, kādēļ meža nozare ir kļuvusi par vienu no visaktīvākajām Latvijas tautsaimniecības nozarēm, ir stabila izejvielu bāze (kvalitatīvi, daudzveidīgi un atjaunojami meži), meža produktu stabils noieta tirgus, kā arī cilvēkresursi. Tomēr jāatzīst, ka līdzšinējie sasniegumi lielā mērā balstījušies uz veiksmīgu konkurenci ārējā tirgū ar salīdzinoši zemas pievienotās vērtības produktiem. Lai sekmētu meža nozares tālāko attīstību, jārada pēc iespējas augstāka pievienotā vērtība, jāapgūst jauni produkti

un noieta tirgus. Līdz ar to palielināsies pieprasījums pēc kvalificētiem speciālistiem, kas ne tikai spēj pielietot izglītības iestādē iegūtās zināšanas, bet arī meklēt jaunus risinājumus, inovācijas produktos un tehnoloģijās.

LLU Kokapstrādes katedra jau vairāk nekā piecdesmit gadus ir gan nozares speciālistu sagatavošanas, gan kokapstrādes zinātnes attīstības virzītājs meža nozarē. Šobrīd Kokapstrādes katedrā nodarbināti 17 darbinieki: 11 mācītbspēki (2 profesori, 2 asociētie profesori, 2 docenti, 4 lektori un 1 asistents), 3 vadošie pētnieki, 2 laboranti un 2 palīgpersonāla darbinieki. Katedrā savu pedagoģisko un pētniecisko darbību veic 2 habilitētie inženierzinātņu doktori un 4 inženierzinātņu doktori, bet 7 darbiniekiem ir maģistra akadēmiskais grāds. Katedrā studē 5 doktoranti divās doktora studiju programmās: „Koksnes materiāli un tehnoloģija” un „Meža ekonomika un politika”.

Arī tēmu loks, ko šobrīd vada strādājošie pētnieki, liecina par darbības svarīgumu:

- Latvijas koksnes kā konstrukciju materiāla kvalitātes kompleksa izvērtēšana atkarībā no augšanas apstākļiem un mežsaimnieciskajiem pasākumiem;
- zāģmateriālu kvalitātes prognozēšana, izmantojot augstās precizitātes sensoru tehnoloģijas apaļkoku kvalitātes novērtēšanai;
- saplākšņu kvalitātes prognozēšana atkarībā no izejmateriāla kvalitātes un ražošanas tehnoloģijas;
- mazvērtīgas koksnes pielietošanas iespējas koksnes kompozītu materiālu izgatavošanai;
- masīvās un līmētās koksnes celtniecības materiālu stiprības rādītāju noteikšana, izmantojot nesagraujošas pārbaudes metodes;
- koksnes stiprības noteikšanas metožu salīdzinājums;
- Latvijas koku sugu koksnes līdzsvara mitruma pētījumi dažādos apstākļos, pie dažāda gaisa mitruma un temperatūras, precizētu ekspluatācijas mitruma normu izstrādei;
- koksnes biomasas kompleksas izmantošanas iespēju analīze, arī enerģijas ražošanai;
- meža politikas realizācijas gaita.

Tik plaša pētniecības joma nebūtu iespējama bez pastāvīgas studentu un maģistrantu piedalīšanās. Turklāt pēdējo gadu laikā veiktie industrijas ieguldījumi ir ļāvuši šo pētniecību ievirzīt ļoti lietišķā gultnē, jo modernais laboratoriju aprīkojums rada iespēju teorētiskās atziņās pārvērst praktiskos secinājumus un rekomendācijās ražotājiem. Protams, pēdējos gados vērojama jauno studentu eksakto zināšanu nepietiekamība gan samazina studentu skaitu vecākajosursos, gan arī apgrūtina studentu iesaistīšanu fundamentālajos pētījumos. Tomēr tas nemazina studentu entuziasmu, jo laboratorijās

iespējams risināt daudz praktisku tēmu saistībā ar pētniecības rezultātu ieviešanu ražošanā. Piemēram, viens no pēdējo gadu lielākajiem studentu pētniecības darbiem bija saistībā ar visas Eiropas kokapstrādes nozares pēdējo gadu populārāko inovāciju – „termokoksni”. Pateicoties aktīvai studentu iesaistei ( piedalījās vairāk nekā desmit studentu) šajā darbā, Kokapstrādes katedra īsā laika periodā izvirzījās šī produkta attīstītāju līderos. Šāda veida pasūtījumus, kuros var iesaistīt studentus, Meža nozarē nodrošina Latvijas Republikas (LR) Zemkopības ministrijas (ZM) Meža attīstības fonds (MAF), kas radīts aktuālo problēmu risināšanas atbalstam Latvijā. Pamatā tie ir viena gada ietvaros veicami pētījumi, tādēļ atšķirībā no fundamentālajiem pētījumiem studenti redz arī sava pētnieciskā darba rezultātu. Pētījumu metodoloģiskais pamats ir kompleksi pētījumi, kas sastāv no 4 pamatkomponentēm: mežs–koksne–gatavā produkcija–tirgus prasības (skat. 1. att.).

Viss iepriekšminētais pēdējos gados ir bijis Kokapstrādes katedras virzītāj spēks. To apliecina arī tēmu loks, pie kā šajā laikā aktīvi darbojušies katedras pētnieki.

### Zinātne laikā no 2000. līdz 2008. gadam

No 2002. līdz 2005. gadam tika realizēts zinātnietilpīgais projekts „Bērza koksnes un bērza saplākšņu ekspluatācijas īpašības atkarībā no koku augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas” (2005). Projekta finansētājs – LR Izglītības un zinātnes ministrija (IZM); projekta vadītājs – profesors, Dr.habil.sc.ing. Henns Tuherms. Projekta izpildē iesaistīti: LLU MF, Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”, Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts un a/s „Latvijas Finieris”. LLU Meža fakultāte, kā viens no izpildītājiem, izmantojot savas teorētiskās zināšanas un praktisko pētījumu iespējas, atrada zinātniski pamatotas atbildes uz pasūtītāja izvirzītajiem jautājumiem:

- noskaidrot ģenētisko, ekoloģisko faktoru un mežsaimniecisko pasākumu, kā arī ražošanas tehnoloģijas ietekmi uz finierūpniecību interesējošiem koksnes un saplākšņu kvalitātes rādītājiem (fizikāli mehāniskajām īpašībām un ekspluatācijas rādītājiem, ieskaitot koksnes krāsu, tekstūru un optiskās īpašības, kā arī ugunsdrošību);
- izstrādāt priekšlikumus augstvērtīgu bērza sortimentu racionālai audzēšanai.

Pētījumu rezultātā izstrādāti ieteikumi augstvērtīgu bērza sortimentu racionālai audzēšanai, veikts bērza stumbra koksnes un finierkluču dimensionālais un kvalitatīvais vērtējums no precizitātes viedokļa, kā arī importēto bērza finierkluču parametru un bērza koksnes un bērza saplākšņu fizikāli mehānisko īpašību pētījumi (Миончинскис и др., 2004). Izstrādāta metodika saplākšņu mehānisko īpašību prognozēšanai

un tipveida koka būvkonstrukciju, ar saplākšņa elementiem, aprēķināšanai, noteiktas bērza finieru un saplākšņu optisko īpašību izmaiņas atkarībā no finieru izturēšanas pēc lobīšanas, žāvēšanas režīmiem un finiera izturēšanas ilguma pēc žāvēšanas, veikti kompleksi pētījumi par bērza saplākšņu pielietojumu telpu apdarei un kravas konteineru izgatavošanai.

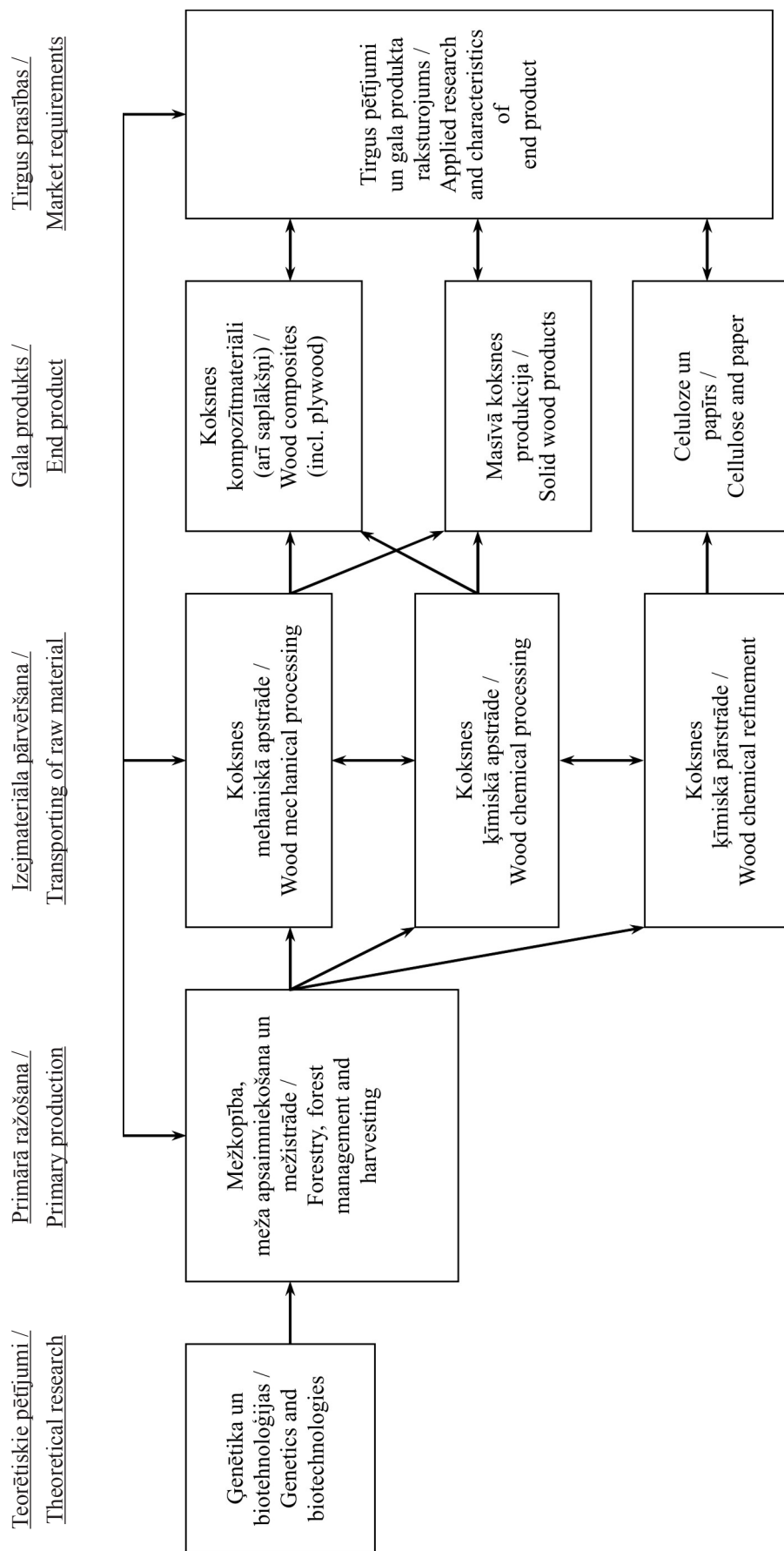
Izmantojot pētījumā iegūtos rezultātus par Latvijā augušā bērza koksnes fizikāli mehāniskām un vizuālām īpašībām, kā arī piemērojoties gala patērētāju prasībām, akciju sabiedrībā „Latvijas Finieris” tika radīti 2 būtiski jauni produkti:

- *Riga Ship ply* – saplākšnis, kuru izmanto gāzes konteineru izolācijas paneļu izgatavošanai. To stiprības rādītāji ir 2 reizes lielāki nekā standarta saplākšnim, kas atļauj šo saplākšni izmantot kuģu būvniecībā Korejā, Japānā, Ķīnā un Francijā;
- *Riga Decor* – lakots augstas šķiras saplākšnis, kura dekoratīvā virsma iegūta, aplīmējot pamatplātni ar 0.8 mm bieziem lobītiem finieriem.

2005. gada rudenī akciju sabiedrības „Latvijas Finieris” un LLU Meža fakultātes sadarbība tika novērtēta Latvijas Darba devēju konfederācijas konkursā „Par inovācijām uzņēmējdarbībā” ar atzinības balvu. 13 pretendentu vidū pieteikums „Inovācija – augstas kvalitātes bērzu sortimenta audzēšana, saplākšņu fizikāli mehānisko īpašību pētījumi” ieguva otro augstāku novērtējumu.

2005. gadā realizēts LR ZM MAF finansētais zinātniskās izpētes projekts „Koksnes resursu plūsmas modeļa izstrāde un aprobācija”; projekta vadītājs – LLU zinātnu prorektors, LLU profesors, Dr.sc.ing. Pēteris Rivža. Projekta mērķis: izveidot koksnes resursu plūsmas modeli, ar kura palīdzību būtu iespējams novērtēt esošo plūsmu un noteikt scenārijus attīstībai (Domkins, Ošs, 2007), kā arī izveidoto modeļa sistēmu radīt pieejamu plašākam uzņēmumu lokam, kas ļautu dalībniekiem ar saviem datiem pārbaudīt iespējamus scenārija variantus.

Projekta realizēšanai formulēti šādi darba uzdevumi: izpētīt koksnes resursu pieejamos veidus un plūsmu līdz pirmapstrādei; izstrādāt modeli, izveidojot koksnes resursu plūsmas modeli – sistēmu, ar kuras palīdzību plašāks lietotāju loks varētu lietot šo modeli. Modelī iestrādāti šādi posmi: resursi, resursu ieguve, resursu pārdošana, resursu pirkšana, resursu pirmapstrāde. Projekta rezultātā izstrādātais koksnes resursu plūsmas simulācijas modelis dod iespēju studentiem apgūt koksnes resursu tirgu un precīzāk izprast tā darbību. Modeļa simulācija ir balstīta uz reālo koksnes resursu pirkšanas un pārdošanas procesu, iesaistot pārvaldītājus. Modelējot var norādīt vienu no darbības sfērām – koksnes resursu pārdevējs, koksnes resursu transportētāji, koksnes resursu pircējs. Simulācijas gaitā tiek slēgti pirkuma/ pārdošanas un transportēšanas līgumi. Katra puse norāda ģeogrāfisko novietojumu Latvijā un nosaka



1. att. Kompleksi pētījumi: mežs–koksne–gatavā produkcija–tirgus prasības.  
Fig.1. Complex research: forest–wood–end product–market requirements.

vairākus parametrus, kuri raksturo uzņēmuma jaudu. Balstoties uz šiem parametriem, var notikt modeļa simulācijas darbība.

2005. gadā izstrādāts LR ZM MAF finansētais zinātniskās izpētes projekts „Pētījumi par jaunu koksnes produktu izmantošanu būvniecībā un priekšlikumu sagatavošana to izmantošanas tehnisko un normatīvo barjeru novēršanai”; projekta vadītājs – MeKA valdes loceklis, LLU asociētais profesors Andrejs Domkins.

Projekta mērķis: informēt sabiedrību un profesionāļus par mūsdienīgām koksnes izmantošanas metodēm, mainot visu saistīto interešu grupu attieksmi pret koksnes pielietošanu būvniecībā. Projektā noteiktajos darba uzdevumos veikta mērķa grupu aptauja par koksnes izmantošanu būvniecībā (pēc ES pētījumu izmantotās metodikas). Apkopoti un izvērtēti reglamentējošie normatīvi (Buksans, Morozovs, 2007). Organizēti izglītojoši semināri profesionālajām mērķa grupām (arhitektiem, būvniekiem, pasūtītājiem). Izstrādāti tehniskie noteikumi jaunu būvniecībā izmantojamu koksnes produktu pielietošanai Latvijā, izmantojot ES pieredzi. Sagatavoti informatīvi materiāli par jauniem koksnes produktiem (skat. 2. att.).

Projekta rezultātā apkopoti galvenie normatīvie dokumenti, kas reglamentē koksnes pielietošanu būvniecībā. Sagatavoti priekšlikumi koksnes pielietojumu ierobežojošo faktoru novēršanai. Sagatavoti informatīvi bukleti par jauniem koksnes produktiem un to pielietošanu būvniecībā.

Laikā no 2005. līdz 2008. gadam realizēta valsts pētījumu programma „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas” (2008), projekts Nr. 2 „Lapu koku koksnes izmantošana mehāniskajā apstrādē jaunas produkcijas ieguvei”; projekta vadītājs – Hennis Tuherms.

Projektā veikts lapkoku koksnes kvalitatīvais raksturojums un tās potenciāla racionāla izmantošana mehāniskajā apstrādē, ar mērķi iegūt produkciju ar augstu pievienoto vērtību, izmantojot inovatīvas apstrādes tehnoloģijas.

Projektā veiksmīgi sasniegti izvirzītie darba uzdevumi: dimensionāli raksturots mīksto lapkoku sortiments, noteiktas koksnes fizikāli mehāniskās īpašības un to atbilstība mehāniskās apstrādes produkcijas kvalitātes prasībām, kā arī noteiktas uzlabošanas iespējas.

Projekta rezultātā pirmo reizi veikti Latvijā auguša baltalkšņa un apses koksnes kompleksi pētījumi no koksnes zinātnes un meža precizitības viedokļa, izmantojot mūsdienu pētniecisko metodiku, kas ļauj izdarīt pētījumus atbilstoši ES normatīviem. Šāda pieeja ļauj iegūt rezultātus, kas ir starptautiski salīdzināmi (Tuherm, Ludvigsone-Rudzīte, 2006). Koksnes potenciāla racionālai izmantošanai mehāniskā apstrādē noteiktas šo sugu koksnes mehāniskās īpašības, izstrādāti žāvēšanas režīmi, pētītas iespējas uzlabot ekspluatācijas īpašības, arī virsmas cietību un to kvalitatīvi apstrādāt (izstrādāti zāģēšanas, frēzēšanas, līmēšanas un apdares režīmi). Pierādīta iespēja uzlabot baltalkšņa un apses koksnes ekspluatācijas īpašības termiskās modifikācijas ceļā. Izpētīts tirgus pieprasījums dažādiem baltalkšņa un apses produkcijas veidiem (Spulle u.c., 2008). Novērtētas iespējas mīksto lapu koku pielietot būvniecībā un koka izstrādājumu ražošanā.

2005. gadā veiksmīgi pabeigts LR ZM MAF finansētais zinātniskās izpētes projekts „Uzņēmumos nodarbināto speciālistu profesiju un kvalifikācijas pieprasījuma izpēte un tālmācības elementu ieviešana pēcdiploma apmācībās”; projekta vadītājs – Andrejs Domkins.

Projektā tika izvirzīts mērķis: parādīt ceļus un instrumentus, kā efektīvāk izmantot izglītības kapacitātes nozares uzņēmumu ilgtspējīgas



2. att. Lapu koku koksnes izmantošana nesošu konstrukciju elementos.  
Fig. 2. Hardwood used for structural timber elements.

3. att. Tālmācības platformas interneta pārlūkprogramma.

Fig. 3. The Internet explorer of distance education platform.

attīstības nodrošināšanai. Balstoties uz meža nozarē piedāvāto un nākotnē pieprasīto darba vietu analīzi, izstrādāti priekšlikumi profesionālās izglītības satura aktualizācijai un būtiskai uzlabošanai, tādējādi ne tikai uzlabojot jauno speciālistu sagatavošanu, bet arī piedāvājot uzņēmumos strādājošiem dažādu līmeņu speciālistiem profesionālās pilnveidošanās iespējas.

Kā viens no tālākizglītības veidiem, kas nākotnē attīstīsies, ir tālmācības informācijas un komunikācijas tehnoloģiju sistēmas izveide. Izmantojot tālmācības sistēmu, plašākam interesentu lokam iespējams paaugstināt savu kvalifikāciju, iegūt jaunākās atziņas specialitātē un veidot katram savu tālākizglītības modeli. Tālmācības sistēmu var sasaistīt ar citu valstu apmācības sistēmām, ļaujot sistēmas lietotājiem izmantot daudz plašākus izziņas materiālus. Lai dalībnieki justos iesaistīti apmācības procesā gan individuāli, gan kā grupas pārstāvji, kursu norisē jāizmanto dažādas kolektīva veidošanas metodes. Izmantojot tālmācības sistēmu (skat. 3. att.), jānotiek regulārām kopīgām kontaktstundām un papildus jābūt noteiktām komandu tikšanās reizēm. Kursa noslēgumā visiem dalībniekiem nepieciešama atkārtota tikšanās, kā arī iespēja turpināt analizēt iegūtās prasmes un iemaņas forumā.

2005. gadā veikts arī a/s „Latvijas valsts meži” zinātniskās izpētes projekts „Latvijas priedes (*Pinus*

*sylvestris* L.) koksnes atbilstības noteikšana ASV būvniecības normatīvu prasībām”; projekta vadītājs – Kārlis Būmanis.

Projekta mērķis: noteikt Latvijā augošās priedes (*Pinus Sylvestris* L.) koksnes atbilstību ASV būvniecības normatīvu prasībām.

Projekta rezultātā veikta normatīvo dokumentu un situācijas izpēte, kā arī sadarbības partnera izvēle ASV; materiālu testēšanai – Koksnes produktu inspekcijas biroja Testēšanas laboratorija, Konjersa, Džordžijas štats (*Timber Products Inspection, Testing laboratory, Conyers, Georgia*), un sertifikācijai – Rietumkrasta zāgmateriālu inspekcijas birojs, Portlenda, Oregonas štats (*West Coast Lumber Inspection Bureau, Portland, Oregon*). Izstrādāta pētījuma metodika un iesniegta apstiprināšanai ASV Zāgmateriālu standartizācijas komitejai (*American Lumber Standard Committee*), realizēta paraugu sagatavošana un atlase Latvijas kokzāģētavās un veikta to nosūtīšana testēšanai. ASV akreditēta sertifikācijas institūcija – Rietumkrasta zāgmateriālu inspekcijas birojs (*West Coast Lumber Inspection Bureau*) – apstrādāja testēšanas rezultātus un sagatavoja ziņojumu, kas tika iesniegts izskatīšanai ASV Zāgmateriālu standartizācijas komitejai. Pamatojoties uz tās lēmumu, Latvijas priedes koksne iekļauta akceptējamo ārvalstu koku sugu

sarakstā, nosakot normatīvos stiprības parametrus un marķēšanai piešķirot apzīmējumu Scot.P.(I)LAT, līdz ar to atverot ASV konstrukciju kokmateriālu tirgu ražotājiem no Latvijas.

2006. gadā izstrādāts LR ZM MAF finansēts zinātniskās izpētes projekts „Koksnes un kokmateriālu pielietojuma veidu dažādošanai nepieciešamo īpašību teorētiskā un eksperimentālā izpēte”; projekta vadītājs – Andrejs Domkins.

Projekta mērķis: veikt paliktņu konstrukciju izpēti un inovatīvo koksnes materiālu izmantošanu paliktņu konstrukciju veidošanā. Izpētīt paliktņu konstrukciju un to savienojumu stiprību un noturību (Spulle, Pušinskis, 2006), kā arī ekonomiski izvērtēt šādu paliktņu ražošanu. Izpētīt koksnes un kokmateriālu līmēšanas un līmējuma kvalitātes veidošanās teorētiskos un eksperimentālos faktorus, kvalitātes kontroles metožu pilnveidošanu un jaunu līmēšanas metožu adaptāciju, piemēram, mitras koksnes līmēšanu.

Projektā apkopotas un analizētas materiālu ugunsizturības pārbaudes testu metodes. Noteikta koksnes mitruma ietekme uz koksnes materiālu ugunsizturību (Buksans, Morozovs, 2007) ugunsizturības testēšanas iekārtā SBI (skat. 4. att.). Apkopoti un analizēti paliktņu pārbaudēm nepieciešamie standarti, apkopotas līmētu savienojumu kvalitātes pārbaudes metodes, kā arī aprobētas nesagraujošas kvalitātes kontroles metodes dažādiem koksnes materiāliem un līmēšanas veidiem. Pētīta koksnes īpašību un apstrādes parametru ietekme uz dažādu saistvielu līmēto savienojumu veidošanos. Pētītas mitras koksnes līmēšanas iespējas un aprobētas koksnes līmēšanas metodes (Iejavs, 2007).

Projekta rezultātā apkopotas materiālu ugunsizturības pārbaudes testu metodes un normatīvie dokumenti, aprobētas grīdas segumu ugunsizturības testēšanas metodes, novērtētas koksnes kompozītmateriālu izmantošanas iespējas konstrukciju ugunsizturības nodrošināšanā. Izstrādātas rekomendācijas koksnes un koksnes materiālu ugunsizturības nodrošināšanai. Apkopoti un analizēti paliktņu pārbaudēm nepieciešamie standarti un izstrādātas rekomendācijas dažādu koksnes materiālu izmantošanai paliktņu sagatavēm. Apkopotas līmētu savienojumu kvalitātes pārbaudes metodes, kā arī rekomendācijas nesagraujošu kvalitātes kontroles metožu izmantošanai dažādiem koksnes materiāliem un līmēšanas veidiem un mitras koksnes līmēšanai.

2006. gadā veikts arī a/s „Latvijas valsts meži” zinātniskās izpētes projekts „Apaļo kokmateriālu sortimentu un enerģētisko šķeldu (ciršanas atlieku) klasifikatoru un kodu sistēmas izpēte un izstrāde”; projekta vadītājs – Kārlis Būmanis.

Projekta mērķis: izstrādāt vienotu apaļo kokmateriālu sortimentu, enerģētiskās un celulozes šķeldu klasifikatoru un kodu sistēmu.

Projektā tika izvirzīti šādi darba uzdevumi: pieejamās pieredzes izpēte ārvalstīs, Latvijā, LVM; apaļo kokmateriālu sortimentu, enerģētiskās un celulozes šķeldu, kodu sistēmas izveidošana; vienota kokmateriālu uzmērīšanas datu apmaiņas standarta starp kokmateriālu pircēju un pārdevēju izstrādāšana un aprobācija LVM.

Projekta rezultātā pētīts Latvijas praksē pielietoto apaļo kokmateriālu sortiments, izvērtēta enerģētiskās un celulozes šķeldu klasifikācija un citu valstu pieredze (Zviedrijā, Somijā, Igaunijā un Lietuvā). Izveidoti Latvijas tautsaimniecībā izmantojamo apaļo kokmateriālu sortimentu, enerģētiskās un celulozes šķeldu klasifikatori, kas ietver attiecīgā sortimenta nosaukumu un aprakstu, izmantojot sugu, caurmēru, garumu, kvalitāti u.c. raksturojošos lielumus (Domkins, Būmanis, 2008).

Laikā no 2006. līdz 2009. gadam izstrādāts Latvijas Zinātņu Padomes (LZP) zinātniskais projekts „Atjaunojamo izejvielu kompleksas izmantošanas zinātniskie pamati” (2009); projekta vadītājs – Hennis Tuherms.

Pētījumu mērķis: izpētīt koksnes kā konstrukciju materiāla izmantošanas iespējas; kompleksi izvērtēt Latvijas skujkoku un lapkoku koksnes vērtību un konkurētspēju; izstrādāt rekomendācijas koksnes ekspluatācijas īpašību uzlabošanai ar ekoloģiskajiem paņēmieniem; izpētīt un radīt jaunas tehnoloģijas mazvērtīgo un ātri augošo koku sugu koksnes konkurētspēju paaugstināšanai un koka konstrukciju materiālu aizsargāšanai no priekšlaicīgas bojāšanās ekspluatācijas gaitā.

Projekta rezultātā kompleksi izvērtēta Latvijas skujkoku un lapkoku koksnes kvalitāte. Iekārtoti parauglaukumi priedes, egles, baltalkšņa un apses audzēs, izvērtēti stumburu izmēri un kvalitāte no meža precizitātes viedokļa. Stumbra caurmēra, garuma, raukuma un mizas biezuma datu analīze liecina, ka skaitlisko vērtību izkliede ir liela, un tāpēc šo parametrisko raksturotāju savstarpējās saistības aprakstīšanai tieši šim nolūkam paredzēti modeļi, kuros var izmantot iegūtos mērījumu datus. Lai aizsargātu koka konstrukciju materiālus no priekšlaicīgas bojāšanās ekspluatācijas gaitā, veikta acetilētās koksnes īpašību un kalpošanas laika prognozēšana. Koksnes modificēšana ar acetilēšanu ar etiķskābes anhidrīdu samazina tās ūdens iesūkšanos, padarot koksni hidrofobu. Pētītas lapkoku koksnes izmantošanas iespējas paliktņu izgatavošanai. Uz iegūto datu bāzes piedāvāts modelis paliktņu īpašību noteikšanai (Spulle et al., 2007). Pilnveidots modelis saplākšņu īpašību prognozēšanai pēc standarta ENV 14272:2002 prasībām, modelis aprobēts a/s „Latvijas Finieris”. Pētīti saplākšņu degšanas parametri, mainoties materiāla biežumam un tipam. Piedāvāts skujkoku un lapkoku koksnes termiskās modificēšanas režīms, ar mērķi uzlabot tās ekspluatācijas īpašības.





4. att. Materiālu testēšana SBI iekārtā.  
Fig. 4. Testing of materials in SBI equipment.



5. att. Koksnes paliktņu pārbaudes.  
Fig. 5. Testing of wooden pallets.

Veikti pētījumi termiski un ķīmiski modificētas koksnes degšanas parametru novērtēšanai grīdas materiālu dedzināšanas iekārtā (FRP). Noskaidrots, ka koksnes acetilēšana un termiskā apstrāde palielina tās aizdegšanās risku atklātās liesmas ietekmē, salīdzinot ar dabīgo koksni.

Laikā no 2006. līdz 2009. gadam izstrādāts LZP zinātniskais projekts „Teorētiskie priekšnoteikumi skujkoku meža racionālai apsaimniekošanai” (2007); projekta vadītājs – Hennis Tuherms.

Pētījumā par prioritāti izvirzīts priedes un egles koksnes kvalitātes kompleksais izvērtējums, īpaši akcentējot ģenētiskās nosacītības un saimnieciskās darbības intensitātes, kā arī meža ekosistēmas un meža masīva parametru ietekmi: priedes un egles apaļo sortimentu (stumbra koksnes) vērtējums no meža precizitātes viedokļa (stumbra caurmērs un garums, raukums, mizas biezums, zarojums), priedes un egles stumbra koksnes kvalitātes pētījumi (fizikāli mehāniskās īpašības), rekomendāciju izstrāde par skujkoku koksnes īpašību paaugstināšanu intensīvi apsaimniekotos mežos, ņemot vērā koksnes patērētāju izvirzītās prasības izejmateriāliem dažādu produkcijas veidu ražošanai.

Pētījuma rezultātu zinātniskā nozīmība ir Latvijas skujkoku koksnes, kā konstrukciju materiāla, fizikāli mehānisko un ekspluatācijas īpašību noteikšana, jaunu tehnoloģiju izpēte un radīšana, lai paaugstinātu skujkoku koksnes konkurētspēju un aizsargātu koka konstrukciju materiālus no priekšlaicīgas bojāšanās ekspluatācijas gaitā.

2007. gadā veikts LR ZM Meža attīstības fonda finansētais zinātniskais izpētes projekts „Koksnes un koksnes materiālu inovatīvs pielietojums jaunu produktu izveidei”; projekta vadītājs – Andrejs Domkins.

Projekta mērķis: veicināt koksnes pielietojumu dažādās tautsaimniecības nozarēs, izpētīt jaunākos koksnes kompozītu materiālus un to pielietojuma iespējas jaunu produktu attīstībai. Projekta mērķa grupa galvenokārt ir produkti kā būvniecībai, kas pēdējo gadu laikā attīstās sevišķi strauji, tā arī transportam un iepakojumam (skat. 5. att.). Sagatavot mācību metodisko materiālu studentu apmācībai un tālākizglītības mērķiem, kas sekmētu informācijas apriti sabiedrībā un varētu mainīt priekšstatus par koksnes materiāliem un to ugunsdrošību.

Projekta rezultātā ir pieejama vispusīga informācija par koksnes kompozītu materiāliem, to pielietošanas iespējām, pozitīvajiem un negatīvajiem faktoriem, izvērtēta konstrukciju un materiālu ugunsdrošība, kā arī radītas jaunas idejas koksnes produktu pielietojuma veicināšanai.

Nodrošināta iekļaušanās starptautiskajā zinātniski pētnieciskās sadarbības tīklā, piedaloties starptautiskā ziemeļvalstu projektā „Ugunsdrošas koka ēkas 3” (*Fire Safe Timber Buildings 3*), kurā dalību jau apstiprinājuši partneri no 7 valstīm. Izstrādāti mācību metodiskie materiāli tālākizglītības kursu organizēšanai un LLU Meža un Lauku inženieru fakultāšu studentu apmācībai.

2007. gadā aizsākts un 2008. gadā pabeigts LR ZM Meža attīstības fonda finansētais projekts „Enerģētiskās koksnes plūsmas teorētiskā un eksperimentālā modeļa izstrāde un produktu kvalitātes prasību izvērtējums” (2008); projekta vadītājs – Kārlis Būmanis.

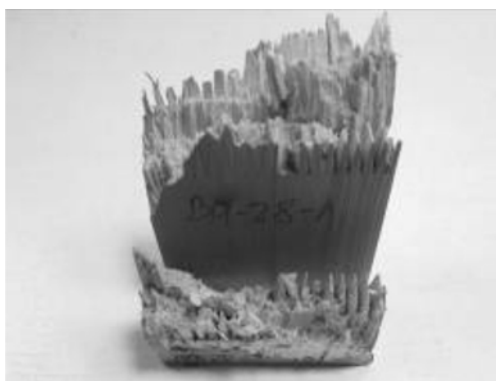
Projekta mērķis: izveidot vienotu modeli sistēmai, ar kuras palīdzību varētu analizēt enerģētiskās koksnes produktu plūsmu, optimizēt plūsmu un prognozēt attīstības scenārijus; izveidot enerģētiskās koksnes produktu kvalitātes aprakstus un to novērtēšanas metodiku; radīt instrumentus enerģētiskās koksnes produktu tirgus organizēšanai Latvijā, ieviešot harmonizētas kvalitātes prasības šiem produktiem un nodrošinot tirgus dalībniekus ar efektīvām un inovatīvām prognozēšanas iespējām.

Projektā analizēti enerģētiskās koksnes produktu patērētāji, apzināti un analizēti enerģētiskās koksnes produktu plūsmā esošie sektori (ražotājs, pārdevējs, transportētājs, pircējs u.c.). Pētīta situācija enerģētisko koksnes produktu standartizācijā Latvijā, Eiropā un globālajā tirgū, analizēta enerģētiskās koksnes produktu klasifikācija, specifikācija un galvenie raksturojošie parametri, kā arī analizēti enerģētiskās koksnes produktu plūsmas ietekmējošie faktori

(normatīvā vide, transporta veidi, kravas ietilpība, transporta ceļi, produkti, kvalitāte, tirgus u.c.). Izstrādātas un veiktas laboratoriskās pārbaudes, dažādiem produktiem nosakot raksturīgos parametrus (mitrums, frakcijas, blīvums, siltumspēja u.c.) dažādos apstākļos. Testēti jauni produkti un izstrādāti kvalitātes uzlabošanas priekšlikumi. Projekta rezultātā veikti enerģētiskās koksnes produktu specifikācijas un kvalitātes apraksti. Izstrādāta kvalitātes novērtēšanas metodika un apkopoti nepieciešamie dati sistēmas modeļa izstrādei. Nodibināti kontakti un uzsākta sadarbība starptautiskā mērogā enerģētiskās koksnes produktu standartizācijas un kvalitātes novērtēšanas jomā. Izstrādātas rekomendācijas enerģētiskās koksnes produktu izejmateriāliem, tehnoloģijām un transportam. Veikti starptautiski atzīti testi enerģētiskās koksnes produktiem. Izveidots sistēmas modelis, ar kura palīdzību var analizēt enerģētiskās koksnes produktu pieprasījumu un plūsmu pie industriālā vai gala patērētāja. Izstrādāti sistēmas palīgrieki, ar kuriem iespējams optimizēt produktu plūsmu un analizēt nākotnes scenārijus, kā arī veikt plūsmas ekonomiskos aprēķinus. Izstrādāts informatīvais nodrošinājums tirgus dalībniekiem (semināri, informatīvie materiāli).

2007. gadā izstrādāts LR ZM Meža attīstības fonda finansētais projekts „Tehniski ekonomiskais novērtējums transportsausas un svaigi zāģētas koksnes līmēšanas un tālākapstrādes tehnoloģiju pārnesei Latvijas kokapstrādes uzņēmumos”; projekta vadītājs – Andrejs Domkins.

Balstoties uz iepriekš izdarītajiem teorētiskajiem pētījumiem un sadarbību ar ārvalstu institūcijām, novērtēta transportsausas un svaigi zāģētas koksnes līmēšanas un tālākapstrādes tehnoloģiju pārnese iespējas un efektivitātes ieviešana Latvijas kokapstrādes uzņēmumos. Sekmīga šādu līmēšanas tehnoloģiju pārnese un plašāka ieviešana konkrētu koksnes produktu ražošanā veicinās ne tikai atsevišķu



6. att. Līmēta koksnes ķīļtapas savienojuma paraugs pēc pārbaudes.  
Fig. 6. Glued wood finger joint specimen after testing.

uzņēmumu konkurētspēju, bet būtiski uzlabos zemākas kvalitātes koksnes kompleksu izmantošanu (Iejavs, 2007).

Veicot projektā plānotās aktivitātes un pētījumus par transportsausas un svaigi zāgētas koksnes pielietojamām līmēm un līmēšanas tehnoloģijām, kā arī līmēšanas un tālākapstrādes tehnoloģiju ekonomisko novērtējumu, iegūti izpētes rezultāti par koksnes netradicionālām līmēšanas iespējām (skat. 6. att.) un līmēšanas tehnoloģijām, kas izmantojami attīstības plānošanai daudzos Latvijas uzņēmumos.

2008. gadā iesākts un 2009. gadā turpinās LR ZM Meža attīstības fonda finansētais zinātniskās izpētes projekts „Paaugstinātas īpatnējās stiprības koksnes plātnes” (2008); projekta vadītājs – MeKA Testēšanas laboratorijas kvalitātes vadītājs, LLU docents, Dr.sc.ing. Uldis Spulle.

Projekta mērķis: apvienot zinātnieku, saplākšņu ražotāju, transporta un ķīmiskās industrijas kompetences jaunu, inovatīvu saplākšņa produktu izstrādei ar pielietojumu transporta industrijā

Projektā veicta saplākšņa tirgus un autobūvei domāto plātņu materiālu prasību apzināšana, noteiktas bērza saplākšņa un jaunizstrādātā koksnes plātņu produkta fizikāli mehāniskās un ugunsizturības īpašības. Izstrādāti paņēmieni koksnes plātņu ar paaugstinātu īpatnējo stiprību ražošanai.

Paaugstinātas īpatnējās stiprības koksnes plātnes veicinās koksnes plātņu industrijas attīstību un konkurētspēju tirgū. Šāds produkts ir pieprasīts tirgū, piemēram, transporta industrijā.

Pielietojot plātnes ar paaugstinātu īpatnējo stiprību transporta industrijā, sagaidāmi šādi ieguvumi: loģistikā (pārvadājuma izmaksu samazināšanās), ekoloģijā (mazāks degvielas patēriņš uz vienu kravas vienību un, līdz ar to, mazāks vides piesārņojums, saudzēti neatjaunojamie dabas resursi) u.c. Prognozējams koksnes materiālu patēriņa samazinājums un atlikumu racionāla izmantošana.

2008. gadā iesākts un 2009. gadā turpinās arī LR ZM Meža attīstības fonda finansētais zinātniskās izpētes projekts „Koksnes materiālu ugunsreakcijas un mehānisko īpašību pētījumi un jaunu produktu izstrāde” (2008); projekta vadītājs – LLU asociētais profesors, Dr.chem. Andris Morozovs.

Projekta mērķis ir veicināt daudzveidīgu un inovatīvu koksnes pielietojumu dažādās tautsaimniecības nozarēs, izpētīt jaunākos koksnes kompozītu materiālus un to pielietojuma iespējas jaunu produktu attīstībai.

Projekta darba uzdevumos ietilpst pētījums par koksnes ugunsreakciju ietekmējošo faktoru izpēti, kā arī dažādu Latvijā pieejamo koksnei paredzēto antipirēnu efektivitāti un to ugunsreakcijas novērtēšana kombinācijā ar konkrētu materiālu atbilstoši ugunsreakcijas klasifikācijas standartam.

Projekta rezultātā iegūti dati par koksnes un koksnes kompozītu materiālu ugunsreakcijas parametriem ugunsdrošības prognozēšanai un uzlabošanas metodēm (Buksans, Morozovs, 2008a; 2008b). Pētījuma rezultāti par koksnes iepakojuma materiālu nestspēju dod praktiskas zināšanas par koksnes iepakojuma materiālu mehāniskajām īpašībām atkarībā no dažādiem faktoriem. Jauna koksnes produkta izstrāde paver iespēju izmantot mazvērtīgo koku sugu koksni, radot produktu ar augstu pievienoto vērtību. Nekoksnes celulozes šķiedru iegūšanas tehnoloģijas izstrāde un šķiedru pielietošanas sfēras apzināšana, piedāvājot tirgū jaunus produktus un izejvielas, izmantojot atjaunojamus dabas resursus.

2008. gadā veikts ZM Meža attīstības fonda finansētais zinātniskās izpētes projekts „Latvijā ražotu augstas pievienotās vērtības koksnes produktu kvalitātes pētījums un atbilstības novērtēšanas sistēmas ieviešanas problēmu iespējamie risinājumi”; projekta vadītājs – MeKA Testēšanas laboratorijas tehnikais vadītājs, LLU lektors Edgars Bukšāns.

Projekta mērķis: paaugstināt Latvijas kokrūpniecības uzņēmumu konkurētspēju Latvijas un Eiropas tirgū, veicinot produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanu, to atbilstības novērtēšanu un sertifikāciju.

Projekta rezultātā veikts pētījums likumdošanas jomā par atbilstības novērtēšanu saistībā ar CE marķējuma ieviešanu koksnes produktiem, kuri pakļaujas būvizstrādājumu direktīvai. Izstrādātas vadlīnijas Latvijas uzņēmējiem, kuri ražo līmētu koksnes konstrukciju elementus. Izstrādātas vadlīnijas publisko iepirkumu veicējiem par tehnisko specifikāciju un prasību sastādīšanu mēbeļu grupām.

2008. gadā veikts LR ZM Meža attīstības fonda finansētais zinātniskās izpētes projekts „Kokrūpniecības nozares sektoru izpēte”; projekta vadītājs – Andrejs Domkins.

Projekta mērķis: novērst šī brīža aktuālās informācijas trūkumu, apzināt šobrīd būtiskākajos – mežizstrādes un būvniecības – sektoros strādājošos uzņēmumus, iegūt individuālus datus par šo uzņēmumu pašreizējo stāvokli un attīstības iespējām nākotnē. Apzināt nozarē strādājošos mikrouzņēmumus un to attīstību ietekmējošos faktoros. Radīt metodiku un instrumentus, kas ļauj novērtēt meža nozares produkcijas konkurētspēju starptautiskā kontekstā un izstrādāt produktu attīstības scenārijus.

Projektā izvirzīti šādi darba uzdevumi: veikt ekonomisko pētījumu par mežizstrādes un būvniecības (namdari un galdnieki) sektoru ar mērķi prognozēt sektoru attīstību tuvākajos trīs gados. Pilnveidot interaktīvo ekonomiskās analīzes prognozēšanas elektronisku modeli attīstības scenāriju modelēšanai

un prognozēt meža nozares attīstību tuvākajos gados. Sagatavot priekšlikumus iegūto datu izmantošanai Centrālās Statistikas pārvaldes gatavotās informācijas pilnveidei.

Iegūstot precīzus datus par mežizstrādes uzņēmumu un apaļo kokmateriālu pārvadātāju uzņēmumiem un izvērtējot pašreizējo situāciju, ir vieglāk pārskatīt šī brīža stāvokli sektorā, konkurences lielumu un perspektīvas. Apzinot šo uzņēmumu tehniskā parka stāvokli un raksturojumu, iegūts reāls raksturojums par mežizstrādes un apaļo kokmateriālu pārvadātāju uzņēmumos aktīvajā darbībā izmantoto tehniku (modeļi, skaits, vecums, tehniskais stāvoklis). Rezultātā ir vieglāk prognozēt nozarē strādājošo uzņēmumu attīstības iespējas, konkurētspēju, vēlmi apgūt jaunākās nozares tehnoloģijas un sniegt augstākas kvalitātes pakalpojumus. Apkopojot mašinizētās mežizstrādes uzņēmumu, kā arī kokvedēju un šķeldu pārvadātāju aptaujā iegūtos datus, prognozes un problēmu skatījumus, iegūts plašs ieskats par iespējamajiem attīstības virzieniem šajā sektorā un problēmu risināšanas iespējām tuvāko gadu laikā. Iegūti dati par vidējo pakalpojuma sniegšanas pašizmaksas struktūru grupējumā pēc uzņēmuma lieluma un darbības specifikas. Būvniecības (namdari un galdnieki) sektora izpētes rezultāti nepieciešami scenāriju un darbības plānu izstrādei, kuru mērķis ir augstas pievienotās vērtības produktu ražošana. Tas sekmēs augstvērtīgāka aprīkojuma un tehnoloģiju izmantošanu visos sektoros, kas savukārt nodrošinās efektīvāku koksnes iegūvi un izmantošanu. Tā rezultātā tiks ražoti koksnes produkti ar paaugstinātu pievienoto vērtību, tādējādi veicinot mikrouzņēmumu izdzīvošanas iespējas un mazinot spriedzi koksnes resursu tirgū. Pilnveidojot interaktīvo ekonomiskās analīzes prognozēšanas elektronisko modeli, iespējams efektīvāk optimizēt produktu un pakalpojumu plūsmu un analizēt nākotnes scenārijus, kā arī veikt plūsmas ekonomiskos aprēķinus. Sagatavots informatīvais nodrošinājums tirgus dalībniekiem par koksnes konstrukciju un citu līdzvērtīgu (aizstājēju) materiālu energoietilpību un fosilo izmešu emisiju ražošanas un celtniecības procesos, kā arī oglekļa piesaisti materiālos.

2008. gadā veikts a/s „Latvijas valsts meži” zinātniskās izpētes projekts „Šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu noteikšana”; projekta vadītājs – Kārlis Būmanis.

Projektā apzināti un analizēti Latvijā un ārvalstīs veiktie (saistošie) zinātniskie pētījumi un projekti, izvērtēta pašreizējā situācija un aprakstīta enerģētisko šķeldu tilpuma noteikšana. Izstrādāta metodika šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu (STSK) noteikšanai. Veikti laboratorijas testi šķeldu

paraugiem brīvā tilpuma noteikšanai. Eksperimentāli mērītas šķeldu kravas pēc kraujmēra metodes to uzkraušanas, transportēšanas un izkraušanas fāzēs. Izdarīti STSK noteikšanas mērījumi dažādos pārvadāšanas attālumos dažādos ceļa seguma apstākļos. Definēti un analizēti STSK ietekmējošie faktori. Analizēta STSK noteikšanas nozīmība un ekonomiskais novērtējums LVM enerģētisko šķeldu piegādēs.

Izvērtējot situāciju enerģētisko šķeldu brīvā tilpuma noteikšanas jomā un apzinot veiktos pētījumus, iegūts konstruktīvs ieskats par minētās problemātikas risināšanas gaitu un attīstības tendencēm gan Latvijā, gan ārvalstīs. Izstrādāta zinātniski pamatota metodika šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu noteikšanā. Iegūtas un izvērtētas šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu vērtības dažādos transportēšanas attāumos.

2008. gadā realizēts LR ZM Meža attīstības fonda finansētais zinātniskās izpētes projekts „Enerģētiskās koksnes plūsmas teorētiskā un eksperimentālā modeļa izstrāde un produktu kvalitātes prasību izvērtējums”; projekta vadītājs – Kārlis Būmanis. Projektā izveidots vienots modelis sistēmai, ar kuras palīdzību var analizēt enerģētiskās koksnes produktu plūsmu, veikt plūsmas optimizāciju un prognozēt attīstības scenārijus. Modelēšanas process aptver četrus pamatsoļus: sistēmas robežu identifikācija (pētāmā vide), sistēmas konceptuālā modeļa izstrāde (sistēmas sakarības), sistēmas notikumu modeļa izveide (sistēmas loģiskās sakarības) un rezultātu analīze.

Projektā ir izveidots enerģētiskās koksnes produktu kvalitātes apraksts un novērtēšanas metodika. Radīti instrumenti enerģētiskās koksnes produktu tirgus organizēšanai Latvijā, ieviešot harmonizētas kvalitātes prasības šiem produktiem un nodrošinot tirgus dalībniekus ar efektīvām un inovatīvām prognozēšanas iespējām.

## Kopsavilkums

No visiem pētījumiem īpaši jāatzīmē Valsts pētījumu programma „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas”, kas veidota ar mērķi veikt pētījumus par pieejamo koksnes resursu izvērtēšanu un palielināšanu, to racionālu izmantošanu kvalitatīvu materiālu un produktu ar augstu pievienoto vērtību ieguvei. Apvienojot plaša spektra zinātnisko kompetenci, vienojušies trīs Latvijas vadošo meža un koksnes pētījumu un izglītības institūciju pētnieki, pārstāvēt visas meža nozares: mežsaimniecību (Mežzinātnes institūts „Silava”, LLU Meža fakultāte), kokapstrādi un ekonomiku (Kokapstrādes katedra),

un koksnes dziļo pārstrādi (LV Koksnes ķīmijas institūts). Šī sadarbība ļauj identificēt problēmas meža un koksnes zinātnes saskares punktus, veicina starpdisciplināro pētījumu attīstību, tai skaitā arī ar dažādu specialitāšu un augstskolu studentu apvienošanu pētniecības grupās. Tādējādi paplašinās pētniecisko uzdevumu integrētas risināšanas iespējas, apmainoties ar informāciju, izzinot kolēģu pieredzi, regulāri apspriežot sasniegtos rezultātus, paplašinot to interpretācijas iespējas un precizējot tālāk veicamos uzdevumus. Attīstot institūciju sadarbību, rodas plašas iespējas iesaistīto pētnieku un studentu tehnisko iespēju (pētniecības iekārtu, to apkalpojošā personāla) izmantošanai un jaunu pētniecības metožu apgūšanai, kā arī kopdarbībā veidojas sinerģētisks efekts.

Šī programma stimulē arī pedagoģiskās darbības pilnveidošanu, mācību programmu uzlabošanu, optimizēšanu un modernizēšanu, jaunu zinātniski pamatotu akadēmisko studiju programmu un priekšmetu izstrādāšanu un ieviešanu, rada priekšnoteikumus augsti profesionālu plaša profila speciālistu sagatavošanai, maģistrantūras un doktorantūras studiju kvalitātes paaugstināšanai.

Kokapstrādes katedras ilgu gadu darba rezultātā izveidotais integrācijas modeļa ieguvums ir ne tikai konkrēti pētījumu rezultāti – pētījumos iesaistītie studenti pēc augstskolas absolvēšanas attīsta sadarbību ar mežu apsaimniekotājiem un ražotājiem, ieinteresējot izmantot meža un koksnes zinātnes sasniegumus.

## Literatūra

1. *Apaļo kokmateriālu sortimentu un enerģētisko šķeldu (ciršanas atlieku) klasifikatoru un kodu sistēmas izpēte un izstrāde.* (2006) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 36 lpp.
2. *Atjaunojamo izejvielu kompleksas izmantošanas zinātniskie pamati.* (2009) LLU Kokapstrādes katedra, Jelgava, 36 lpp.
3. *Bērza koksnes un bērza saplākšņu ekspluatācijas īpašības atkarībā no koku augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas.* (2005) LLU Kokapstrādes katedra, Jelgava, 168 lpp.
4. Buksans, E., Morozovs, A. (2007) Influence of wood moisture content to material reaction to fire. *Proceedings of the 3rd meeting of the Nordic Baltic Network in Wood Material Science & Engineering*, LVKĶI, Rīga, 91- 96.
5. Buksans, E., Morozovs, A. (2008a) Influence of surface coating to wood material reaction to fire. *Baltic Polymer Symposium 2008 Programme and Abstracts, Otepää, Estonia, May 13-16, 2008*, p. 16.
6. Buksans, E., Morozovs, A. (2008b) Influence of surface coatings on wood material reaction to fire. *Nordic baltic network in wood material science & engineering WSE, 2008*. Rīga, 83-88.
7. Domkins, A., Būmanis, K. (2008) A European Wood processing strategy. *Country reports COST E44 Input wood processing strategy*. Edited by Ghent University, Ghent, 183-196.
8. Domkins, A., Ošs, J. (2007) Simulation method for the wood resource flow analysis. *COST Action E44 Conference "Modelling the Wood Chain: Forestry – Wood Industry – Wood Products Markets"*. Helsinki, 153-159.
9. *Enerģētiskās koksnes plūsmas teorētiskā un eksperimentālā modeļa izstrāde un produktu kvalitātes prasību izvērtējums.* (2008) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 52 lpp.
10. Iejavs, J. (2007) The influence of wood moisture content and impregnation on critical bending strength of fingerjointed spruce wood. *Adhesives in woodworkong industry. XVIII Symposium, Pokroky vo vyrobe apouziti lepidiel v drevopriemysle*. Zvolen, 184-188.
11. *Koksnes materiālu ugunsreakcijas un mehānisko īpašību pētījumi un jaunu produktu izstrāde.* (2008) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 126 lpp.
12. *Kokrūpniecības nozares sektoru izpēte.* (2008) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 110 lpp.
13. *Koksnes resursu plūsmas modeļa izstrāde un aprobācija.* (2005) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 33 lpp.
14. *Koksnes un kokmateriālu pielietojuma veidu dažādošanai nepieciešamo īpašību teorētiskā un eksperimentālā izpēte.* (2006) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 163 lpp.
15. *Koksnes un koksnes materiālu inovatīvs pielietojums jaunu produktu izveidei.* (2007) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 131 lpp.
16. *Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas.* (2008) LLU Kokapstrādes katedra, Jelgava, 119 lpp.
17. *Latvijā ražotu augstas pievienotās vērtības koksnes produktu kvalitātes pētījums un atbilstības novērtēšanas sistēmas ieviešanas problēmu iespējamie risinājumi.* (2008) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 96 lpp.

18. *Latvijas priedes (Pinus sylvestris) koksnes atbilstības noteikšana ASV būvniecības normatīvu prasībām.* (2005) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 29 lpp.
19. *Paaugstinātas īpatnējās stiprības koksnes plātnes.* (2008) LR Zemkopības ministrija, Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 109 lpp.
20. *Pētījumi par jaunu koksnes produktu izmantošanu būvniecībā un priekšlikumu sagatavošana to izmantošanas tehnisko un normatīvo barjeru novēršanai.* (2005) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 15 lpp.
21. Spulle, U., Pušinskis, V. (2006) Research of strength of Euro pallets. *Proceedings of the 5th IUFRO Symposium "Wood Structure and Properties 06"*. Zvolen, 485-489.
22. Spulle, U., Pušinskis, V., Tuherm, H. (2007) Investigation of the bending strength of hardwood (aspen and alder) pallets. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology*, No. 62, 246-250.
23. Spulle, U., Pušinskis, V., Tuherm, H. (2008) Priedes un egles koksnes kravas paliktņu lieces noturība. *LLU Raksti*, Nr. 20 (315), 136-144.
24. *Šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu noteikšana.* (2008) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 30 lpp.
25. *Tehniski ekonomiskais novērtējums transportsausas un svaigi zāģētas koksnes līmēšanas un tālākapstrādes tehnoloģiju pārnesei Latvijas kokapstrādes uzņēmumos.* (2007) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 22 lpp.
26. *Teorētiskie priekšnoteikumi skujkoku meža racionālai apsaimniekošanai.* (2007) LLU Kokapstrādes katedra, Jelgava, 28 lpp.
27. Tuherm, H., Ludvigsone-Rudzīte, S. (2006) Development of Forest Industries in Latvia. *Scandinavian Forest Economics*, No. 41, 387-396.
28. *Uzņēmumos nodarbināto speciālistu profesiju un kvalifikācijas pieprasījuma izpēte un tālmācības elementu ieviešana pēcdiploma apmācībās.* (2005) Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts, Jelgava, 32 lpp.
29. Миончинский, У., Пушинский, В., Тухерм, Х., Долацис, Я., Хролс, Ю. (2004) Влияние гидротермической обработки и ложного ядра на физико-механические характеристики древесины березы повисли. *Строение свойства и качество древесины-2004. Труды Международного симпозиума*. Том I. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, Санкт-Петербург, 302-305.

## Branch Traits as Selection Criteria in Scots Pine Breeding in Latvia Zarojuma pazīmes kā atlasē kritērijs parastās priedes selekcijā Latvijā

Āris Jansons, Imants Baumanis

Latvian Forest Research Institute "Silava"  
Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”  
e-mail: Aris.Jansons@silava.lv

Matti Haapanen

Finnish Forest Research Institute "Metla"  
Somijas Mežzinātnes institūts „Metla”

**Abstract.** Branch traits are a major factor affecting the grade and value of sawn goods and therefore must be considered in tree breeding. In this study, the relationship among branch and growth traits was analyzed using data from 10 open pollinated progeny trials measured at the age of 14-33 years. Narrow-sense heritability estimates for traits characterizing branch thickness (on average 0.14) and height up to first living branch (0.20) were at the same level as the heritability estimates for tree diameter (0.14), but lower than for tree height (0.45). The coefficients of additive genetic variation for branch thickness traits (11.4% on average) and height up to the first living branch (16.2%) were slightly higher than for growth traits (8.4%) indicating a high potential for the improvement of branch properties through breeding. Selection for height (intensity 10%) would result in a smaller increase of most of the traits characterizing branch thickness than selection by diameter (on average 7% vs 9.1%). Besides, it would improve the branch diameter/stem diameter ratio and the proportional length of green crown (-7.5% and -2.4%, respectively). Selection for height yields in a higher indirect gain in stem volume than does selection for diameter (24.1% vs 5%), and provides a higher gain in stem diameter than would be achieved by direct selection for these trait. Inclusion of tree height and diameter of the thickest branch in a selection index is recommended to secure simultaneous improvement in both growth and quality.

**Key words:** branch traits, genetic gain, selection index.

### Introduction

The good quality of Latvian Scots pine (straight stems, thin branches) has been known for several centuries (Gailis, 1964), and a special natural variety *Pinus sylvestris* var. *rigensis* (Molotkov, Patlaj, 1991) was classified on the basis of these distinct phenotypic characteristics. Attention has been paid to quality traits also in pine breeding, which started in Latvia in the early 1960s. Plus tree selection was carried out by applying an index, in which (in addition to growth) 25% of the tree value was based on natural pruning (the proportional length of the branch-free part), and 25% – on crown quality (Gailis, 1968). These plus tree selections were utilized to establish the first round seed orchards. Surprisingly, almost no difference in branch thickness has been found between progenies of seed orchard seedlots and ordinary stand seedlots at the age of 21 year (Baumanis et al., 2002). Whether this is due to the imprecise evaluation method (visual scoring using 3 grades only) or due to the fact that branch traits are under low genetic control, remains to be resolved.

Progeny trials established to determine breeding values of the Scots pine plus trees are now approaching

1/3 of commercial rotation. Hence, a number of branch characteristics, like height to first living branch, may now be evaluated and more reliable conclusions may be drawn about the quality of the trees at the end of rotation. Since the second cycle of pine breeding is starting in Latvia, it is important to gather information on branch traits. This is needed to create selection criteria for a simultaneous improvement of growth and quality and to predict economic revenues from tree breeding process.

Effects of silvicultural treatments on branch traits of Scots pine, such as initial spacing and the intensity of precommercial thinnings, have been extensively studied in Finland and Sweden. It has been concluded that an increase in the initial stand density of up to 2000-2500 trees ha<sup>-1</sup> has a marked influence on decrease of branch thickness whereas further increase in the planting density has only marginal impact on branch traits (Jokinen, Kellomäki, 1982; Turkia, Kellomäki, 1987; Oker-Blom et al., 1988). Similar conclusions have been drawn from thinning experiments: branch thickness is reduced when the thinning is delayed (at mean height of 7-8 m instead of 1.2-1.5 m) and when fewer stems are removed in

Table 1

**Description of Latvian Scots pine progeny tests used in the study**

Trial	Age	Group	Site type	Spacing	Number of			Survival
					families	trees per plot	replications	
1217	14		<i>Myrtillosa</i>	1.5×1	36	1	13.4	76
1218	14		<i>Myrtillosa</i>	1.5×1	36	1	18.5	55
1111	17	1	<i>Hylocomiosa</i>	2×2	37	1	13.7	51
1204A	17		<i>Hylocomiosa</i>	1.5×1	37	1	16.5	72
1204B	17		<i>Cladinoso callunosa</i>	1.5×1	37	1	17.3	63
30	27		<i>Vacciniosa</i>	2×1	80	10	8	44
31	27		<i>Hylocomiosa</i>	2×1	80	10	6	45
32	27	2	<i>Vacciniosa</i>	2×1	80	8	8	48
28	33		<i>Myrtillosa</i>	2×1	283	15	3	34
41	28		<i>Vacciniosa</i>	2×1	106	8	6	55

Explanation.

Trial – trial number in Swedish (first 5) or Latvian long-time forest experiment database.

Age – absolute age in time of measurement.

Group – defined for summarizing result tables: in group 1 younger trials with single tree plots, in group 2 older trials with multiple tree plots.

Site type – characterized according to dominant ground vegetation according to Bušs (1976).

Number of trees per plot and replications – harmonic means of number of trees used in analysis (dominant trees in time of measurement).

Survival – for the families included in analysis, %.

No thinning has been done in experimental plots prior to measurement.

the thinning, particularly comparing densities after thinning from about 600 to 3000 trees ha<sup>-1</sup> (Fahlvik, 2005; Ulvcróna et al., 2007). Even if heavily suppressed branches do not grow much after the first thinning, they remain alive for a long time, which considerably reduces natural pruning rate (Mäkinen, 1999a; Valinger, 1993). Most of the reduction of branch diameter occurs on the first 4-6 m from the stem base (Fahlvik, 2005; Moberg, 1999; Ulvcróna et al., 2007; Uusvaara, 1985). Besides, improving quality through silvicultural methods can only take place at the expense of stem growth (Mäkinen, 1999a, b; Oker-Blom et al., 1988). Considering that the largest share of the monetary value of logs (85% in Finland – Uusvaara, 1985) is determined by volume, seeking quality improvement at the expense of growth is not reasonable. Furthermore, delayed precommercial thinning will lead to financial losses at the time of the first commercial thinning (Fahlvik, 2005) and a longer period for the stand to meet the target average diameter required for final felling (Mäkinen et al., 2005). Therefore, the importance of tree breeding as a method for simultaneous improvement of both branch properties and volume growth needs to be recognized.

Considering the above-mentioned open questions, the aim of this study is to

- 1) evaluate the genetic determination of branch traits and the possibility to influence them through tree breeding;
- 2) estimate correlations among branch and growth traits;
- 3) find selection criteria suitable for simultaneous improvement of growth and branch quality.

## Materials and Methods

The study material consisted of 10 open-pollinated Scots pine progeny trials (Table 1) in Latvia (latitude 56°-57°) and in a region in Sweden with similar climatic conditions to Latvia (latitude 56°-60°).

In the trials planted in Sweden, every tree was assessed for height, diameter at breast height (1.3 m), and branch thickness. Branch thickness was evaluated using a 9-grade scale (1 – very thin branches, 9 – very thick branches). The scoring was relative to other trees in the experiment with a similar diameter. In 3 trials (1218, 1204A, 1204B), the thickest branch up to 2 meters height was measured, and in 2 trials (1218, 1204B) the number of branches in the whorl closest to the 1.3 m height was counted. In the Latvian trials, total height, height up to the first living branch, diameter at breast height (1.3 m), and diameter of all branches in the whorl closest to 1.3 m were measured.



Table 2

**List of abbreviations used for growth and branch parameters**

h	height, m
hgb	height up to first living branch, m
d	diameter at breast height, cm
hd	slenderness ( $h \cdot d^{-1}$ )
bd	diameter of thickest branch up to 2 m height, mm
bd1, bd2, bd3	diameter of 1st, 2nd, and 3rd thickest branch in the whorl closest to breast height, mm
bn	number of branches in the whorl closest to breast height
gc	length of living crown, %, $((h-hgb) \cdot h^{-1}) \cdot 100$
bdsum	sum of diameters for branches closest to breast height, mm
bdav	average branch diameter, mm, $(bdsum \cdot bn^{-1})$
bdtop	average diameter of 3 thickest branches, mm, $(bd1+bd2+bd3) \cdot bn^{-1}$
bdpercx	diameter of thickest branch vs stem diameter, %, $(bd1 \cdot d^{-1}) \cdot 10$
bdpercmm	average branch diameter vs stem diameter, %, $(bdav \cdot d^{-1}) \cdot 10$
bg	branchiness in grades
vol	stem volume, m <sup>3</sup>

Note. See text for details.

Table 3

**Values of genetic parameters, mean and standard deviation in 27-33-year-old Scots pine progeny trials**

Variables	Parameters							mean	STD
	$h^2_i$	$se_i$	$h^2_{fam}$	$se_{fam}$	$CV_a$	$CV_{pi}$	$CV_{pfam}$		
h	0.45	0.05	0.49	0.04	7.8	11.8	5.6	11.9	1.5
hgb	0.20	0.07	0.27	0.05	7.8	16.2	7.5	6.6	1.1
d	0.14	0.04	0.27	0.08	8.9	25.0	8.9	12.3	3.0
hd	0.08	0.01	0.18	0.05	5.6	20.2	7.0	1.0	0.2
bd1	0.17	0.02	0.31	0.04	12.1	30.7	11.2	12.3	3.9
bd2	0.17	0.02	0.29	0.05	12.5	31.8	12.0	10.8	3.5
bd3	0.12	0.03	0.23	0.06	11.0	34.3	12.6	9.4	3.3
bdav	0.15	0.03	0.28	0.05	11.5	30.8	11.4	8.6	2.8
bdtop	0.17	0.02	0.30	0.05	12.1	30.7	11.7	10.9	3.4
bn	0.07	0.04	0.20	0.06	6.7	23.5	7.5	6.1	1.5
gc	0.07	0.01	0.14	0.02	4.8	18.1	6.7	44.1	8.2
bdsum	0.12	0.01	0.23	0.04	12.5	37.5	13.8	54.8	19.3
bdpercx	0.14	0.04	0.25	0.05	10.4	27.4	10.1	11.4	2.9
bdpercmm	0.09	0.05	0.18	0.07	8.9	28.1	10.1	7.3	2.0

$CV_{pi}$  – coefficient of phenotypic variation among individual trees.

Presented values are means from 5 trials, weighted by inverse  $se_i$  (for  $h^2_i$ ) and  $se_{fam}$  (for  $h^2_{fam}$ ,  $CV_a$ ,  $CV_{pi}$ , and  $CV_{pfam}$ ), and medians from all results from particular experiments for mean and STD.

Branch diameter was measured 1 cm from stem, parallel to stem axis. If the branch was lost, but the scar of the branch was easily distinguished, diameter of the scar was measured in the direction parallel to stem axis.

Every tree's position in the stand was recorded. The trees that were clearly suppressed (Kraft class 3 and 4), comprising on average 7% of all the trees in the 14-17- year-old trials and 21% in the older trials, were not included in the analyses. Furthermore, those plots where deaths of trees from root rot have been reported (in 27 years old and older trials), were also not included in the analyses.

Variance components were computed separately for each trial using SAS Proc Mixed and the general linear model:

$$y_{ir} = \mu + F_i + B_r + FB_{ir} + E_{irk}, \quad (1)$$

where

- $y_{ir}$  – trait y measured;
- $\mu$  – overall mean;
- $F_i$  – the effect of family;
- $B_r$  – the effect of block;
- $FB_{ir}$  – interaction among block and family (plot effect);
- $E_{irk}$  – the error term.

Open pollinated families were assumed to consist mostly of half-sibs, consequently  $4\sigma_F^2$  was considered to be an estimate of the additive genetic variance ( $\sigma_A^2$ ).

Narrow-sense heritability ( $h^2$ ) and its standard error ( $se_h$ ), half-sib family mean heritability ( $h_{fam}^2$ ) and its standard error ( $se_{h_{fam}}$ ) as well as coefficients of additive variation ( $cv_a$ ) were calculated according to methods described by Falconer and Mackay (1996).

A coefficient of phenotypic variation among family means ( $cv_{pfam}$ ) in percentage was estimated as:

$$cv_{pfam} = \frac{100 \cdot \sqrt{\sigma_F^2 + \frac{\sigma_{FB}^2}{b} + \frac{\sigma_E^2}{bn}}}{\mu}, \quad (2)$$

where

- $\sigma_F^2$  – family variance component;
- $\sigma_{FB}^2$  – family-block (replication) variance component;
- $\sigma_E^2$  – error variance component;
- $b$  – harmonic mean of replications per family;

$n$  – harmonic means of trees per plot.

Additive genetic correlations ( $r_a$ ) between two traits (x and y) measured on the same individuals from family covariance ( $cov_{xy}$ ) and family variance components ( $\sigma_{Fx}^2, \sigma_{Fy}^2$ ) were estimated as:

$$r_a = \frac{cov_{xy}}{\sqrt{\sigma_{Fx}^2 \cdot \sigma_{Fy}^2}}. \quad (3)$$

Approximate standard errors for genetic correlations,  $se_{r_a}$ , were estimated as:

$$se_{r_a} = \frac{1 - r_a^2}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{se_{h_x^2} \cdot se_{h_y^2}}{h_{fx}^2 \cdot h_{fy}^2}}. \quad (4)$$

Genetic gain from backward selection ( $\Delta g\%$ ) was estimated as:

$$\Delta g\% = i \cdot h_{fam}^2 \cdot cv_{pfam} \cdot 2. \quad (5)$$

Correlated gain ( $\Delta cg\%$ ) in trait y when selecting for trait x was estimated as:

$$\Delta cg\% = i \cdot h_{famy} \cdot h_{famx} \cdot r_{axy} \cdot cv_{pfamy} \cdot 2. \quad (6)$$

Coefficient 2 has been used in formulas 5 and 6, since estimates are based on half-sib families.

Abbreviations used for the variables in the text and the tables are summarized in Table 2.

## Results

Genetic and phenotypic parameters, characterizing analyzed variables, are summarized in Table 3 for group 2 trials and described further in text for group 1 trials.

Highest estimate for narrow-sense heritability in both groups of trials was for tree height (0.45). Heritability of stem diameter was more than 2 times lower, and slightly higher in the younger trials (group 1) than in the older ones (group 2) – 0.20 and 0.14 respectively.

Height up to the first living branch in group 2 trials had a slightly higher heritability than diameter (0.20), whereas the relative length of the living crown (in percents of total tree height) had a low heritability (0.07). The single-site estimates of heritability for number of branches per whorl showed much variation among group 2 trials: estimates close to zero (0.02) in two of the trials, and 0.14 in two of the trials. The corresponding estimates in the group 1 trials were slightly higher (0.18, on average).

In the group 1 trials, narrow-sense heritability of diameter of the thickest branch (0.15) was slightly

Table 4  
Genetic and phenotypic correlations among traits in 27-33-year-old Scots pine progeny trials

Variable	Variable													
	h	hgb	d	hd	bd1	bd2	bd3	bdav	bdtop	bn	gc	bdsum	bdpercx	bdpercm
h	0.94 (0.02)	0.90 (0.03)	0.11 (0.32)	0.53 (0.27)	0.41 (0.31)	0.33 (0.42)	0.53 (0.28)	0.48 (0.29)	0.14 (0.45)	-0.39 (0.44)	0.47 (0.32)	-0.63 (0.05)	-0.67 (0.10)	
hgb		0.76 (0.07)	0.36 (0.46)	0.37 (0.32)	0.04 (0.23)	-0.26 (0.17)	-0.12 (0.26)	0.13 (0.34)	0.01 (0.35)	-0.74 (0.34)	-0.37 (0.16)	-0.72 (0.20)	0.42 (0.60)	
d			-0.25 (0.65)	0.49 (0.38)	0.85 (0.22)	0.79 (0.05)	0.94 (0.15)	0.90 (0.17)	-0.16 (0.02)	0.20 (0.16)	0.30 (0.35)	0.17 (0.43)	-0.37 (0.33)	
hd				-0.24 (0.39)	N	0.11 (0.73)	-0.30 (0.43)	-0.51 (0.29)	N	-0.87 (0.13)	-0.80 (0.28)	0.20 (0.44)	N	
bd1					0.98 (0.01)	0.88 (0.01)	0.97 (0.02)	N	-0.35 (0.24)	0.53 (0.06)	0.71 (0.13)	0.94 (0.10)	0.64 (0.31)	
bd2						0.98 (0.01)	0.96 (0.00)	N	-0.24 (0.34)	0.52 (0.23)	0.97 (0.05)	0.89 (0.19)	0.89 (0.17)	
bd3							0.91 (0.02)	0.98 (0.01)	0.16 (0.00)	0.43 (0.33)	0.95 (0.01)	0.80 (0.20)	0.62 (0.51)	
bdav								0.99 (0.01)	-0.27 (0.03)	0.76 (0.25)	N	0.65 (0.25)	0.15 (0.60)	
bdtop									-0.17 (0.22)	0.45 (0.21)	N	0.87 (0.15)	0.87 (0.22)	
bn										-0.62 (0.26)	0.40 (0.03)	-0.05 (0.24)	-0.05 (0.00)	
gc											0.58 (0.31)	-0.50 (0.39)	0.23 (0.17)	
bdsum												0.41 (0.11)	0.89 (0.28)	
bdpercx													N	
bdpercm														0.80

Explanation.  
Above the diagonal – genetic correlations ( $r_g$ ), standard error in brackets;  
below the diagonal – phenotypic correlations;  
N – data from only 1 experiment – not presented;  
means calculated by weighting by inverse of standard errors in respective trial.

smaller than heritability for stem diameter, whereas practically no difference between these two estimates was observed in the group 2 trials (single-site heritability values for diameter of thickest branch in interval 0.14-0.23). Diameter of the first thickest branch and the second thickest branch in the same whorl showed equal heritability, but for the third thickest branch heritability was slightly lower (0.17, 0.17, and 0.14 respectively), though the number of observations does not differ. Moreover, heritability for the average diameter of the 3 thickest branches and the average diameter of all the branches in the whorl did not differ from heritability of the thickest branch. Heritability estimate for the sum of branch diameters and the relationship between branch and stem diameters was slightly lower than heritability for above-listed branch traits.

Branch thickness assessed in grades (evaluated in group 1 trials) had a notably higher heritability value (0.28) than other branch traits; it is even higher as for stem diameter.

Relative differences among half-sib family mean heritabilities follow the same pattern as for narrow sense heritabilities.

Coefficient of additive variation, determining the potential of breeding to improve a particular trait, was slightly higher for diameter than for height. This difference was smaller in older trials (group 2). Coefficient of additive variation was at the same

level also for height to first living branch and number of branches. Low  $CV_A$  values were typical for traits with low heritability, such as the length of living crown and slenderness. In group 2 trials, branch traits with equal heritability had also similar  $CV_A$  values: diameter of the first and the second thickest branch, the average diameter of the 3 thickest branches; slightly lower coefficient of additive variation is for diameter of third thickest branch and average branch diameter. All this group of branch diameter traits has  $CV_A$  values around 30% higher than for height and diameter. In group 1 trials,  $CV_A$  value for branch diameter (10.4%) was similar to the one estimated for diameter (10%), but around 30% higher than for height (7%). Coefficient of additive variation for branch thickness in grades (18.6%) was twice higher than for height.

Differences between the phenotypic coefficient of variation and additive genetic coefficient of variation in group 2 trials are lowest for height. For all branch traits differences were similar, except for the sum of branch diameters and the diameter of the 3rd thickest branch, where the differences were higher due to high phenotypic variation.

Genetic and phenotypic correlations among traits are summarized in Table 4.

Tree height had almost twice weaker correlation (both genetic and phenotypic) with most of the parameters characterizing branch diameter (bd2,

Table 5

**Genetic gain from backward selection with intensity of 10% in group 2 trials**

Variable	$\Delta g\%$	$\Delta cg\%$ when selected by	
		h	d
H	9.6	9.6	6.4
Hgb	7.0	8.9	5.3
D	8.5	10.3	8.5
Hd	4.3	0.8	-1.3
bd1	12.4	8.2	5.6
bd2	12.4	6.6	10.1
bd3	10.2	4.9	8.7
Bdav	11.2	7.8	10.3
Bdtop	12.4	7.6	10.6
Bn	5.2	1.1	-1.0
Gc	3.2	-2.4	0.9
Bdsum	11.1	7.6	3.6
bdpercx	9.0	-7.9	1.6
bdpercm	6.5	-7.1	-2.9
Vol	24.1	24.1	5.0

Note. See text for details.

bd3, bdav, and bdtop), in comparison to diameter at breast height. The number of branches per whorl had moderate negative correlation with height and diameter ( $r_a = -0.48$  and  $-0.38$ , respectively) in group 1 trials. No such relationship was found in group 2 trials. The sum of branch diameters per whorl was also more strongly correlated to height than to diameter ( $r_a = 0.47$  and  $r_a = 0.30$ , respectively).

Genetic correlations among branch parameters (bd1, bd2, bd3, bdav, bdtop, bdsu, bdperx, and bdpercm) were high ( $r_a = 0.71-0.99$ ).

Strong genetic correlation in group 1 trials was found between diameter of thickest branch and branch thickness ( $r_a = 0.77$ ). Branch thickness negatively correlated both with height and diameter ( $r_a = -0.46$  and  $-0.35$ , respectively).

Moderate negative genetic correlation was found among the number of branches per whorl and the proportional length of the living crown ( $r_a = -0.62$ ), but there was no correlation between the number of branches per whorl and the height up to the first green branch ( $r_a = 0.01$ ).

Genetic gain estimates are summarized in Table 5.

Genetic gain characterizes response to selection. In group 1 trials, higher genetic gain can be obtained for diameter than for height (10.8% and 9.4%, respectively), in group 2 trials – vice versa (8.5% and 9.6%). Genetic gain for branch variables (bd1, bd2, bd3, bdav, and bdtop) is slightly higher as for the highest of growth variables (10.4% in group 1 trials, and 11.7% in group 2 trials on average). Response to selection is lowest for the number of branches per whorl, proportional to length of living crown and slenderness.

Height of first living branch and average branch diameter-stem diameter relationship in group 2 trials has only slightly lower response to selection than diameter.

Correlated gain values in group 1 trials indicate that as a result of selection by height trees will have also thinner branches (both – diameter of thickest branch and overall) and also smaller number of branches, in comparison to results of selection by diameter. In analysis of group 2 trials can be seen that selection by height resulted in smaller increase of branch variables (except thickest branch) and larger height to first living branch than selection by diameter. However, selection by height results in stronger increase in sum of branch diameters and branch diameter-stem diameter ratio. Besides, in group 2 trials, selection by height resulted in higher genetic gain by diameter (10.3%) and stem volume (24.1%) than selection by diameter itself (8.5% and 5%, respectively).

## Discussion

### Genetic Parameters

Tree height is less influenced by stand density (Ulvcrona et al., 2007) than diameter, and a fairly large proportion of its phenotypic variation is genetically determined, as it can be concluded from heritability estimates obtained in this study and several other ones (Haapanen et al., 1997; Danusevičius, 2000; Hannrup et al., 1998; Jansson et al., 2003). Diameter growth of trees is more affected by competition as demonstrated by thinning experiments (Mäkinen et al., 2005; Ulvcrona et al., 2007). Tree diameter (indicating tree position in stand) explains 39-70% of variation in the radial growth among trees. The rest of variation is among trees of the same size (Pukkala, Kolström, 1987). It is reflected as higher phenotypic variation and lower heritability for tree diameter than for height. These differences tend to increase with tree age. It could explain differences in results (differences between heritability of height and diameter) obtained in group 1 and group 2 trials. Similar results have been reported from studies of 11-24-year-old Scots pine trials: unweighted mean for height  $h_i^2 = 0.48$ , and for diameter  $h_i^2 = 0.22$  (Haapanen et al., 1997). Somewhat higher single-site estimates were found by Haapanen and Pöykkö (1993):  $h_i^2 = 0.60$  for height, and  $h_i^2 = 0.21$  for diameter; and somewhat lower as Medina from numerous experiments in a review by Cornelius (1994):  $h_i^2 = 0.25$  for height, and  $h_i^2 = 0.18$  for diameter.

At the same time in Sweden, analyzing a slow growing Scots pine progeny trial where a thinning was done to even out competition at the age of 33 years, Hannrup et al. (1998) found negligible differences between heritability for height and diameter (0.27 and 0.32, respectively). Also in a 12-year-old *Pinus caribaea* stand (Moura, Dvorak, 2001) with practically no competition among trees (survival – 90-97%), heritability of tree height, diameter and stem volume almost did not differ (0.31, 0.29, and 0.34, respectively).

Heritability for diameter of thickest branch, found in this study, was close to the same as reported in Scots pine trials in Finland:  $h_i^2 = 0.14$ , weighted mean in 11-24-year-old trials (Haapanen et al., 1997); and  $h_i^2 = 0.21$ , in an 8-year-old trial (Haapanen, Pöykkö, 1993). Results ranging from 0.09 to 0.15 have been obtained in Poland (Kowalczyk, 2005). Median of heritability from numerous experiments for branching traits is slightly higher: 0.24 (Cornelius, 1994).

Single site heritability estimates of branch diameter varied from 0.06 to 0.23. It could at least partly be explained by variation in microsite conditions (competition and nutrients) and uneven representation of various conditions by all families in some tests. Turkia and Kellomäki (1987) who

analyzed 17-26-year-old stands, found that the variation in branch diameter was mostly (54%) explained by variation in site fertility rather than by stand density (20%). In this study the site type was a poor predictor of site fertility – branch diameter was closer related to nitrogen concentration in needles.

Branch thickness evaluated in grades had higher heritability than the diameter of the thickest branch in Scots pine trials in Finland (0.26 – Haapanen et al., 1997) and for *Pinus radiata* in Australia (0.27 – Wu et al., 2007), which is in accordance with the results from group 1 trials. Reason for this could be that the evaluation in grades is based on an overall impression about branchiness in different tree parts, but thickest branch, measured at first 2 meters (or in one particular whorl), is an indicator for just a certain development phase of a tree. It does not mean, however, that a measured branch thickness could not be a practically useful indicator: as found by Moberg (1999), local maximum of knot diameter for pine is in height around 2 meters.

Heritability of the number of branches per whorl, found in group 1 trials, is in accordance with results from other studies: for Scots pine  $h^2_i=0.18$  (Velling, Tigerstedt, 1984), for Douglas fir  $h^2_i=0.19$  (King et al., 1992), for Longleaf pine  $h^2_i=0.21$  (Snyder, Namkoog, 1978). However, heritability of this trait was twice lower in group 2 (older) trials. This difference could be explained considering the number of branches per whorl in older trials as composite trait that is influenced by other, at least partly genetically determined, traits:

- 1) branch diameter – branches with bigger diameter can have longer (both green and dead) life span and do not fall from the tree that fast (Kellomäki, 1983);
- 2) radial growth of stem – if radial growth is faster, scars of lost branches are overgrown faster (Mäkinen, 1999b);
- 3) branch diameter-stem diameter ratio – bigger tree with thinner branches will lose them faster and also scars will be overgrown faster.

Basing on empirical evidence (mean number of branches in group 1 trials is 7.2, in group 2 trials – 6.1) and data from other studies (Mäkinen, 1996; Mäkinen, Colin, 1999; Ulvcróna et al., 2007), it can be concluded that the number of branches per whorl at breast height for 27-32-year-old Scots pine trials is primarily an indicator of branch death and occlusion rate. Therefore, if selection for smaller number of branches per whorl is of interest, evaluation should be carried out at relative early development phase of trees.

Height up to first living branch has considerably higher heritability than length of green crown in percents from total tree height. It could be partly explained by the fact that length of living crown (in percents) is influenced by 2 factors – speed of

growth and natural pruning rate. Crown recession rate is the dominant factor in equations to differ between good and bad quality stands (Morris, Parker, 1992). Both absolute and relative crown height is increasing by decreasing stand density (Petersson, 1997; Valinger et al., 2000; Ulvcróna et al., 2007), but from this study it can be seen that natural pruning rate has also a genetic component.

Slenderness had a low heritability in comparison to results from other studies, where  $h^2_i=0.26$  (Velling, Tigerstedt, 1984; Haapanen, Pöykkö, 1993). The reason could be that only dominant and co-dominant trees have been used in our study.

Coefficients of additive variation for height, found in this study, are in accordance with previously published estimates for Scots pine: in Sweden from 5.5% (Jansson et al., 2003) to 7% (Jansson et al., 1998), and in Finland – 7.7% (Haapanen, Pöykkö, 1993). Values for diameter for Scots pine (12.1%) and Norway spruce (9.3-11.1%) obtained in Sweden (Jansson et al., 1998; Karlsson et al., 2002) are slightly higher than in this study, but the relationship remains the same –  $CV_A$  for diameter being somewhat higher than for height.

Branch traits have similar or even higher values of coefficient of additive variation, indicating high potential for improvement of those traits. Results are in accordance with studies in Finland, where  $CV_A$  was estimated to be 6.6-10.4% for the number of branches per whorl and 6.3-7.6% for branch thickness (Velling, 1982). Higher values were reported by Haapanen and Pöykkö (1993) for 8 year old Scots pine trial: for diameter of thickest branch – 18.2%, for the branch diameter-stem diameter ratio – 14.9%. This is in accordance with the trend noted also in heritability values and can be attributed to difficulties in evaluation of branch traits at the lowest part of the stem in older trials, where number of branches and branch diameter are influenced by a set of differing processes: branch radial growth, decay, occlusion. The effect of changing competition circumstances over a longer period of stand growth is added up to the error variance component in the model.

### **Correlation among Parameters**

Decision about the main selection criteria could not be made without understanding, how selection for a particular trait would influence values of other traits in the next generation.

Tree height, in comparison to diameter at breast height, is more weakly correlated (both genetic and phenotypic) to most of the traits characterizing branch diameter (bd2, bd3, bdav, and bdtop). This is in accordance with earlier findings (Velling and Tigerstedt, 1984; Haapanen, Pöykkö, 1993; Haapanen et al., 1997) analyzing diameter of thickest branch in the lowest part of stem (up to 2 meters) in

8-24-year-old Scots pine progeny trials. Results of measurements of sample trees from 61 Scots pine stands in Finland at the age of 35-90 years revealed a similar trend: phenotypic correlation among height and diameter of thickest branch up to 2 meters height was 0.07, whereas between diameter and branch diameter  $r=0.44$  (Uusvaara, 1985). Partly this connection could be explained by variation in branch longevity: radial growth rate of stem is positively related to the duration of branch growth, modified by competition status (Mäkinen, 1999b). Eriksson et al. (1987) in their analysis of a 34-year-old progeny trial in northern Sweden found an opposite result: height had stronger correlation with diameter of the thickest branch in stem section of 1-2 meters from the ground than diameter at breast height. It is similar to results in group 2 trials, where diameter of thickest branch had almost equal genetic correlation with height and diameter, even if phenotypic correlation with stem diameter is almost twice as strong.

Branch diameter (both thickest and mean)-stem diameter relationship has stronger negative genetic correlation with tree height than diameter. This means that faster growing families tend to have lower relative branch diameter. This is in accordance with results from provenance studies (Kohlstock, Schneck, 1994) and progeny trials (Haapanen, Pöykkö, 1993). Height could have stronger negative genetic relationship with branch diameter-stem diameter ratio because faster growing trees would tend to have faster shading of lower branches at a certain height, promoting slow-down of branch radial increment. This assumption is supported by results from thinning experiments, demonstrating that the stand height at the time of thinning is clearly (negatively) related to branch diameter sum/stem diameter ratio in the butt log (Ulvcrona et al., 2007).

Slenderness has 3 times stronger negative phenotypic correlation with diameter than with height. The cause of this could be purely statistical: height is much less variable than diameter for dominant and co-dominant trees analyzed in this study (see  $cv_{pi}$  values). The relationship is the same as reported by Velling and Tigerstedt (1984) and Eriksson et al. (1987). Genetic correlation between slenderness and growth traits is associated with standard errors larger than estimates themselves, therefore can not be considered.

Number of branches per whorl has a moderate negative correlation with tree height and diameter, associated with standard errors approximately the same as the estimate. Corresponding phenotypic correlations were positive ( $r=0.35$ ). Positive genetic correlations with height ( $r_a=0.26-0.35$ ) and with diameter ( $r_a=0.31-0.61$ ) was found by Haapanen et al. (1997) and Velling and Tigerstedt (1984). In a situation of equal correlations for height and diameter with

number of branches per whorl selection by height is preferred, since fast height growth ensures also lowest number of branches per meter (Jäghagen, 1997), which could be an important aspect of end use, especially with increasing importance of glued materials. Number of branches per whorl has practically no genetic or phenotypic correlation to height or diameter in group 2 trials. It is the same as reported from older Scots pine progeny trial in Sweden (Eriksson et al., 1987). Absence of correlation could be due to fact that number of branches per whorl at breast height actually represents rate of branch death and occlusion at respective stem section, as discussed previously.

Genetic correlation between height and height to first green branch is stronger than phenotypic, demonstrating that families with best height growth have generated longer logs free of living branches. Tree height is more strongly related with height of green branch than diameter. Since a longer crown increases self-pruning rate below crown base (Mäkinen, Colin, 1999), families having larger height and longer section to first green branch are preferable even if the proportion of green crown from total tree height is bigger. Loose knots are the most important defects reducing timber quality (Sermulis, 2007); a very long time is needed before dead branches self-prune and the process is relatively independent of stand density (Mäkinen, 1999b). Therefore it is of high economic importance to have as long branch-free or dry branch stem section as possible at early age in order to increase the probability of having a long branch-free section at the cutting age.

Genetic correlations among branch parameters (bd1, bd2, bd3, bdav, bdtop, bdsum, bdperx, and bdpercm) are high ( $r_a=0.71-0.99$ ), which is in accordance with results from studies in Sweden, where  $r_a=0.68-0.98$  for bdav-bd-bdsum (Eriksson et al., 1987).

Diameter of thickest branch has strong correlation with other traits, characterizing branch diameter, comparably lower correlation with mean branch diameter-stem diameter relation and favorable (for selection of good quality) correlation with number of branches per whorl ( $r_a=-0.35$ ). Correlation with height up to first living branch is moderate ( $r_a=0.37$ ) and associated with standard error the size of the estimate itself. Absence of diameter of thickest branch-branch number per whorl correlation ( $-0.04$ ) was reported by Eriksson et al. (1987); however, Velling and Tigerstedt (1984) found a strong genetic correlation between those two variables ( $r_a=0.32$ ).

Analysis of internal branch structure of mature Scots pines demonstrates that diameter of thickest branch and branch diameter sum per whorl is increasing in first 2-3 m from ground. From this level up to height, that equals site index  $\cdot 2^{-1}$  or up to base

of live crown, if it is lower, changes in diameter of thickest branch are negligible (Björklund, 1997). It is in a line with finding that allocation of growth to branches increased at the time of canopy closure (Vanninen, 2004) and indicates that diameter of thickest branch in the first 2 meters could be a rather good predictor for branch thickness in the lower part of the tree. Strong phenotypic correlation among diameter of thickest branch in the first 2 meters and thickest dry branch in the whole tree ( $r=0.73$ ), reported by Uusvaara (1985), as well as strong genetic correlation among diameter of thickest branch and branch thickness in grades ( $r_a=0.77$ ) in this study suggest that diameter of thickest branch in the first 2 meters could be a good indicator also for general branch thickness of tree. In contrast, Agestam et al. (1998) found low correlation between diameters of thickest branch from different whorl below canopy, and Ulvcróna et al. (2007) reported that diameter of a particular branch is rather dependent on live crown development, for example, in the lowermost crown at certain conditions branches might just stay alive a longer time without producing any viable annual rings (Mäkinen, 1999a). These findings suggest that evaluation of branch thickness in grades is more reliable.

### Genetic Gain

Genetic gain figures summarize the effect of heritabilities and trait-trait correlations. Selection for height was found to yield a smaller increase in branch traits (except for the thickest branch), larger increase in the height to the first living branch, stem diameter and stem volume than selection for diameter (group 2 trials). When selecting for height, correlated changes in height, height to the first living branch and stem volume would be slightly higher than half of the standard deviation of these traits, and slightly lower for diameter. Correlated changes in branch traits, in contrast, would be much smaller (on average 0.2 standard deviation units). This indicates that selection for height would not seriously decrease quality, as was also reported by Haapanen et al. (1997). However, if the aim is to improve branch traits, additional variables, such as diameter of the thickest branch, should be included in the selection index. Selection for diameter would produce roughly the same correlated response in branch traits as selection for height, but notably lower response in natural pruning (height up to the first living branch) and growth traits (height, stem volume and diameter itself). The results from group 1 trials mostly are in line with these findings, except that the correlated response in diameter achieved by selection for height would not exceed the gain achieved by direct selection for diameter.

### Conclusions

1. Narrow-sense heritability values for traits characterizing branch thickness (on average 0.14) and height up to first living branch (0.20) are at the same level as the estimates for stem diameter (0.14), but lower than for tree height (0.45). Heritability of slenderness, the proportional length of green crown, and the number of branches per whorl are low (0.07).
2. Coefficient of additive genetic variation for branch thickness traits (11.4% on average) and height up to first living branch (16.2%) is slightly higher than for growth traits (8.4%) indicating high potential for improvement of branch properties through tree breeding.
3. Tree height, in comparison to stem diameter, is more weakly correlated with most of the traits characterizing branch thickness ( $r_a=0.46$  and 0.71, respectively) and more strongly correlated with the height up to first living branch ( $r_a=0.94$  and 0.76, respectively).
4. Consequently, selection for height, in comparison to selection for diameter, would result in a smaller increase by most of the traits characterizing branch thickness. It would also improve the branch diameter/stem diameter ratio and the proportional length of green crown. Selection for height results in a much higher correlated gain in stem volume than does selection for diameter (24.1% vs 5%). It also provides higher genetic gain in height up to first living branch and stem diameter as direct selection by mentioned traits.
5. If the aim of selection is to decrease branch thickness, it is necessary and sufficient to include diameter of thickest branch in the first 2 meters in the selection index.

### References

1. Agestam, E., Ekö, P-M., Johansson, U. (1998) Timber quality and volume growth in naturally regenerated and planted Scots pine stands in S.W. Sweden. *Studia Forestalia Suecica*, 204, 17 pp.
2. Baumanis, I., Gailis, A., Liepiņš, K. (2002) Priežu sēklu plantāciju pēcnācēju novērtējums. *Mežzinātne*, 12, 46.-59. lpp.
3. Björklund, L. (1997) The Interior Knot Structure of *Pinus sylvestris* Stems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 403-412.
4. Bušs, K. (1976) *Latvijas PSR meža tipoloģijas pamati*. LRZTIPI, Rīga, 24 pp.
5. Cornelius, J. (1994) Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 24, 372-379.
6. Danusevičius, J. (2000) *Pušies selekcija: monografija*. Lietuvas Miškų Institutas, Kaunas, 352 pp.



7. Eriksson, G., Ilstedt, B., Nilsson, C., Rytman, H. (1987) Within- and Between-population Variation of Growth and Stem Quality in a 30-year-old *Pinus sylvestris* Trial. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2, 301-314.
8. Fahlvik, N. (2005) *Aspects of Precommercial Thinning in Heterogeneous Forests in Southern Sweden. Doctoral thesis.* SLU, Alnarp, 38 pp.
9. Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996) *Introduction to Quantitative Genetics.* Fourth Edition. Person Prentice Hall, Harlow, England, 463 pp.
10. Gailis, J. (1964) *Meža koku selekcija un sēklu plantācijas.* Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 194 lpp.
11. Gailis, J. (1968) Izcilo koku kvalitātes koeficienta aprēķināšana. *Jaunākais mežsaimniecībā*, 10, 67.-71. lpp.
12. Haapanen, M., Pöykkö, T. (1993) Genetic Relationships Between Growth and Quality Traits in an 8-year-old Half-sib Progeny Trial of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, 305-312.
13. Haapanen, M., Velling, P., Annala, M.-L. (1997) Progeny Trial Estimates of Genetic Parameters for Growth and Quality Traits in Scots Pine. *Silva Fennica*, 31 (1), 3-12.
14. Hannrup, B., Wilhelmsson, L., Danell, Ö. (1998) Time trends for Genetic Parameters of Wood Density and Growth Traits in *Pinus sylvestris* L. *Silvae Genetica*, 47 (4), 214-219.
15. Jäghagen, K. (1997) Timber Quality and Volume Increment of Advanced Growth and Planted *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 328-335.
16. Jansson, G., Danell, Ö., Stener, L.-G. (1998) Correspondence between single-tree and multiple-tree plot genetic tests for production traits in *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal of Forest Research*, 28, 450-458.
17. Jansson, G., Li, B., Hannrup, B. (2003) Time Trends in Genetic Parameters for Height and Optimal Age for Parental Selection in Scots Pine. *Forest Science*, 45 (9), 696-705.
18. Jokinen, P., Kellomäki, S. (1982) Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. *Folia Forestalia*, 508, 12 pp.
19. Karlsson, B., Mari, S., Eriksson, G. (2002) Juvenile-mature Genetic Correlations in *Picea abies* (L.) Karst. Under Different Nutrient and Mycorrhiza Regimes. *Silvae Genetica*, 51, (4), 171-175.
20. Kellomäki, S. (1983) Strength of Scots pine branches. *Silva Fennica*, 17 (2), 175-182.
21. King, J.N., Yeh, F.C., Heaman, J.C., Dancik, B.P. (1992) Selection of Crown Form Traits in Controlled Crosses of Coastal Douglas-fir. *Silvae Genetica*, 41 (6), 362-370.
22. Kohlstock, N., Schneck, V. (1994) IUFRO provenance trial of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at Waldsiedersdorf 1982-1994. In: *Scots pine breeding and genetics: Proceedings of IUFRO S.02.18. Symposium.* Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, 29-36.
23. Kowalczyk, J. (2005) Comparison of phenotypic and genetic selections in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) single tree plot half-sib progeny tests. *Dendrobiology*, 53, 45-56.
24. Mäkinen, H. (1996) Effect of Intertree Competition on Branch Characteristics of *Pinus sylvestris* Families. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 129-136.
25. Mäkinen, H. (1999a) Effect of stand density on radial growth of branches of Scots pine in southern and central Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 1216-1224.
26. Mäkinen, H. (1999b) Growth, suppression, death, and self-pruning of branches of Scots pine in southern and central Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 585-594.
27. Mäkinen, H., Colin, F. (1999) Predicting the number, death, and self-pruning of branches in Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 1225-1236.
28. Mäkinen, H., Hynynen, J., Isomäki, A. (2005) Intensive management of Scots pine in southern Finland: First empirical results and simulated further development. *Forest Ecology and Management*, 215, 37-50.
29. Moberg, L. (1999) Variation in Knot Size in Two Initial Spacing Trials. *Silva Fennica*, 33 (2), 131-144.
30. Molotkov, P.I., Patlaj, I.N. (1991) Systematic position within the genus *Pinus* and intraspecific taxonomy. In: Giertych, M., Mátyás, C. (eds.) *Genetics of Scots Pine.* Elsevier, Amsterdam, 31-40.
31. Morris, D.M., Parker, W.H. (1992) Variable-quality from in mature jack pine stands: quantification and relationship with environmental factors. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 279-289.
32. Moura, V.P.G., Dvorak, W.S. (2001) Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (2), 225-234.
33. Oker-Blom, P., Kellomäki, S., Valtonen, E., Väisänen, H. (1988) Structural Development of *Pinus sylvestris* Stands with Varying Initial

- Density: a Simulation Model. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3, 185-200.
34. Petersson, H. (1997) Functions for predicting crown height of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 179-188.
  35. Pukkala, T., Kolström, T. (1987) Competition indices and the prediction of radial growth in Scots pine. *Silva Fennica*, 21 (1), 55-67.
  36. Sermulis, Z. (2007) *Priedes stumbra komerciālās daļas kvalitāte saistībā ar zarojumu. Disertācija*. LLU, Jelgava, 112 lpp.
  37. Snyder, E.B., Namkoog, G. (1978) *Inheritance in a Diallel Crossing Experiment with Longleaf Pine: Research Paper SO-140*. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA, U.S., 31 pp.
  38. Turkia, K., Kellomäki, S. (1987) Influence of site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands (in Finnish with English summary). *Folia Forestalia*, 705, 16 pp.
  39. Ulvcróna, K.A., Claesson, S., Sahlén, K., Lundmark, T. (2007) The effect of timing of pre-commercial thinning and stand density on stem form and branch characteristics of *Pinus sylvestris*. *Forestry*: Advanced Access: <http://forestry.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/cpm011v1> – Accessed on 13.02.2008.
  40. Uusvaara, O. (1985) The Quality and Value of Sawn Goods from Plantation-grown Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 130, 52 pp.
  41. Valinger, E. (1993) Crown development of Scots pine trees following thinning and nitrogen fertilization. *Studia Forestalia Suecica*, 188, 12 pp.
  42. Valinger, E., Elfving, B., Mörling, T. (2000) Twelve-year growth response of Scots pine to thinning and nitrogen fertilization. *Forest Ecology and Management*, 134, 45-53.
  43. Vanninen, P. (2004) Allocation of Above-ground Growth in *Pinus sylvestris* – Impact of Tree Size and Competition. *Silva Fennica*, 38 (2), 155-166.
  44. Velling, P. (1982) Genetic variation in quality characteristics of Scots pine. *Silva Fennica*, 16 (2), 129-134.
  45. Velling, P., Tigerstedt, P.M.A. (1984) Harvest index in a progeny test of Scots pine with reference to the model of selection. *Silva Fennica*, 18 (1), 21-32.
  46. Wu, H.X., Ivković, M., Gapare, W.J., Matheson, A.C., Baltunis, B.S., Powell, M.B., McRae, T.A. (2007) Breeding for Wood Quality and Profit in Radiata Pine: A Review of Genetic Parameters. *Ensis Genetics & Southern Tree Breeding Association*, 20 pp.: [http://proceedings.com.au/afgc/papers%20\(pdf\)/Wu.pdf](http://proceedings.com.au/afgc/papers%20(pdf)/Wu.pdf) – Accessed on 12.11.2007.

### Anotācija

Zarojuma pazīmes nozīmīgi ietekmē zāģbaļķu šķiru un vērtību, tādēļ tās jāņem vērā, veicot meža selekciju. Pētījumā analizētas sakarības starp zarojumu un produktivitāti raksturojošām pazīmēm, izmantojot datus no 10 priedes brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumiem 14-33 gadu vecumā. Iedzīmstamības koeficienta vērtības zaru resnumu raksturojošām pazīmēm (vidēji 0.14) un pirmā zaļā zara augstumam (0.20) līdzīgas kā koku caurmēram (0.14), bet mazākas nekā koku augstumam (0.45). Aditīvās ģenētiskās mainības variācijas koeficients zaru resnumu raksturojošām pazīmēm (vidēji 11.4%) un pirmā zaļā zara augstumam (16.2%) ir mazliet augstāks nekā produktivitāti raksturojošajām pazīmēm (vidēji 8.4%), kas atspoguļo nozīmīgu selekcijas darba potenciālu zarojuma kvalitātes uzlabošanā. Atlase pēc augstuma (ar 10% intensitāti) saistīta ar mazāku zaru resnumu raksturojošo pazīmju vērtību pieaugumu nekā atlase pēc caurmēra (selekcijas efekts vidēji attiecīgi 7% un 9.1%), turklāt tā nodrošina arī resnākā zara diametra/stumbra caurmēra attiecības un zaļā vainaga garuma/koka garuma attiecības uzlabojumu (attiecīgi -7.5% un -2.4%). Atlase pēc koku augstuma garantē augstāku selekcijas efektu krājai nekā atlase pēc caurmēra (attiecīgi 24.1% un 5%) un nodrošina augstāku selekcijas efektu caurmēram nekā tieša atlase pēc šīs pazīmes. Selekcijas indeksā rekomendēts iekļaut koku augstumu un resnākā zara diametru, lai nodrošinātu iespējas vienlaicīgai produktivitātes un zarojuma kvalitātes uzlabošanai.

### Acknowledgements

Funding for field works for this study from joint stock company "Latvian State Forests" (contract number 07/11) is appreciated.

**Tehnoloģiski atšķirīgi audzēta dažādas izcelsmes kārpainā bērza  
(*Betula pendula* Roth.) stādmateriāla pirmās sezonas augšanas rādītāji  
stādījumos Latvijā un Lietuvā**

**First-year Field Performance of Different Origin Silver Birch  
(*Betula Pendula* Roth.) Container and Bareroot Seedlings in Plantations  
in Latvia and Lithuania**

**Kaspars Liepiņš, Jānis Liepiņš**

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”  
Latvian State Forest Research institute “Silava”  
e-mail: Kaspars.Liepins@silava.lv

**Abstract.** Five experimental plantations (two in Latvia and three in Lithuania) were established in order to test the field performance of different origin silver birch container and bareroot seedlings. Altogether seven different planting stock variants consisting of two Lithuanian (seed orchard material and mix of selected open pollinated families), one Polish (mix of selected open pollinated families), and four Latvian (seed orchard material and three variants of open pollinated families from forest stands) origins were used in the plantations. The seedlings have been raised according to different procedures – tree types of containerized, two-year-old bareroot and plug+1 seedlings were used in the experiment. At the end of the first growing season, the survival and tree height were assessed in all plantations for characterization of the field performance of seedlings. The height and survival of plug+1 seedlings were substantially superior to other kinds of seedlings. The only exception was the plantation LV1 seedlings where survival of plug+1 seedlings was the lowest among all the variants due to the high rate of animal damage. The field performance of Polish-origin silver birch was the worst in all plantations and demonstrated poor adaptation to the local climatic conditions. The birch planting stock, which reproductive material corresponds to the category of “qualified”, demonstrated better height growth and survival during the first season in the field.

**Key words:** *Betula pendula*, silver birch, planting stock, field performance, different origins.

## Ievads

Aktualizējoties jautājumiem par atjaunojamo resursu īpatsvara palielināšanu valsts energobilancē un meklējot risinājumu racionālai bijušo lauksaimniecības zemju saimnieciskai izmantošanai, pētījumiem par ātraudzīgo lapu koku sugu – kārpainā bērza, alkšņa un hibrīdapses – audzēšanas problemātiku pēdējos gados Latvijā veltīta pastiprināta uzmanība. Šo sugu koksnes plantāciju apsaimniekošanas mērķis var būt ne tikai biomasas vai tehnoloģiskās koksnes, bet arī augstvērtīgu apaļkoksnes sortimentu ieguve. Īpaši tas sakāms par bērza koksni, kura plaši tiek lietota ne tikai koksnes plātņu, bet arī mēbeļu un apdares materiālu ražošanā.

Atsaucoties uz augošo pieprasījumu pēc lapu koku reprodutīvā materiāla, Latvijā ievērojami palielinājušās stādmateriāla ražošanas jaudas. Atbilstoši Valsts meža dienesta informācijai 2007. gadā Latvijā meža atjaunošanai un ieaudzēšanai izmantotais bērza stādmateriāla apjomssasniedzis

4.31 milj. gab. (Izaudzētais un meža ..., 2009). Bērza stādmateriāls Latvijā šobrīd tiek audzēts pēc vairākām tehnoloģijām – stādmateriāla tirgū pieejami gan kailsakņi, gan dažādos konteineros audzēti ietvarstādi, gan arī stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (stādmateriāls ar uzlabotu sakņu sistēmu (angliski – *plug+1*) – meža reprodutīvais materiāls, kurš sākotnēji tiek audzēts neliela izmēra konteineros, bet vēlāk „pārskolots” uz lauka). Bērza stādu ar uzlabotu sakņu sistēmu (turpmāk – USS) audzēšana Latvijā uzsākta pavisam nesen.

Meža īpašniekiem un mežkopjiem nereti trūkst informācijas par tā vai cita stādmateriāla veida priekšrocībām un trūkumiem, kā arī atšķirīgā reprodutīvā materiāla pielietošanas nosacījumiem. Lai varētu izdarīt ekonomiski un mežsaimnieciski pamatotu stādmateriāla izvēli konkrētajiem augšanas apstākļiem un mērķim, nepieciešama informācija par dažādu stādmateriāla veidu augšanas rādītājiem salīdzinošos stādījumos.

1. tabula / Table 1

**Stādījumu ierīkošanai izmantotais kārpainā bērza stādmateriāls**  
**Birch planting stock used in the establishment of experiments**

Ražotājs / Producing company	Stādmateriāla veids / Stocktype	Izcelsme / Origin	Kategorija / Category	Saisinājums / Abbreviation
A/s „Latvijas finieris”	Ietvarstādi / Container seedlings (Roottrainers Sherwood)	Bauska–Dobeles VM / Bauska–Dobele forest district	Ieguves vieta zināma / Source – identified	LF-R
A/s „Latvijas finieris”	Ietvarstādi / Container seedlings (Lannen Plantek 35 F)	Ludzas VM / Ludza forest district	Ieguves vieta zināma / Source – identified	LF-35
A/s „Latvijas valsts meži”	Ietvarstādi / Container seedlings (HIKO V-120 SS)	Valka, Gulbenes raj. / Valka, Gulbene district	Ieguves vieta zināma / Source – identified	LVM-120
A/s „Latvijas valsts meži”	USS / Plug+1	Kalsnava-1 sēklu pl. / Seed orchard Kalsnava	Uzlabots / Qualified	LVM-USS
Dubras eksperimentālā kokaudzētava / Experimental forest nursery of Dubrava, Lithuania	Kailsakņi / Bareroot seedlings	Plantācija, Lietuva / Seed orchard Lithuania	Uzlabots / Qualified	D-SO
Dubras eksperimentālā kokaudzētava / Experimental forest nursery of Dubrava, Lithuania	Kailsakņi / Bareroot seedlings	Ģimeņu maisījums, Polija / Mix of half-sib families, Poland	Ieguves vieta zināma / Source – identified	D-PL
Dubras eksperimentālā kokaudzētava / Experimental forest nursery of Dubrava, Lithuania	Kailsakņi / Bareroot seedlings	Ģimeņu maisījums, Lietuva / Mix of half-sib families, Lithuania	Ieguves vieta zināma / Source – identified	D-F

Pētījumu par dažāda veida bērza stādmateriāla augšanas rādītājiem atkarībā no materiāla audzēšanas tehnoloģijām un augšanas apstākļiem ir visai maz. Latvijā veikts pētījums, kurā salīdzināta trīs dažādos konteineros audzētu bērza ietvarstādu augšana bijušo lauksaimniecības zemju platībās (Liepiņš, 2007a; 2007b). Skandināvijas valstīs publicēti vairāki pētījumi par bērza ietvarstādu audzēšanas tehnoloģiju ietekmi uz koku augšanas rādītājiem pēc iestādīšanas (Brunvatne, 1997; Aphalo, Rikala, 2003; 2006). USS stādu audzēšanas tehnoloģija rūpnieciskajā ražošanā ieviesta jau pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados, tomēr to pārsvarā pielieto skuju koku stādmateriāla audzēšanai (Hahn, 1984). Dati par bērza USS stādu augšanas rādītājiem un pielietošanu meža atjaunošanā vai ieaudzēšanā literatūrā nav atrodami – šīs tehnoloģijas izmantošana bērza reproduktīvā materiāla audzēšanai ir novitāte.

2008. gadā tika uzsākts mūsu valsts lielāko bērza stādmateriālu audzējošo uzņēmumu iniciēts projekts, kura mērķis ir praktiskos stādījumos demonstrēt jauno bērza stādmateriāla veidu priekšrocības, salīdzinot ar stādiem, kuri audzēti pēc klasiskās kailsakņu audzēšanas tehnoloģijas. Projekta ietvaros sadarbībā ar Lietuvas mežzinātnes institūtu Latvijas un Lietuvas teritorijā tika ierīkoti izmēģinājuma stādījumi atšķirīga bērza reproduktīvā materiāla augšanas gaitas demonstrēšanai un salīdzināšanai. Publikācijā apkopoti un analizēti koku pirmās sezonas augšanas rādītāji ierīkotajos eksperimentālajos stādījumos.

## Materiāli un metodes

### Stādmateriāls

Eksperimentālo stādījumu ierīkošanai izmantoti septiņi atšķirīgi stādmateriāla veidi (1. tabula). Stādmateriāls atšķiras gan pēc pielietotās audzēšanas tehnoloģijas, gan pēc reproduktīvā materiāla izcelsmes un kategorijas. Stādmateriāls audzēts

Latvijā (a/s „Latvijas finieris” kokaudzētavā „Zābaki” un a/s „Latvijas valsts meži” kokaudzētavās Strenčos un Madonas rajona „Podiņos”) un Lietuvā (Dubravas eksperimentālajā kokaudzētavā).

A/s „Latvijas finieris” kokaudzētavā „Zābaki” ražotie viengadīgie bērza ietvarstādi audzēti pēc līdzīgas tehnoloģijas, izmantojot divus atšķirīgus konteineru veidus. Eksperimentā lietoto ietvarstādu audzēšanai izmantotie konteineri ir atšķirīgi gan pēc izmēriem un dimensijām, gan formas (2. tabula). Rootainers Sherwood konteineri ir t.s. „grāmatas” tipa konteineri – tie ir izgatavoti no plānas plastmasas un ir atverami. Pārējie stādmateriāla audzēšanai izmantotie konteineri ir tā sauktie blokveida tipa konteineri, kuru ražotāji ir Skandināvijas valstu kompānijas (BCC un “Lännen”).

Atbilstoši MK noteikumiem Nr. 648 „Noteikumi par meža reproduktīvo materiālu” (19.11.2003.) a/s „Latvijas finieris” kokaudzētavā audzētais stādmateriāls atbilst kategorijai „ieguves vieta zināma”. Lannen Plantek 35 F konteineros audzēto stādu izcelsme ir dienvidu izcelsmes reģions (Ludzas valsts virsmežniecība), bet Rootainers Sherwood stādmateriālam – rietumu reģions (Bauskas-Dobeles valsts virsmežniecība).

Eksperimentā izmantoti divi a/s „Latvijas valsts meži” kokaudzētavās ražoto bērza stādmateriāla veidi. Bērza ietvarstādi HIKO V-120 SS atbilst kategorijai „ieguves vieta zināma” un to izcelsme ir ziemeļu reģions – Gulbenes un Valkas rajoni. HIKO V-120 SS konteineri pēc konteineršūnu dimensijām un audzēšanas biežuma ir mazākie eksperimentā izmantotie konteineri. Šis stādmateriāls ir audzēts Strenču kokaudzētavā. Otrs izmēģinājuma stādījumu ierīkošanai izmantotais a/s „Latvijas valsts meži” ražotais bērza stādmateriāls ir kokaudzētavā „Podiņi” audzētie USS stādi. Sākotnēji šos stādus audzē neliela izmēra konteineros (HIKO V-50 SS), bet vēlāk „pārskolo” uz lauka, kur tos audzē vēl

2. tabula / Table 2

Stādmateriāla audzēšanai izmantoto konteineru veidi un izmēri  
Type and technical specifications of container trays

Konteinera veids / Container type	Kasetes izmēri, mm / Tray dimensions, mm	Šūnas tilpums, cm <sup>3</sup> / Cell volume, cm <sup>3</sup>	Audzēšanas biezums, šūnas uz m <sup>2</sup> / Number of cells per m <sup>2</sup>	Šūnu skaits kasetē / Number of cells per tray
Lannen Plantek 35	400×300×130	275	291	35
Rootainers Sherwood	360×210×120	175	423	32
HIKO V-120 SS	352×216×110	120	526	40
HIKO V-50 SS	352×216×87	50	881	67
HIKO V-13	348×211×49	13	1836	135

**Eksperimentā izmantotā Lietuvas un Polijas bērza reproduktīvā materiāla izcelsme**  
**Origin of the Lithuanian and Polish birch reproductive material**

Izcelsme / Origin		Ģeogrāfiskās koordinātas / Coordinates	
valsts / country	reģions / region	Z. platums / latitude, N	A. garums / longitude, E
Lietuva / Lithuania	Jonava / Jonava	55°04'	24°24'
	Rietava / Rietavas	55°45'	22°05'
	Paņeveža / Panevežis	55°36'	24°13'
	Joniški / Joniškis	56°14'	23°36'
	Kretinga / Kretinga	56°00'	21°16'
	Šakija / Šakiai	55°02'	23°03'
	Tauraģe / Taurage	55°22'	22°14'
Polija / Poland	Augustova / Augustow	53°51'	22°58'
	Browska / Browsk	52°42'	23°52'
	Goluba / Golub	53°06'	19°02'
	Lipinki / Lipinki	51°38'	15°00'
	Lobeža / Lobeż	53°38'	15°37'
	Mlinari / Mlinari	54°11'	19°43'
	Siedlice / Siedlce	52°11'	22°17'

vienu gadu. Sēklu materiāls šo stādu audzēšanai iegūts Kalsnavas bērza sēklu plantācijā, reproduktīvā materiāla kategorijā – „uzlabots”.

Trīs no izmēģinājumu stādījumu ierīkošanā lietotajiem bērza stādmateriāla veidiem ir audzēti Lietuvā – Dubravas eksperimentālajā kokaudzētavā. Stādmateriāla audzēšanas tehnoloģija visiem Lietuvas stādmateriāla variantiem ir identiska – plēves siltumnīcā audzēti divgadīgi sējeņi. Mūsu eksperimenta vajadzībām tika izveidots bērza reproduktīvā materiāla maisījums attiecīgi no Lietuvas un Polijas bērzu brīvapputes ģimenēm, kā arī no Lietuvas bērza sēklu plantācijas kloniem. Plantācijas materiāls atbilst kategorijai „uzlabots”, bet Lietuvas un Polijas ģimeņu maisījums – kategorijai „ieguves vieta zināma”.

Detalizētāks visu stādmateriāla audzēšanas tehnoloģiju apraksts pieejams Meža attīstības fonda pasūtītā pētījuma atskaitē (Liepiņš, 2008).

Lietuvas un Polijas bērza reproduktīvā materiāla (ģimeņu maisījumi) izcelsmes reģioni un ģeogrāfiskās koordinātes apkopotas 3. tabulā. Lietuvas materiāls sastāv no septiņos reģionos iegūtu pluskoku ģimeņu maisījuma. No eksperimentā lietotajiem Lietuvas bērza izcelsmes reģioniem vistālāk uz dienvidiem atrodas Jonava (tā ģeogrāfiskais platums – 55°04'). Polijas bērzu ģimeņu izcelsmes reģioni ģeogrāfiski atrodas starp 51 un 55 ziemeļu platuma grādiem.

### Izmēģinājuma stādījumu ierīkošana

Kopāpētījuma ietvaros ierīkoti piecīksperimentālie stādījumi – divi Latvijas un trīs Lietuvas teritorijā (4. tabula). Latvijā stādījumi ierīkoti atšķirīgos fiziogeogrāfiskajos reģionos – Rietumkursas augstienē Liepājas rajona Aizputes pagastā (turpmāk – LV1) un Austrumlatvijas zemienē Rēzeknes rajona Gaigalavas pagastā (LV2). Lietuvas teritorijā pirmais stādījums (LT1) ierīkots valsts vidienē – netālu no Kauņas esošajā Dubravas mācību pētījumu mežniecības teritorijā. Veisiejas mežniecības teritorijā ierīkotais stādījums (LT2) atrodas Lietuvas dienvidu daļā – netālu no Lietuvas–Polijas pierobežas. Trešais Lietuvas teritorijā ierīkotais stādījums (LT3) atrodas valsts austrumos netālu no Lietuvas–Krievijas robežas Silutes mežniecības teritorijā. LT2 stādījums ierīkots meža zemē – izcirtumā –, bet pārējie stādījumi – bijušo lauksaimniecības zemju platībās.

Izmēģinājumu platībās izraktas profilbedres un ievākti augsnes paraugi augsnes tipa noteikšanai. Stādījuma platībā LV1 augsne raksturota kā *Luvic Mollic Endogleyic Planosol*; LV2 – *Luvic Calcic Ferralic Gleyic Phaeozem*; LT1 – *Ferralic Endogleyic Cambisol*; LT2 – *Ferralic Endogleyic Umbrisol*; un LT3 – *Ferralic Endogleyic Phaeozem* (IUSS Working ..., 2006).

Augsne visās izmēģinājumu platībās sagatavota 2008. gada pavasarī. LV1 platība sagatavota ar disku

4. tabula / Table 4

**Ierīkoti eksperimentālie stādījumi**  
**The established trials**

Valsts / Country	Rajons/Mežniecība / District/Forest enterprise	Pagasts/Iecirknis / Municipality/Forest district	Sāsinājums / Abbreviation	Ģeogrāfiskās koordinātas / Coordinates	
				Z. platumus / latitude, N	A. garums / longitude, E
Latvija / Latvia	Liepājas rajons / Liepāja District	Aizputes pagasts / Aizpute municipality	LV2	56°40'27"	21°25'73"
Latvija / Latvia	Rēzeknes rajons / Rēzekne district	Gaigalavas pagasts / Gaigalava municipality	LV1	56°44'39"	27°09'31"
Lietuva / Lithuania	Dubras mežniecība / Dubrava forest enterprise	Vaisvidavas iecirknis / Vaisvydava forest district	LT1	54°50'14"	23°59'42"
Lietuva / Lithuania	Veisiejų mežniecība / Veisiejai forest enterprise	Krosnas iecirknis / Krosna forest district	LT2	54°19'19"	23°21'53"
Lietuva / Lithuania	Silutes mežniecība / Silute forest enterprise	Pagegijų iecirknis / Pagegiu forest district	LT3	55°09'54"	21°52'12"

**Stādmateriāla morfoloģiskie parametri**  
**Morphological parameters of the planting stock**

Stādmateriāls / Stocktype	Stādu garums, cm / Shoot height, cm		Sakņu kakla diametrs, mm / Root collar diameter, mm		D/H**
	vidējais / mean	standartnovirze / standard deviation	vidējais / mean	standartnovirze / standard deviation	
LF-R	36.2 b*	7.5	3.5 a	0.7	0.99 b
LF-35	51.2 cd	10.2	4.9 c	0.8	0.98 b
D-PL	48.1 c	17.4	4.0 b	1.7	0.83 a
D-SO	54.0 d	25.9	4.2 b	1.9	0.97 b
D-F	52.5 d	23.3	4.1 b	2.0	0.81 a
LVM-120	13.6 a	2.2	3.4 a	0.5	2.50 c
LVM-USS	87.9 e	14.7	8.9 d	1.6	1.02 b

\* Ar dažādiem burtiem atzīmētās vērtības atšķiras būtiski ( $p \leq 0.05$ ) / Significant differences are indicated by different letters ( $p \leq 0.05$ ).

\*\* Stādmateriāla drukuma indekss (SKD,  $\text{mm} \times 10 / \text{HDZ}$ , cm) / Diameter to height ratio (root collar diameter in  $\text{mm} \times 10 /$  shoot height in cm).

kultivatoru. LV2 platībā veikta vienlaidu aršana ar tai sekojošu kultivēšanu. Visos trīs Lietuvā ierīkotajos stādījumos augsne sagatavota joslās ar meža frēzi. LT2 platība papildus apstrādāta ar herbicīdu (aktīvā viela – glifosāts).

Stādīšana veikta 2008. gada pavasarī. Ierīkošanas biežums – 2500 gab.  $\text{ha}^{-1}$  ( $2 \times 2.5$  m). Eksperiments ierīkots sešos atkārtojumos (blokos), parcelē – 48 stādi. Lai izslēgtu „malas efektu”, stādījumam pa perimetru 2 m attālumā stādīta bērzu pieslēgrinda.

Stādījumu agrotehniskā kopšana pirmajā sezonā veikta tikai Latvijā ierīkotajos izmēģinājumos. Latvijas teritorijā ierīkotie divi stādījumi rudenī tika iežogoti.

### Datu ievākšana un apstrāde

Koku augstumu uzmērīšana (precizitāte – 1 cm) notika rudenī pēc veģetācijas sezonas beigām. Veicot uzmērīšanu, reģistrēti iznīkušie un bojātie koki. Bojātajiem kokiem reģistrēts iespējamais bojājuma izraisītājs – dzīvnieku bojājums (apkodumi, mizas noburzumi u.c.), mehānisks bojājums (agrotehniskās kopšanas vai žoga ierīkošanas darbu laikā), fitopatoloģiska rakstura bojājums (stumbra nekrozes u.c.).

Pavasārī, pirms stādījumu ierīkošanas, no katra stādmateriāla varianta 200 randomizēti izvēlēti stādus nogādāja LVMI Silava, kur laboratorijas apstākļos katrai stādu partijai noteica vidējo virszemes dzinuma garumu (turpmāk – HDZ) un sakņu kakla diametru (turpmāk – SKD).

Dati apstrādāti ar datorprogrammā SPSS 16.0 iebūvēto ANOVA moduli. Empīriskā un

normālā sadalījuma atbilstības pārbaudei izmantots Kalmogorova–Smirnova tests. Datu homogenitātes pārbaude veikta ar Levana testu. Lai konstatētu būtiskākās atšķirības starp faktoru gradācijas klasēm, pielietots Post Hoc tests, izmantojot Tjūkija kritēriju. Koku saglabāšanās stādījumā aprēķināta, izmantojot Kruskala–Valisa testu, kas uzskatāms kā alternatīva vienfaktora dispersijas analīzei un tiek lietots intervālās un dihotomiskās skalas datiem (Paura, Arhipova, 2002). Faktoru (stādmateriāla veids, izmēģinājuma stādījuma atrašanās vieta) ietekme uz koku augstumiem ir noteikta ar divfaktoru dispersijas analīzes palīdzību (SPSS GLM procedūra).

### Rezultāti

Izmēģinājumu stādījumu ierīkošanai izmantots morfoloģiski ļoti atšķirīgs bērza stādmateriāls (5. tabula). Vislielākais HDZ bija LVM-USS stādmateriālam (turpmāk tekstā izmantoti 1. tabulā lietotie stādmateriāla veidu apzīmējumi). Šo stādu vidējais HDZ bija 87.9 cm, un tas bija būtiski lielāks nekā pārējiem stādmateriāla veidiem. Vismazākie no eksperimentā izmantotajiem bērza stādiem bija LVM-120 ietvarstādi – vidējais HDZ tikai 13.6 cm. Lietuvā audzētā bērza stādmateriāla partiju sējeņu vidējie izmēri bija ļoti līdzīgi, vienīgi D-PL stādmateriāla HDZ (48.1 cm) bija būtiski mazāks nekā pārējiem diviem Lietuvas stādmateriāla variantiem D-SO (54.0 cm) un D-F (52.5 cm), starp kuriem statistiski būtiskas atšķirības netika konstatētas. Lietuvas stādmateriāla HDZ aprēķinātās standartnovirzes bija ievērojami lielākas nekā pārējiem stādmateriāla variantiem, kas norāda uz ļoti dažādiem sējeņu izmēriem un



reproduktīvā materiāla partiju neviendabīgumu. Otri īsākie no eksperimentā izmantotajiem stādiem bija LF-R ietvarstādi, kuru HDZ bija 36.2 cm. LF-35 ietvarstādu vidējais garums bija 51.2 cm, kas ir līdzvērtīgs Lietuvas kailsakņu sējeņu izmēriem.

Tāpat kā HDZ, arī vidējais SKD būtiski lielāks bija LVM-USS stādmateriālam – 8.9 mm. LF-35 ietvarstādu vidējā SKD vērtība bija 4.9 mm, kas ir otrs lielākais rādītājs starp eksperimentā izmantotajiem stādmateriāla veidiem. Vismazākās vidējās SKD vērtības tika konstatētas LVM-120 un LF-R ietvarstādiem – attiecīgi 3.4 un 3.5 mm. Lietuvas stādmateriāla variantu vidējais SKD savstarpēji būtiski neatšķīrās un variēja robežās no 4.0 līdz 4.2 mm.

Stādmateriāla izstīdzēšanu raksturojošā druknuma indeksa (D/H) vismazākā vērtība konstatēta kailsakņu sējeņiem D-F un D-PL – attiecīgi 0.81 un 0.83.

Izņemot LVM-120 ietvarstādus, kuru D/H bija būtiski augstāks (2.50), pārējiem stādmateriāla veidiem D/H svārstījās robežās no 0.97 līdz 1.02, un to starpā statistiski būtiskas atšķirības netika konstatētas.

Abiem dispersijas analizē ietvertajiem faktoriem (stādmateriāla veids un izmēģinājuma stādījuma atrašanās vieta) bija būtiska ietekme uz koku garumu stādījumos 2008. gada rudenī. Statistiski būtiska ir arī šo faktoru mijiedarbība (6. tabula).

Sākotnēji lielāko LVM-USS stādu pārākums pēc pirmās augšanas sezonas bija saglabājies – koku augstums pēc pirmās veģetācijas sezonas šim stādmateriāla variantam bijis būtiski lielāks nekā pārējiem (118.2 cm) (7. tabula). Pēc pirmās augšanas sezonas joprojām būtiski mazāku koku augstumu konstatēja mazākajiem LVM-120 stādiem, tomēr atpalcībai no pārējiem variantiem bija tendence samazināties. LVM-120 stādi, kuru sākotnējais

6. tabula / Table 6

**Divfaktoru dispersijas analīzes tabula  
Two-way ANOVA table**

Izkliede / Source	df	Vidējais izklijes kvadrāts / Mean square	F	p
Stādmateriāla veids / Stocktype (S)	6	558 468	762.8	<0.001
Stādījums / Planting site (V)	4	391 139	534.3	<0.001
S×V	24	17 271	23.6	<0.001
Kļūda / Error	16 881	732		
Kopējā / Total	16 917			

7. tabula / Table 7

**Koku augšanas rādītāji stādījumos pirmās veģetācijas sezonas beigās  
Field performance of seedlings at the end of the first growing season**

Stādmateriāls / Stocktype	Koku augstums, cm / Tree height, cm		Saglabāšanās, % / Survival, %
	vidējais / mean	standartnovirze / standard deviation	
LVM-120	48.2 a*	19.1	88.4
D-PL	59.5 b	27.9	73.4
LF-R	68.7 c	27.1	91.3
D-F	70.7 c	35.6	71.0
LF-35	71.2 c	21.8	89.3
D-SO	75.7 d	37.3	82.1
LVM-USS	118.2 e	27.0	86.0

\* Ar dažādiem burtiem atzīmētās vērtības atšķiras būtiski (p<0.05) / Significant differences are indicated by different letters (p<0.05).

vidējais HDZ bija tikai 13.6 cm, 2008. gada rudenī sasniedza 48.2 cm augstumu – sezonas augstuma pieaugums šiem konteinerstādiem vairāk nekā 2.5 reizes pārsniedza to sākotnējo garumu. Vērtējot Lietuvas stādmateriāla augšanas rādītājus, jāatzīmē, ka, neskatoties uz sākotnēji līdzīgiem šo materiāla partiju vidējiem izmēriem, augstuma pieaugumi pirmajā sezonā šiem sējeņiem bija atšķirīgi (1. att.). D-SO koku augstums pēc pirmās sezonas atpalika tikai no LVM-USS, bet D-PL koku augstums bija otrs mazākais salīdzinājumā ar pārējiem eksperimentā izmantotajiem variantiem. D-F koku augstums būtiski neatšķīrās no LF-35 un LF-R koku augstumiem.

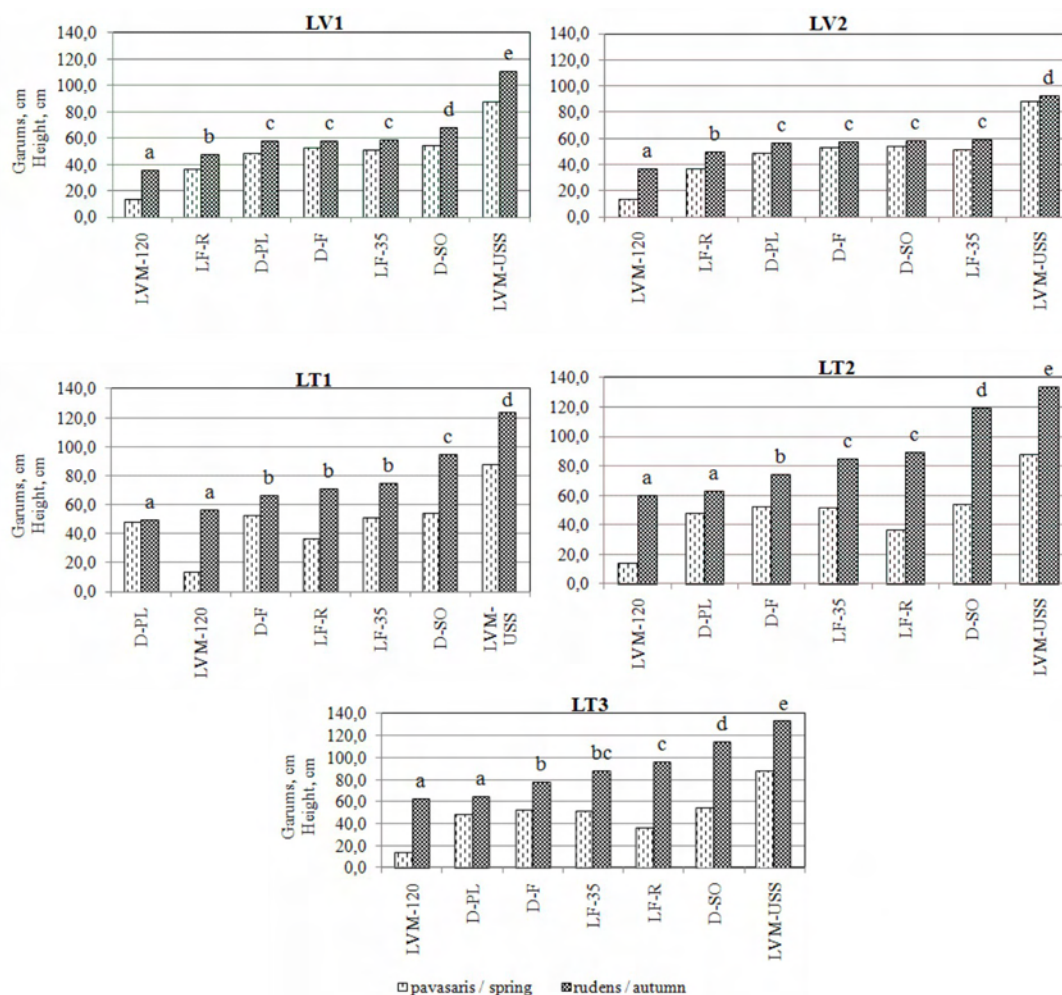
Eksperimentālajos stādījumos lietotajam stādmateriāla veidam tika konstatēta būtiska ( $p < 0.001$ ) ietekme uz koku saglabāšanos pirmās sezonas beigās. Viszemākā saglabāšanās bija Lietuvas kailsakņu sējeņiem D-F un D-PL – attiecīgi 71.0 un 73.4%

(5. tabula), bet nedaudz augstāka tā bija L-SO sējeņiem – 82.1%. Latvijas stādu vidējā saglabāšanās stādījumos svārstījās no 86.0 līdz 91.3%.

Stādījumā LV1 viszemākā saglabāšanās bija LVM-USS stādiem – tikai 47.9% (2. att.). Lietuvas sējeņu saglabāšanās šajā stādījumā variēja robežās no 77.1 līdz 80.9%, bet Latvijā audzēto ietvarstādu saglabāšanās bija nedaudz augstāka – robežās no 97.6 līdz 97.9%. Pārējos stādījumos LVM-USS saglabāšanās bija visaugstākā un svārstījās robežās no 90.0 līdz 100%. Kopumā jāatzīmē, ka koku saglabāšanās Latvijā ierīkotajos stādījumos bija augstāka nekā trijos Lietuvas teritorijā ierīkotajos izmēģinājumos.

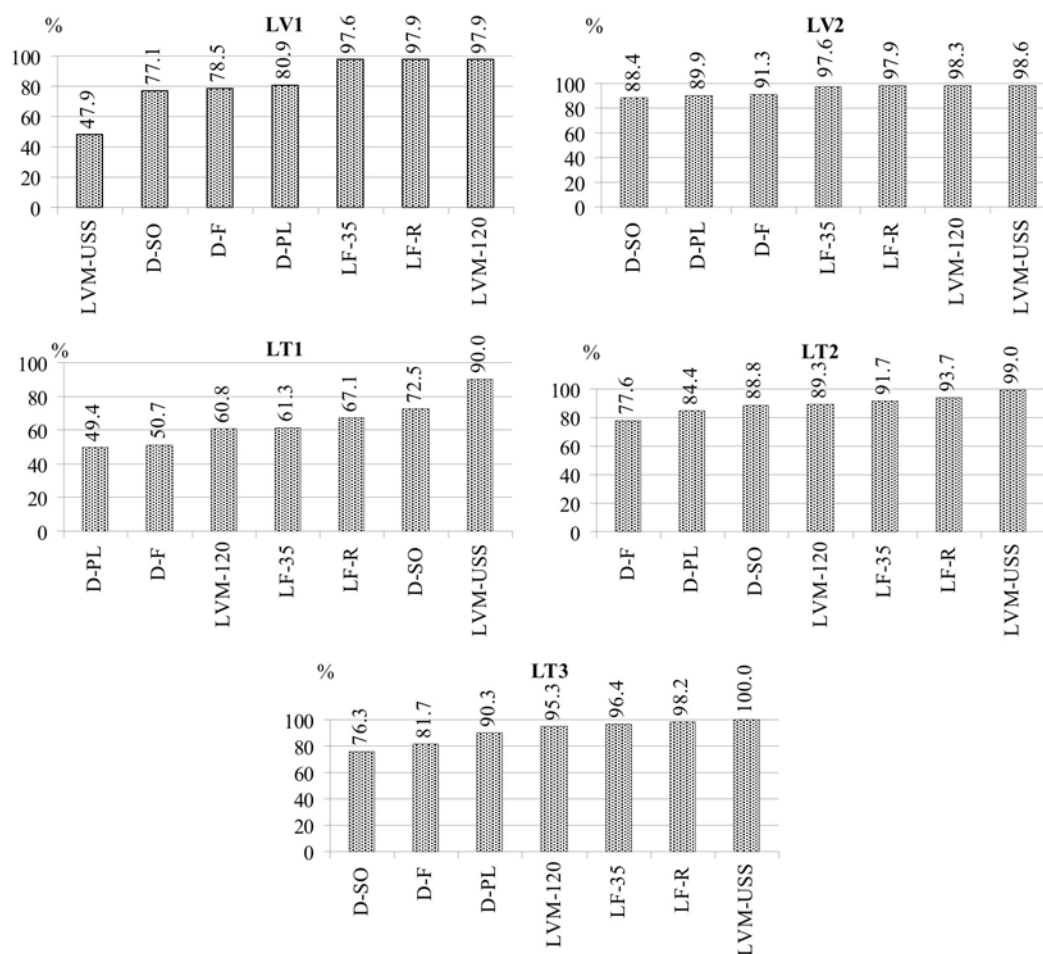
### Diskusija

Izmēģinājuma stādījumu ierīkošanai izmantoti septiņi atšķirīgi kārpainā bērza stādmateriāla veidi,



1. att. Koku augstums, cm, dalījumā pa izmēģinājumu stādījumiem 2008. gadā (ar dažādiem burtiem atzīmētās vērtības atšķiras būtiski,  $p < 0.05$ ).

Fig. 1. Tree height, cm, divided by experimental plantations in the year 2008 (significant differences,  $p < 0.05$ , are indicated by different letters).



2. att. Koku saglabāšanās pirmajā sezonā pēc iestādīšanas dalījumā pa izmēģinājumu stādījumiem.  
Fig. 2. First-year survival of seedlings divided by experimental plantations in the year 2008.

kuri atšķirās gan pēc audzēšanas tehnoloģijas, gan materiāla izcelsmes un kategorijas. Stādu augšanas rādītāji izmēģinājumos bija ļoti atšķirīgi, tomēr ierīkoto eksperimentu dizains neļauj novērtēt, kādā mērā katrs no minētajiem trim faktoriem ietekmējis koku augšanu pirmajā sezonā pēc augšanas. Lai iegūtu korektu salīdzinājumu par dažādu stādmateriāla audzēšanas tehnoloģiju ietekmi uz stādu augšanu pēc iestādīšanas, stādmateriāla audzēšanai jāizmanto identisks ģenētiskais materiāls (sēklas). Mūsu eksperimentā tas nebija iespējams – izmēģinājumu ierīkošanai tika izmantots tas reproduktīvais materiāls, kurš projekta uzsākšanas brīdī bija pieejams tirgū.

Koku augstuma diferencēšanās atkarībā no izmantotā stādmateriāla Lietuvas teritorijā ierīkotajos eksperimentālajos stādījumos bija izteiktāka nekā LV1 un LV2 stādījumos (1. att.). Augstuma pieaugumi LV1 un LV2 stādījumos bija salīdzinoši mazi, un atšķirības starp variantiem bija mazāk izteiktas. Skaidrojums tam varētu būt tas, ka Lietuvā stādījumi

ierīkoti aptuveni mēnesi agrāk nekā Latvijā, tātad Lietuvas teritorijā iestādītajiem kokiem veģetācijas sezona bija garāka.

To, ka reproduktīvā materiāla ģenētiskajām īpašībām ir būtiska ietekme uz koku saglabāšanos un augšanas rādītājiem stādījumos jau pirmajā sezonā pēc iestādīšanas, apliecinājuši Lietuvas stādmateriāla augšanas rādītāji. Visi trīs Lietuvas bērza divgadīgie sējeņu varianti audzēti pēc vienas tehnoloģijas un identiskos apstākļos, tomēr to augšanas rādītāji stādījumos būtiski atšķirās. Ģenētiski augstvērtīgākais sēklu plantācijā iegūtais materiāls apliecināja savas priekšrocības, demonstrējot stādījumos labākus augstuma pieaugumus un saglabāšanos. Tas attiecināms gan uz Lietuvas stādmateriālu D-SO, gan Latvijas LVM-USS, kuri abi atbilst reproduktīvā materiāla kategorijai „uzlabots”. LVM-USS stādmateriāla labākos augšanas rādītājus pirmajās sezonās gan lielā mērā varētu noteikt arī stādu morfoloģiskie parametri – šie stādi sākotnēji bija lielāki un to

morfoloģiskie parametri bija proporcionālāki nekā pārējiem stādmateriāla variantiem. Paredzēts, ka, stādījumiem sasniedzot lielāku vecumu, tiks novērtēta arī reprodutīvā materiāla kategorijas ietekme uz koku kvalitātes rādītājiem – stumbru kvalitāti un zarojumu.

Vissliktākos augšanas rādītājus uzrādīja D-PL stādmateriāls – Polijas brīvapputes bērzu ģimeņu pēcnācēji. Iespējams, ka sliktāka šo stādu augšana saistīta ar koku adaptācijas problēmām ģeogrāfiski atšķirīgos reģionos. Pētījumā, kurā analizēti bērza provenenču stādījumi Somijā, apstiprināts, ka kārpainā bērza reprodutīvā materiāla pārvietošana dienvidu–ziemeļu virzienā par vairāk nekā diviem ģeogrāfiskā platuma grādiem negatīvi ietekmē koku produktivitāti un stumbru kvalitāti (Viherä-Aarnio, Velling, 2008). Vairāku eksperimentā izmantoto Polijas bērza ģimeņu izcelsme ir pat vairāk nekā divus platuma grādus uz dienvidiem salīdzinājumā ar stādījumu ierīkošanas vietu (3. un 4. tabula).

Abi Lietuvas izcelsmes stādmateriāla varianti (D-SO un D-F) stādījumos Latvijā uzrāda salīdzinoši labus augstuma pieaugumus, tomēr koku saglabāšanās šiem variantiem ir sliktāka nekā Latvijas stādmateriālam. Viens no iemesliem sliktākiem Lietuvas sējeņu augšanas rādītājiem varētu būt šo stādmateriāla partiju nevienādīgums – sākotnējie sējeņu izmēri un to morfoloģisko parametru proporcijas šiem variantiem bija ļoti atšķirīgas. Lai izvērtētu Lietuvas bērza reprodutīvā materiāla piemērotību Latvijas apstākļiem un novērtētu iespējamās riska faktorus, kādus var radīt materiāla pārvietošana no Lietuvas uz Latviju, nepieciešams veikt stādījumu ilglaicīgu novērtēšanu un pārmērīšanu.

Visos stādījumos vislielākais koku augstums pēc pirmās veģetācijas sezonas bija LVM-USS stādiem. Arī koku saglabāšanās šim stādmateriāla variantam bija visaugstākā. Vienīgais izņēmums bija stādījums Liepājas rajonā (LV1), kurā LVM-USS stādmateriāla saglabāšanās bija tikai 47.9%. Neskatoties uz tik sliktu saglabāšanos šajā stādījumā, LVM-USS stādu saglabāšanās starp visiem variantiem tomēr bija pati augstākā, vērtējot visus stādījumus kopumā. Iemesls tik sliktam koku saglabāšanās procentam LV1 stādījumā ir dzīvnieku bojājumi šajā platībā, pie kam vairāk bojāti bija tieši lielākie koki.

LVM-USS stādu saglabāšanās pēc pirmās veģetācijas sezonas bija ļoti augsta arī stādījumos Lietuvā, kur agrotehniskā kopšana netika veikta. Paredzams, ka šajās platībās koku saglabāšanās pēc otrās veģetācijas sezonas būs vēl ievērojami zemāka, jo jauno koku bojāejas risks nekoptās platībās ziemas periodā ir ievērojami augstāks.

Neskatoties uz sākotnēji mazajiem izmēriem, ļoti labus augšanas rādītājus pirmajā sezonā demonstrēja LVM-120 stādmateriāls. Šo ietvarstādu ļoti labā augšana visdrīzāk skaidrojama ar sakņu masas un virszemes dzinuma masas sabalansētību – neskatoties uz to, ka stādi audzēti maza izmēra konteineros, to HDZ bija neliels, kas ļāva saglabāt optimālu saknes–dzinuma attiecību. Tas, ka ietvarstādu dzinuma–saknes attiecībai ir būtiska ietekme uz koku augšanas rādītājiem pēc iestādīšanas, apstiprina arī citi pētījumi (piem., Salonius et al. 2000; Liepiņš, 2007a; 2007b). Lai kokaudzētāvās tiktu saglabāta ietvarstādu optimālā stādu dzinuma–saknes attiecība un D/H, svarīgi ir panākt, lai stādi neizaug pārāk gari un izstīdzējuši. Lai bremsētu stādmateriāla augšanu garumā un veicinātu SKD pieaugumu, kokaudzētāvās mēdz pielietot pat speciālus augšanas stimulatorus (Aphalo et al., 1997).

Divu citu eksperimentā lietoto Latvijā audzēto ietvarstādu (LF-R un LF-35) saglabāšanās visos stādījumos bija augstāka par 90%, kas liecina, ka šī stādmateriāla kvalitāte ir atbilstoša produktīvu un kvalitatīvu bērza stādījumu ierīkošanai. Vienīgais izņēmums ir stādījums LT-1, kurā LF-R un LF-35 stādiem saglabāšanās bija attiecīgi tikai 67.1 un 61.3%. Jāatzīmē, ka šajā stādījumā koku saglabāšanās bija zema visiem stādmateriāla variantiem, vienīgi LVM-USS stādiem tā sasniedza 90%. Šai stādījuma platībai bija raksturīgi ar nevienādīgu augšanas apstākļi (pārmitras mikroieplakas) un sevišķi spēcīgs lakstaugu aizzēlums, kas arī izskaidro salīdzinoši sliktākus koku augšanas rādītājus pirmajā sezonā.

## Secinājumi

1. Vislabākos augšanas rādītājus (koku augstums un saglabāšanās) pirmajā sezonā pēc iestādīšanas stādījumos uzrādīja bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (LVM-USS).
2. Augstākas kategorijas bērza reprodutīvais materiāls pēc pirmās veģetācijas sezonas uzrādīja labākus augšanas rādītājus.
3. Salīdzinājumā ar pārējiem stādmateriāla variantiem Polijas izcelsmes bērza reprodutīvais materiāls (D-PL) stādījumos Latvijā un Lietuvā pirmajā sezonā uzrādīja vissliktākos augšanas rādītājus.

## Literatūra

1. Aphalo, P., Rikala, R. (2003) Field performance of silver birch planting stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests*, 25, 93-108.

2. Aphalo, P., Rikala, R. (2006) Spacing of silver birch seedlings grown in containers of equal size affects their morphology and its variability. *Tree Physiology*, 26, 1227-1237.
3. Aphalo, P.J., Rikala, R., Sánchez, R.A. (1997) Effect of CCC on the morphology and growth potential of containerised silver birch seedlings. *New Forests*, 14(3), 167-177.
4. Brunvatne, J.O. (1997) Planting of birch (*Betula pendula* Roth.) on former agricultural fields, with emphasis on seedling quality, light quality and competition. *Doctor Scientiarum Theses*, 33, 61 pp.
5. Hahn, P.F. (1984) Plug+1 Seedling Production. *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Duryea Mary L. and Thomas D. Landis (eds.). The Hague/Boston/Lancaster for Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, 165-181.
6. IUSS Working Group WRB. (2006) *World Reference Base for Soil Resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome, 145 pp.
7. Izaudzētais un meža atjaunošanai un ieaudzēšanai pielietotais stādāmais materiāls 2004.–2007. gg.: <http://www.vmd.gov.lv/index.php?sadala=363&id=1026&ord=35> – Resurss aprakstīts 2009. gada 3. februārī.
8. Liepiņš, K. (2007a) First-year Height Growth of Silver Birch in Farmland depending on Container Stock Morphological Traits. *Baltic Forestry*, 13(1), 54-60.
9. Liepiņš, K. (2007b) Ietvarstādu morfoloģisko parametru un stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju ietekme uz kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) augšanas rādītājiem bijušajās lauksaimniecības zemēs. *Promocijas darbs mežzinātņu doktora rāda iegūšanai*. Jelgava, LLU, 104 lpp.
10. Liepiņš, K. (2008) *Eksperimentālo objektu izveide kārpainā bērza un hibrīdapses reprodūktīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības augsnēs. Pārskats par Meža attīstības fonda pasūtīto pētījumu*. LVMI Silava, Salaspils, 49 lpp.: [http://www.zm.gov.lv/doc\\_upl/22\\_Silava\\_K.Liepins.pdf](http://www.zm.gov.lv/doc_upl/22_Silava_K.Liepins.pdf) – Resurss aprakstīts 2009. gada 20. aprīlī.
11. Paura, L., Arhipova, I. (2002) *Neparametriskās metodes. SPSS programmatūra*. Mācību līdzeklis. Jelgava, LLKC, 148 lpp.
12. Salonijs, P., Beaton, K., Roze, B. (2000) *Effects of cell size and spacing on root density and field performance of container-reared black spruce*. Information Report M-X-208E. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service – Atlantic Forestry Centre, 21 pp.
13. Viherä-Aarnio, A., Velling, P. (2008) Seed transfers of silver birch (*Betula pendula*) from the Baltic to Finland – effect on growth and stem quality. *Silva Fennica*, 42(5), 735-751.

## Baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas noteikšanas metodes Methods of Estimation of Grey Alder Above-Ground Biomass without Foliage

Olga Miezīte, Andrejs Dreimanis

LLU Meža fakultāte

Forest Faculty, LLU

e-mail: Olga.Miezite@llu.lv; Andrejs.Dreimanis@llu.lv

**Abstract.** Grey alder *Alnus incana* (L.) Moench stands cover 190.6 thousand ha, which is equal to 6.8% from the total forest area in Latvia and has a total yield of 31.3 million m<sup>3</sup>. Increasing deficit of fuel stresses the need to search for alternative energy resources for heating purposes. Grey alder is a fast growing tree species, capable to produce notable wood volume in a short period of time. Based on data from 188 sample trees, collected in different regions of Latvia during years 2005–2007, regression equations for calculation of naturally moist and absolutely dry above-ground biomass of defoliated trees have been proposed. For grey alder trees with breast height diameter up to 3.0 cm, above-ground biomass without foliage in naturally moist conditions can be calculated according to equation  $y=0.3427x^2-0.3063x+0.1636$ , but in absolutely dry conditions according to equation  $y=0.1529x^2-0.1408x+0.0845$ , where argument (x) is breast height diameter of tree. Corresponding equations for trees with breast height diameter from 3.1 to 26.0 cm are:  $y=0.1357x^{2.5377}$  and  $y=0.07x^{2.5059}$ . Stand level analysis is based on data from 55 unthinned grey alder stands at the age of 2–30 years. Above-ground biomass without foliage for grey alder stands can be calculated according to regression equations: in naturally moist conditions  $y=2.2327x^{1.3652}$ , in absolutely dry conditions  $y=1.0532x^{1.3627}$ .

**Key words:** naturally moist, absolutely dry, breast height diameter, basal area.

### Ievads

Baltalksnis *Alnus incana* (L.) Moench aizņem 190.6 tūkst. ha jeb 6.8% no Latvijas mežaudžu platības ar kopējo krāju 31.3 miljoni m<sup>3</sup>. No baltalkšņa audžu kopējās krājas 4.9% pieder valstij un 95.1% pārējiem mežu īpašniekiem (Meža statistika, 2006). Palielinoties atjaunojamo dabas resursu nozīmei enerģētikā, sevišķi siltumenerģijas ražošanā, mainās arī baltalkšņa mežsaimnieciskā un tautsaimnieciskā nozīme. Arvien biežāk baltalksnis tiek uzskatīts par perspektīvu koku sugu biomasas iegūšanai un siltuma enerģijas ražošanai. Siltuma iegūšanai bez papildu izdevumiem var izmantot visu virszemes biomasu, kuru sasmalcinot iegūst kurināmo šķeldu. Līdz šim biomasas noteikšanas metodes un tās apjomi ir pētīti nepietiekami. Tāpēc svarīgi ir izvērtēt baltalkšņa un baltalkšņa audžu biomasas apjomus.

Literatūrā bieži atrodama norāde, ka baltalksnis vērtējams kā ātraudzīga koku suga, kas īsā laika periodā spēj producēt ievērojamu koksnes daudzumu (Ozols, Hibners, 1927; Brants, 1929; Kundziņš, 1937; Mūrnieks, 1950). Jāatzīmē, ka iepriekš minētie autori biomasas jēdzienu nelieto.

Dabiskās un cilvēka radītās meža ekosistēmas atrodas mainīgos un atšķirīgos vides apstākļos, kas

tās ietekmē visdažādākajos veidos, izraisot lielu to daudzveidību. Baltalkšņa audzes veido visai savdabīgas ekosistēmas, jo daudzos gadījumos tās veidojušās neapstrādātās bijušajās lauksaimniecības zemēs. Baltalkšņa saimnieciskais nozīmīgums izpaužas tā ātraudzībā un spējā sekmīgi atjaunoties ar sēklām un celma un sakņu atvasēm. Baltalkšņa audžu izcirtumi, salīdzinot ar citām koku sugām, bagātīgi atjaunojas ar sakņu atvasēm, kas samazina meža atjaunošanas izmaksas. Tātad baltalkšņa audžu padziļināta izpēte no tautsaimnieciskā viedokļa ir aktuāla.

Biomasas tieša noteikšana kādai audzei vai lielākam audžu kopumam tiešā veidā nav iespējama lielā darba apjoma dēļ. Vairumā gadījumu biomasas apjoma noteikšanai izmanto parādību adekvāti raksturojošus regresijas vienādojumus. Eiropā augošo koku sugu biomasas apjomu aprēķināšanas regresijas vienādojumi ir visai atšķirīgi. Vienādojumi var būt diferencēti koka, stumbra, zaru, lapotnes, celma un sakņu biomasas aprēķināšanai. Par argumentu bieži izmanto stumbra caurmēru vai caurmēra un augstuma reizinājumu (Muukkonen, Mäkipää, 2006).

Pētījumos Igaunijā jaunās baltalkšņu plantācijās baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanai (Uri, 2001) ir pielietots pakāpes regresijas

vienādojums  $y=ax^b$ . Regresijas vienādojumu determinācijas koeficienti, izmantojot dažādus argumentus, ir augsti:  $R^2=0.960-0.997$ . Pētījumā Igaunijā baltalkšņa biomasu izžāvēta 70 °C temperatūrā līdz pastāvīgai parauga masai. Koksnes mitrums publikācijā nav norādīts (Uri, 2001), kas apgrūtina datu salīdzināšanu.

Dažādu kokaugu sugu biomasas noteikšanai pārsvarā tiek pielietoti regresijas vienādojumi ar vienu mainīgo. Pārbaudot dažādus argumentus, izvērtē iegūtos regresijas vienādojumus un par labāko atzīst to, kas pilnīgāk apraksta rezultējošās pazīmes atkarību no argumenta, par ko spriež pēc lielākas determinācijas koeficienta vērtības.

Ļoti svarīgi par argumentu izmantot viegli nosakāmu koka vai audzes taksācijas rādītāju, piemēram, stumbra caurmēru, audzes vidējo caurmēru vai šķērslaukumu. Pagājušā gadsimta 70. gados bieži tika aprēķināti daudzfaktoru regresijas vienādojumi, izmantojot divus vai vairākus argumentus (Карманова, 1976).

Pētījuma mērķis: iegūt ērti izmantojamas dabiski mitras un absolūti sausas bezlapotas baltalkšņa un baltalkšņa audžu virszemes biomasas novērtēšanas empīriskās formulas. Mērķa sekmīgai atrisināšanai tika izvirzīti divi uzdevumi:

- izstrādāt empīriskās formulas atsevišķu koku bezlapotas baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanai kokiem ar stumbra caurmēru līdz 26.0 cm;
- izstrādāt empīriskas formulas bezlapotās virszemes biomasas noteikšanai lielām audžu kopām atkarībā no audzes vidējā caurmēra un audzes šķērslaukuma.

## Materiāls un metodes

Pētījumā izmantotas galvenokārt līdz 30 gadus vecas baltalkšņa tīraudzes un kopumā ierīkoti 55 pagaidu parauglaukumi 1.A līdz 3. bonitātes audzēs. P. Mūrnieka (1963) sastādītajās baltalkšņa augšanas gaitas tabulās baltalkšņa audzes iedalītas 3 bonitātēs. Ievāctais pētījuma materiāls rāda, ka dabā daļa no uzmērītajām audzēm ievērojami pārsniedz 1. bonitātes audžu parametrus un to pilnīgākai raksturošanai bija nepieciešams ievietot papildus vēl 1.A bonitāti. Pētījumā 1.A bonitāte tika nodalīta, izmantojot ekstrapolācijas metodi un saglabājot P. Mūrnieka (1963) noteiktos augstuma intervālus starp bonitātēm. Bonitātes noteikšanai izmantots audzes vidējais augstums un audzes vecums. Pētījumā analizētas trīspadsmit 1.A bonitātes, piecpadsmit 1. bonitātes, divdesmit trīs 2. bonitātes un četras 3. bonitātes audzes. Baltalkšņa audžu sadalījums bonitātēs detalizēti atspoguļots O. Miezītes promocijas darbā (Miezīte, 2008). Materiāli pētījuma veikšanai ievākti

laika posmā no 2005. līdz 2007. gadam dažādos Latvijas rajonos.

Baltalkšņa biomasas noteikšanas metožu izstrādei izmantoti 188 paraugkoki ar stumbra caurmēru 0.2–26.0 cm 1.3 m augstumā virs sakņu kakla. Nocirstie koki atzaroti un sagarumoti nogriežņos biomasas noteikšanai, kā arī noteikts stumbra garums un caurmērs. Svērumi mežā izdarīti ar KERN firmas svariem, svēršanas precizitāte 0.02 kg. Atsevišķi tika noteikta stumbra un zaru biomasas 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 sausas biomasas īpatsvars. Pēdējo reizinot ar dabiski svaigo biomasu, iegūta absolūti sausā biomasas stumbriem un zariem.

Visa paraugkopa sadalīta divās daļās: koki ar stumbra caurmēru līdz 3.0 cm un koki ar caurmēru, kas lielāks par 3.0 cm. Kopējās empīriskās formulas izstrāde visam caurmēru diapazonam nebija iespējama, jo biomasas datu novirzes no regresijas līknes neatspoguļoja reālo situāciju.

Pirmo paraugkopu veidoja 52 baltalkšņi ar stumbra caurmēru līdz 3 cm. Uzmērīto koku dendrometrisko rādītāju minimālā un maksimālā vērtība: caurmēram – 0.2–3.0 cm, koka augstumam – 1.35–7.0 m, stumbra tilpumam – 0.00001–0.00278 m<sup>3</sup>, dabiski svaigai koka virszemes biomasai – 0.06–2.58 kg. Dotajā pētījumā 0.2–3.0 cm resnu baltalkšņu dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa biomasas ( $y$ ) aprēķināšanai par argumentu izmantoti šādi mainīgie lielumi (1. tabula): stumbra caurmērs ( $D$ ), stumbra caurmēra kvadrāts ( $D^2$ ) un stumbra caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums ( $D^2H$ ).

Otro paraugkopu veidoja 136 baltalkšņi ar stumbra caurmēru 3.1–26.0 cm, koka augstumu 5.35–22.2 m, stumbra tilpumu 0.0032–0.5200 m<sup>3</sup> un dabiski mitru virszemes biomasu 2.4–490.0 kg. No 3.1 līdz 26.0 cm resnu baltalkšņu dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa biomasas ( $y$ ) aprēķināšanai par argumentu izmantoti šādi mainīgie lielumi (2. tabula): stumbra caurmērs ( $D$ ), stumbra caurmēra kvadrāts ( $D^2$ ), stumbra caurmēra un augstuma reizinājums ( $DH$ ), stumbra caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums ( $D^2H$ ), stumbra šķērslaukuma un koka augstuma reizinājums ( $GH$ ) un stumbra tilpums ( $V$ ).

Baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas ( $y$ ) aprēķināšanai (kg) pārbaudīts otrās kārtas parabolas vienādojums ( $v = ax^2 + bx + c$ ) un pakāpes regresijas vienādojums ( $y = ax^b$ ).

Empīriskais materiāls 2–10 gadus vecās audzēs tika iegūts, katrā no tām ierīkojot 15 taisnstūrveida parauglaukumus ar platību 25 m<sup>2</sup>, izvietojot tos pa nogabala diagonāli vai audzē nospraustiem

transektiem. Audzes augstumlīknes aprēķināšanai visā caurmēru intervālā tika uzņēmēti 15–20 koku augstumi. 2006. gadā ierīkoja 30 parauglaukumus un katrā no tiem noteica koku augstumu 180 kokiem.

Baltalkšņa audzes no 11 līdz 30 gadu vecumam pētītas, izmantojot sešu koku uzskaites parauglaukumu metodi (Kramer, Akca, 1982). Katrā audzē ierīkoja 30 sešu koku uzskaites parauglaukumus un katrā audzē caurmēra mērījumus veica 180 kokiem. Uzskaites parauglaukumus izvietoja uz transektiem vienādos attālumos pēc sistemātiskā principa, lai aptvertu visu audzes platību. Sešu koku uzskaites parauglaukumu metode balstīta uz attāluma mērījumu no parauglaukuma centra līdz sestā koka vidum. Metodes būtība ir tā, ka uzskaites parauglaukumā ietilpst tikai puse no sestā tuvākā koka. Tas tiek ņemts vērā, aprēķinot audzes dendrometriskos rādītājus.

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

Katram apļveida uzskaites parauglaukumam baltalkšņa audžu taksācijas parametru raksturošanai, izmantojot formulas (1–5), aprēķināti šādi rādītāji:

$$R_6 = A_6 + \frac{1}{2} \cdot D_6, \quad (1)$$

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;

$$L_i = 0.785 \cdot (2 \cdot R_6)^2, \quad (2)$$

kur

$L_i$  – uzskaites parauglaukuma platība, m<sup>2</sup>;

$R_6$  – uzskaites parauglaukuma rādiuss, m;

$$g_i = 0.785 \cdot \frac{\sum_{i=1}^5 D_i^2}{10000} + 0.785 \cdot \frac{D_6^2}{10000 \cdot 2}, \quad (3)$$

kur

$g_i$  – koku šķērslaukums i-tajā uzskaites parauglaukumā, m<sup>2</sup>;

$D_i$  – koka caurmērs, cm;

$D_6$  – sestā koka caurmērs, cm;

$$G_i = \frac{g_i}{L_i} \cdot 10000, \quad (4)$$

kur

$G_i$  – audzes šķērslaukums pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>;

$g_i$  – koku šķērslaukums uzskaites parauglaukumā, m<sup>2</sup>;

$L_i$  – uzskaites parauglaukuma platība, m<sup>2</sup>;

$$N_i = \frac{5.5 \cdot 10000}{L_i}, \quad (5)$$

kur

$N_i$  – koku skaits uz hektāra pēc i-tā uzskaites parauglaukuma datiem, gab. ha<sup>-1</sup>;

$L_i$  – i-tā parauglaukuma platība, m<sup>2</sup>.

Baltalkšņa audžu taksācijas rādītāju aprēķināšanai pēc apļveida uzskaites parauglaukumu datiem izmantotas formulas (6–10):

$$g_{vid} = \frac{G}{N}, \quad (6)$$

kur

$g_{vid}$  – audzes vidējā koka šķērslaukums, m<sup>2</sup>;

$G$  – audzes šķērslaukums, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>;

$N$  – koku skaits, gab. ha<sup>-1</sup>;

$$D_g = \sqrt{\frac{g_{vid}}{0.785}} \cdot 100, \quad (7)$$

kur

$D_g$  – audzes vidējā koka caurmērs, kas aprēķināts no vidējā koka šķērslaukuma ( $g_{vid}$ ), cm;

$g_{vid}$  – audzes vidējā koka šķērslaukums, m<sup>2</sup>;

$$H_g = a \ln(D_g) + b, \quad (8)$$

kur

$H_g$  – audzes vidējā koka augstums, m;

$D_g$  – audzes vidējā koka caurmērs, cm;

$a$  – regresijas koeficients;

$b$  – regresijas vienādojuma brīvais loceklis;

$$G = \frac{\sum_{i=1}^i G_i}{\sum_{i=1}^i L_i} \cdot 10000, \quad (9)$$



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,  $m^2$ ;

$$N = \frac{5.5 \cdot 10000}{\sum_{i=1}^i L_i}, \quad (10)$$

kur

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

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

$$V = \psi * L^\alpha * D^{\beta \lg L + \varphi}, \quad (11)$$

kur

- $L$  – stumbra garums, m;  
 $D$  – stumbra caurmērs ar mizu, cm;  
 $\psi, \alpha, \beta, \varphi$  – empīriski noteikti koeficienti  
 $(\psi = 0.7450 \cdot 10^{-4}; \alpha = 0.81295;$   
 $\beta = 0.06935; \varphi = 1.8546).$

Konkrētas baltalkšņa audzes biomasas iegūta kā atsevišķu koku biomasas summa, izmantojot audzes dastošanas datus. Datu analīzē izmantots vidējais biomasas pieaugums audzes dzīves laikā.

Baltalkšņa un baltalkšņa audžu biomasas apjomu aprēķināšanas regresijas vienādojumu būtiskums pārbaudīts ar dispersijas analīzi, izmantojot SPSS programmu (Arhipova, Bāliņa, 2003).

## Rezultāti un diskusija

Līdz 3 cm resnu koku dabiski mitras zaru biomasas īpatsvars no koka kopējās virszemes biomasas variē plašās robežās – no 1.6 līdz 32.5%, pazīmes variācijas koeficients ir 45%. Zaru biomasas apjoms ir atkarīgs no koka vainaga formas, tā platuma, garuma, zaru skaita un apgaismojuma apstākļiem. Zaru biomasas īpatsvara vidējā vērtība ir  $15.3 \pm 0.97\%$ .

Konstatētie dati par stumbra un zaru biomasu ļauj iegūt empīrisku formulu dabiski mitras un absolūti sausas virszemes biomasas aprēķināšanai. Līdz 3.0 cm resnu baltalkšņu dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa biomasas ( $y$ ) aprēķināšanai labākais izrādījās otrās pakāpes parabolas regresijas vienādojums. Baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanai izmantojot kā argumentu ( $x$ ) stumbra

caurmēru, stumbra caurmēra kvadrātu un caurmēra kvadrāta un augstuma reizinājumu, otrās kārtas parabolas vienādojums uzrāda augstu sakarības ciešumu ( $R^2=0.97-0.99$ ,  $p<0.01$ ) salīdzinājumā ar taisnes, pakāpes un logaritmisko vienādojumu. Arī Somijas zinātnieki baltalkšņa stumbra biomasas noteikšanai izmanto otrās kārtas parabolas vienādojumu, kurā par argumentu izmantots koka caurmērs ( $D$ ). Noskaidrots, ka starp mainīgajiem lielumiem pastāv cieša sakarība ( $R^2=0.97$ ,  $p<0.01$ ), formulas pielietojšanas intervāls ir kokiem ar caurmēru 0.8–6.3 cm (Muukkonen, Mäkipää, 2006).

Ieteicamais arguments baltalkšņa biomasas aprēķināšanai ir stumbra caurmērs, kas ērti nosakāms ar dastmēru. Nav nepieciešami papildu aprēķini un tiek nodrošināta pietiekama sakarības precizitāte.

Dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņa virszemes biomasas noteikšanai izmantotie otrās pakāpes parabolas regresijas vienādojumi un koeficienti neatkarīgi no argumenta veida (1. tabula) ir statistiski nozīmīgi ( $p=0.0000-0.003>\alpha=0.01$ ). Jāatzīmē, ka vienādojums ir derīgs jaunu, audzē augušu baltalkšņu virszemes biomasas aprēķināšanai un nav attiecināms uz mežmalās vai grāvju malās augošiem kokiem.

No pētījuma datu analīzes izriet, ka lai aprēķinātu līdz 3.0 cm resnu baltalkšņu dabiski svaigas bezlapotas virszemes biomasas apjomu ( $y$ ) (kg) atkarībā no stumbra caurmēra ( $D$ , cm) izmantojams otrās kārtas parabolas regresijas vienādojums (12):

$$y = 0.3427 \cdot D^2 - 0.3063 \cdot D + 0.1636. \quad (12)$$

Absolūti sausas biomasas apjomu var aprēķināt pēc vienādojuma (13):

$$y = 0.1529 \cdot D^2 - 0.1408 \cdot D + 0.968. \quad (13)$$

Izmantojot regresijas vienādojumu (13), aprēķināta absolūti sausa baltalkšņa biomasas. Piemēram, ja  $D=1$  cm, tā veido 0.109 kg, bet ja  $D=3$  cm, tā ir 1.051 kg.

No kopējās bezlapotās virszemes biomasas paraugkoku (caurmērs no 3.1 līdz 26.0 cm) zaru biomasas vidēji veido  $21 \pm 2.1\%$ , un pazīmes variācijas koeficients ir 32%. Zaru īpatsvara atšķirības starp paraugkokiem ir lielas un atrodas intervālā 4–32%.

Dažādu koku sugu biomasas noteikšanai pārsvarā tiek pielietoti regresijas vienādojumi ar vienu argumentu ( $y=ax^b$ ). Nereti regresijas vienādojumus iekļauj divus vai pat vairākus mainīgos. Arī I. Karmanova atsauca uz Satto, kurš ir secinājis, ka divu vai vairāku mainīgo iekļaušana regresijas vienādojumā ļauj precīzāk noteikt koka biomasu (Карманова, 1976). Igaunijā (Uri, 2001) baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanai plantāciju audzēs

**Līdz 3 cm resnu baltalkšņu dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas aprēķināšanas parabolas regresijas vienādojuma ( $y = ax^2 + bx + c$ ) koeficienti**  
**The coefficients of parabolic regression equation ( $y = ax^2 + bx + c$ ) characterizing naturally wet and dry above-ground biomass of grey alder**

x	a	b	c	R <sup>2</sup>	s <sub>x</sub> , kg	F	t	p vērtība / p value
Dabiski mitrai biomasai, kg / For naturally wet biomass, kg								
D	0.3427	-0.3063	0.1636	0.984	0.0575	1580.6	5.36	0.0000
D <sup>2</sup>	0.0089	0.1689	0.0469	0.986	0.0538	1805.8	3.88	0.0030
D <sup>2</sup> H	-0.0002	0.0529	0.0847	0.984	0.0578	1562.6	8.11	0.0000
Absolūti sausai biomasai, kg / For absolutely dry biomass, kg								
D	0.1529	-0.1408	0.0845	0.968	0.0318	1004.5	5.12	0.0000
D <sup>2</sup>	0.0043	0.0715	0.0318	0.979	0.0296	1161.3	4.80	0.0000
D <sup>2</sup> H	-0.0001	0.0025	0.0485	0.973	0.0333	917.2	8.08	0.0000

Apzīmējumi: x – arguments; D – caurmērs, cm; D<sup>2</sup> – stumbra caurmēra kvadrāts; H – koka augstums, m; D<sup>2</sup>H – caurmēra kvadrāta reizinājums ar koka augstumu; a, b un c – regresijas vienādojuma koeficienti; R<sup>2</sup> – determinācijas koeficients; s<sub>x</sub> – regresijas standartklūda; F un t – testa faktiskās vērtības; p vērtība – varbūtības līmenis.

Notations: x – an argument; D – diameter of the stem, cm; D<sup>2</sup> – square of the stem diameter; H – height of the tree, m; D<sup>2</sup>H – multiplication of the square of a diameter and the height of a stem; a, b un c – coefficients of the regression equation; R<sup>2</sup> – coefficient of the determination; s<sub>x</sub> – standard error of the regression; F and t – actual value of F-test and t-test; p value – probability level.

pielietots pakāpes regresijas vienādojums, kurā par argumentu izmantots caurmēra un augstuma reizinājums (DH) un caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums (D<sup>2</sup>H). Mūsu pētījumā mainīgā lieluma caurmēra kvadrāta (D<sup>2</sup>) un koka augstuma reizinājuma (D<sup>2</sup>H) izmantošana par argumentu nedod labākus rezultātus biomasas noteikšanai salīdzinājumā ar koka caurmēru, jo sakarības ciešums abos gadījumos praktiski neatšķiras (2. tabula). Tikpat cieša sakarība, spriežot pēc determinācijas koeficienta vērtības, veidojas, ja par argumentu izmanto stumbra caurmēra kvadrātu (D<sup>2</sup>), kas sakrīt ar Krievijā iegūtajiem secinājumiem (Усолецев, 1985). Tas nozīmē, ka koka caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums (D<sup>2</sup>H) ir mazāk informatīvs biomasas noteikšanai 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<sup>2</sup>H). Noskaidrots, ka starp mainīgajiem lielumiem veidojas cieša sakarība (Muukkonen, Mäkipää, 2006). Tādēļ par šo argumentu – caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājumu (D<sup>2</sup>H) – iepriekšminētie autori atsauca dažādi. Mūsu pētījumā tas ir pietiekami informatīvs biomasas noteikšanai, jo pastāv cieša korelācija (2. tabula).

Šajā pētījumā 3.1–26.0 cm resnu baltalkšņu dabiski mitras un absolūti sausas biomasas (y)

aprēķināšanai atkarībā no dažādiem argumentiem (x) vispiemērotākais izrādījās pakāpes regresijas vienādojums, kuru izmanto arī citās valstīs. Baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanai pārbaudītie argumenti (stumbra caurmērs, stumbra caurmēra kvadrāts, stumbra caurmēra un augstuma reizinājums, stumbra caurmēra kvadrāta un koka augstuma reizinājums, stumbra šķērslaukuma un koka augstuma reizinājums, stumbra tilpums), spriežot pēc determinācijas koeficientu vērtībām (R<sup>2</sup>=0.98–0.99, p<0.05), teorētiski ir vienlīdz labi izmantojami aprēķinu veikšanai kokiem ar stumbra caurmēru intervālā no 3.1 līdz 26.0 cm. Absolūti sausas baltalkšņa biomasas aprēķināšanai ieteicams izmantot koka caurmēru, jo šajā gadījumā iegūtā regresijas standartklūda ir zemāka nekā tad, ja tiek izmantoti citi argumenti (2. tabula).

Dabiski mitras un absolūti sausas baltalkšņu biomasas noteikšanai analizētie pakāpes regresijas vienādojumi un koeficienti (2. tabula) neatkarīgi no argumenta veida ir būtiski ( $p=0.0000<\alpha=0.01$ ) un ir izmantojami koka bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanai.

Dabiski mitras baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas (kg) aprēķināšanai stumbra caurmēru diapazonā  $3.1 \leq D \leq 26$  cm izmantojams regresijas vienādojums (14):

$$y = 0.1336 \cdot D^{2.5476} \quad (14)$$

**Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa virszemes biomasas pakāpes regresijas****vienādojuma ( $y = ax^b$ ) koeficientu vērtības****The coefficients of power regression equation ( $y = ax^b$ ) characterizing naturally wet and dry above-ground biomass of grey alder**

x	a	b	R <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> , kg	F	t	p vērtība / p value
Dabiski mitrai biomasai, kg / For naturally wet biomass, 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> H	0.0415	0.9852	0.982	0.195	8012.8	11.9	0.0000
Absolūti sausai biomasai, kg / For absolutely dry biomass, 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> H	0.0224	0.9676	0.987	0.175	9862.4	13.5	0.0000

Apzīmējumi: x – arguments; D – stumbra caurmērs, cm; D<sup>2</sup> – stumbra caurmēra kvadrāts; V – stumbra tilpums, m<sup>3</sup>; DH – stumbra caurmēra un augstuma reizinājums; GH – stumbra šķērslaukuma un koka augstuma reizinājums; D<sup>2</sup>H – stumbra caurmēra kvadrāta reizinājums ar koka augstumu; a – regresijas vienādojuma brīvais loceklis; b – regresijas koeficients; R<sup>2</sup> – determinācijas koeficients; S<sub>x</sub> – regresijas standartklūda; F un t – testa faktiskās vērtības; p vērtība – varbūtības līmenis.

Notations: x – an argument; D – diameter of the stem, cm; D<sup>2</sup> – square of the stem diameter; V – volume of the stem, m<sup>3</sup>; DH – multiplication of the diameter and the height of stem; GH – multiplication of the basal area and the height of the tree; D<sup>2</sup>H – multiplication of the square of diameter and the height of stem; a – a free member of the regression equation; b – coefficient of the regression; R<sup>2</sup> – coefficient of the determination; S<sub>x</sub> – structural unit of the regression; F and t – actual value of F-test and t-test; p value – probability level.

Savukārt absolūti sausās baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas (kg) aprēķināšanai atkarībā no stumbra caurmēra (cm) tajā pašā stumbra caurmēru intervālā izmantojams regresijas vienādojums (15):

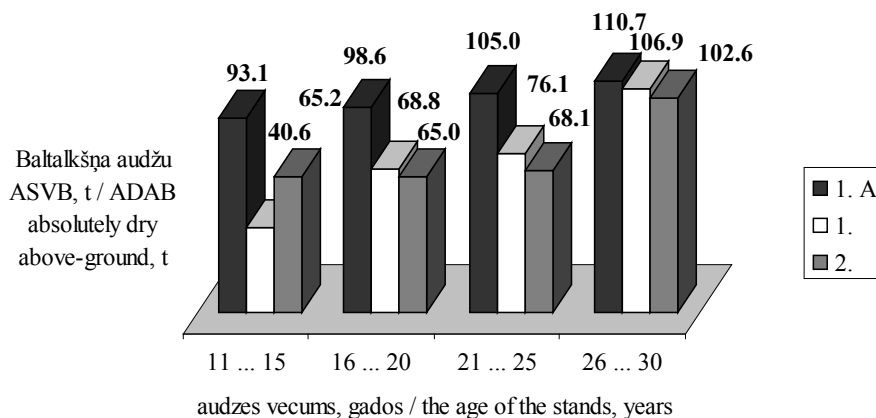
$$y = 0.07 \cdot D^{2.5059} \quad (15)$$

Pēc regresijas vienādojuma (15) aprēķinātā absolūti sausa baltalkšņa bezlapotās virszemes biomasas kokiem ar 3 cm lielu stumbra caurmēru ir nedaudz lielāka par 1 kg, bet 26 cm resniem kokiem sasniedz 246 kg.

Baltalkšņu audžu krāju un biomasas apjomus ietekmē virkne faktoru, kuri turklāt savstarpēji mijiedarbojas. Jebkuras koku sugas augšana ir atkarīga no augsnes auglības, kas skaitliskā izteiksmē nav izmērāma. Par koku sugas augšanas efektu spriež pēc audzes

vidējā augstuma noteiktā vecumā, ko mežsaimniecībā apzīmē ar rādītāju „audzes bonitāte”. Tā parāda koku augšanas efektu garumā, bet nespēj raksturot audzes krāju un biomasas apjomus. Pat viena vecuma audzes savstarpēji atšķiras pēc koku skaita uz platības vienību, audzes vidējā caurmēra un audzes šķērslaukuma, kas kopumā nosaka audzes faktisko krāju vai biomasas apjomu.

Divās vienas bonitātes un viena vecuma audzēs audzes krāja un biomasas var ievērojami atšķirties, kas mežā ir parasta parādība. Tāpat divu atšķirīgu bonitāšu audzēs, kurām ir atšķirīgs augšanas efekts augstumā, iepriekšminēto faktoru ietekmē var būt vienāda biomasas. Šī iemesla dēļ audzes bonitāte reālās audzēs tieši nevar raksturot audzes krāju vai biomasas apjomu. Lielā audžu daudzveidībā pēc svarīgākajiem taksācijas rādītājiem neļauj katrai no tām noteikt precīzu biomasas apjomu. Tādēļ dati, kas



ASVB – absolūti sausa virszemes biomasas / ADAB – absolutely dry above-ground biomass

1. att. Baltalkšņa audžu biomasas apjoms bezlapotā stāvoklī.

Fig. 1. Above-ground biomass without leaves of grey alder stands.

iegūti no liela audžu kopuma, jāizlīdzina ar regresijas vienādojumu palīdzību, tāpat kā to dara ar audzes augstumlīkni.

Pētīto baltalkšņa audžu vecums variē intervālā no 2 līdz 30 gadiem. Baltalkšņa audžu biomasas apjoms būtiski atšķiras dažāda vecuma audzēs ( $p=0.022 < \alpha=0.05$ ). Audzes vidējais caurmērs, kā arī audzes biomasas ir audzes vecuma funkcija un likumsakarīgi mainās augšanas procesā. Audzes biomasas var sākt samazināties, ja koku atmirums pārsniedz koksnes pieaugumu kādā laika periodā. Pētījumā līdz 30 gadus vecās baltalkšņa audzēs šāda tendence nav novērojama. Baltalkšņa virszemes biomasas tikai 2 audzēs pārsniedz 150 t sausnas  $ha^{-1}$ , bet vairumā gadījumu tā ir zemāka par 100 t sausnas  $ha^{-1}$ . Tikai 25–30 gadus vecās 1.A–2. bonitātes audzēs vidējais biomasas apjoms pārsniedz minēto 100 t sausnas  $ha^{-1}$  robežu. Pirmās A bonitātes audzēs jau 11–15 gadu vecumā baltalkšnis producē 93 t sausnas  $ha^{-1}$  biomasas.

Baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjoms ( $y$ ), izmantojot par argumentu audzes vecumu ( $x$ ), aprēķināms pēc pakāpes regresijas vienādojuma (16):

$$y = a \cdot x^b \quad (16)$$

Vienādojuma (16) koeficientu vērtības dažādās audžu bonitātes apkopotas 3. tabulā. Vienādojuma (16) izmantošanas intervāls 1.A bonitātes audzēm ir 2–30 gadi, 1. bonitātes audzēm – 3–40 gadi, 2. bonitātes audzēm – 5–30 gadi, un 3. bonitātes audzēm – 9–28 gadi.

Analizējot biomasas apjomus 11 gadus vecās un vecākās baltalkšņa audzēs (1. att.), konstatēts,

ka biomasas apjoms būtiski atšķiras dažādu bonitāšu baltalkšņu audzēs ( $p=0.02 < \alpha=0.05$ ). Vislielākās atšķirības virszemes biomasas apjomā starp bonitātēm konstatētas 11–15 gadus vecās dažādu bonitāšu baltalkšņa audzēs, kas pakāpeniski izlīdzinās starp audžu bonitātēm, audzes vecumam palielinoties līdz 26–30 gadiem. Galvenais iemesls otrās bonitātes audžu lielākam biomasas apjomam 11–15 gadus vecās audzēs ir to lielais audzes šķērslaukums, kas 4 audzēs no 7 pārsniedz pilnas biežības audžu parametrus. Konstatētais apliecina, ka dabā iespējamās pārbiezinātas audzes, ko izraisa koku diferencēšanās procesa aizkavēšanās laikā. Tas ir raksturīgs zemāku bonitāšu audzēm, kas aug mazāk auglīgos augšanas apstākļos.

Dabiski mitrās un absolūti sausās baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjomi ( $t \ ha^{-1}$ ) dažādu bonitāšu audzēs ir izlīdzināti pēc pakāpes regresijas vienādojuma, par argumentu izmantojot audzes vecumu (3. tabula). Vienādojumu regresijas koeficienti ir statistiski nozīmīgi ( $p=0.000–0.0110 < \alpha=0.05$ ). Tie izmantojami baltalkšņa audžu izlīdzinātās bezlapotās virszemes biomasas aprēķināšanai atkarībā no audzes bonitātes.

Lielām baltalkšņu audžu kopām biomasas aprēķināšanai baltalkšņa audzēs kā mainīgais arguments pārbaudīts audzes vidējais caurmērs un audzes šķērslaukums (2. att.). Audzes vidējais caurmērs kā vispārpieejams parametrs atrodams audžu taksācijas aprakstos. Audzes šķērslaukums ir atvasināms lielums, ko var iegūt, audzes krāju dalot ar veidaugstumu (HF). Izlīdzinātos biomasas apjomus baltalkšņu audžu kopās ( $t \ ha^{-1}$ ) būtiski ietekmē audzes

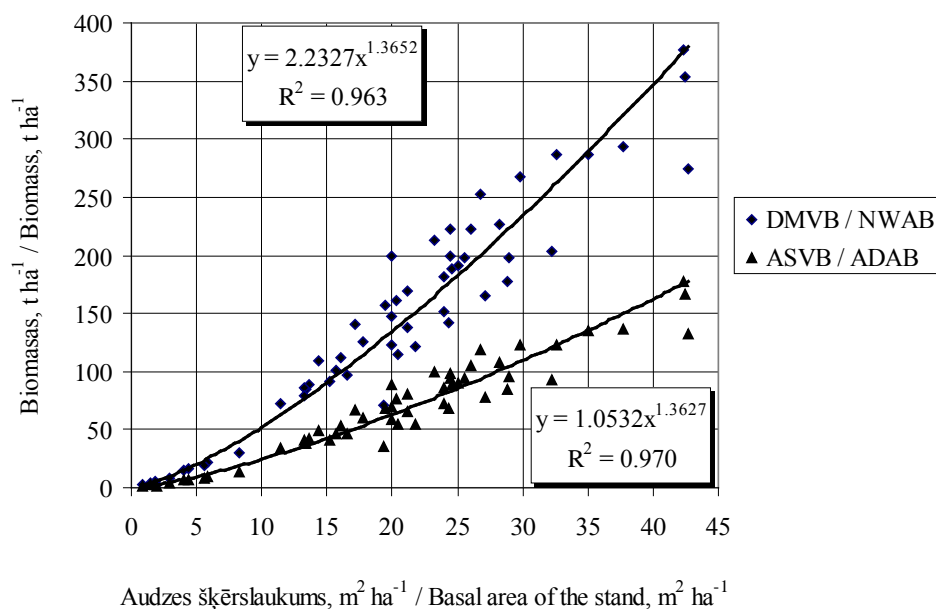
**Baltalkšņa audžu bezlapotās virszemes biomasas apjomu ( $t\ ha^{-1}$ ) aprēķināšanas pakāpes regresijas vienādojuma ( $y = ax^b$ ) koeficientu vērtības**

**Values of coefficients of regression equation ( $y = ax^b$ ) for calculation of above-ground biomass ( $t\ ha^{-1}$ ) for grey alder stand without foliage**

Bonitāte / Site index	a	b	R <sup>2</sup>	s <sub>x</sub>	F	t	p vērtība / p value
Dabiski mitrai biomasai / For naturally wet biomass							
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 / For absolutely dry biomass							
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<sup>2</sup> – determinācijas koeficients; s<sub>x</sub> – regresijas standartklūda; F un t – testa faktiskās vērtības; p vērtība – varbūtības līmenis.

Notations: x – an argument (age of the stand); a – a free member of the regression equation; b – coefficient of the regression; R<sup>2</sup> – coefficient of the determination; s<sub>x</sub> – structural unit of the regression; F and t – actual value of F-test and t-test; p value – probability level.



DMVB – dabiski mitra virszemes biomasā / NWAB – naturally wet above-ground biomass  
ASVB – absolūti sausa virszemes biomasā / ADAB – absolutely dry above-ground biomass

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

Fig. 2. The correlation between basal area of the stand and above-ground biomass without leaves of grey alder stands.

vidējais caurmērs ( $p=0.000<\alpha=0.01$ ). Sakarību dabiski mitras virszemes biomasas ( $y$ ) apjomu ( $t\ ha^{-1}$ ) aprēķināšanai atkarībā no audzes vidējā caurmēra ( $D$ , cm) raksturo pakāpes regresijas vienādojums (17):

$$y_{DMVB} = 4.7103 \cdot D^{1.4758} \quad (17)$$

Savukārt absolūti sausas biomasas apjomu izsaka vienādojums (17):

$$y_{ASVB} = 2.2214 \cdot D^{1.4726} \quad (18)$$

Regresijas vienādojumu (17 un 18) determinācijas koeficientu vērtība  $R^2=0.930$ ,  $p<0.05$ . Regresijas vienādojumu standartklūda:  $\pm 0.33$  t. Vienādojumi (17 un 18) ir izmantojami, ja audzes vidējais koku caurmērs ir  $0.8\text{ cm} \leq D \leq 18.6\text{ cm}$ .

Ciešāka sakarība audzes biomasas apjomu prognozēšanai konstatēta starp audzes šķērslaukumu ( $G$ ,  $m^2\ ha^{-1}$ ) un baltalkšņa audžu biomasas ( $y$ ) apjomu ( $t\ ha^{-1}$ ) ( $p=0.000<\alpha=0.05$ ,  $R^2=0.963$ ). Audzes šķērslaukums vienlaicīgi sevī apvieno tā izmaiņu atkarību no audzes vecuma, kā arī no koku caurmēra un skaita ietekmes. Šādā gadījumā datu izkliede ap regresijas taisni ir daudz mazāka nekā tad, ja par argumentiem izmanto audzes vecumu vai vidējo caurmēru. Regresijas vienādojuma standartklūda ir ievērojami zemāka:  $\pm 0.22$  t (19) un  $\pm 0.21$  t (20). Dabiski mitras (DMVB) un absolūti sausas biomasas (ASVB) apjomu ( $y$ ,  $t\ ha^{-1}$ ) atkarību no audzes šķērslaukuma ( $G$ ,  $m^2\ ha^{-1}$ ) raksturo regresijas vienādojumi (19) un (20):

$$y_{DMVB} = 2.2327 \cdot G^{1.3652} \quad (19)$$

$$y_{ASVB} = 1.0532 \cdot G^{1.3627} \quad (20)$$

Vienādojumi (19) un (20) ir izmantojami audzei ar šķērslaukumu intervālā  $2 \leq G \leq 42.4\ m^2\ ha^{-1}$ .

Literatūrā biežāk minētais baltalkšņa audžu ciršanas vecums ir sākot no 15 gadiem (Brants, 1929; Mūrnieks, 1950; Katkevičs, Lukašunas, 1986). Vienvecuma audzēs lielāks biomasas apjoms ir audzēs ar lielāku koku skaitu. Pētījumā apstiprinās, ka audzes ražība vienvecuma un vienas bonitātes audzēs ir atkarīga no koku skaita uz platības vienības (Атрохин, 1980; Антанайтис et al., 1986).

Biomasas apjoms pēitājās vienas bonitātes vienvecuma audzēs, bet dažādos baltalkšņa meža tipos ir atkarīgs no koku skaita un audzes šķērslaukuma.

Audzēs krāju viena vecuma un meža tipa audzēs, spriežot pēc augšanas gaitas tabulām, ietekmē audzes bonitāte, stumbra tilpums un audzes šķērslaukums.

Reālajās audzēs iespējamas visai būtiskas novirzes no augšanas gaitas tabulām. P. Mūrnieks (1950) raksta, ka baltalkšņa audzes sevišķi auglīgos apstākļos sasniedz augstu produktivitāti, un bonitāte raksturo potenciālo augsnes auglību. Ražīgāko audžu krājas analīze liecina, ka tā variē plašā diapazonā – no 170 līdz  $410\ m^3\ ha^{-1}$  – un tikai divās audzēs pārsniedz  $300\ m^3\ ha^{-1}$ . Lielas krājas ( $170\text{--}237\ m^3\ ha^{-1}$ ) veido gan audzes ar lielu koku skaitu ( $5500\text{--}6600$  koku  $ha^{-1}$ , gan ievērojami retākas audzes, kurās koku skaits nepārsniedz 2200 koku uz  $ha$  (Miezīte, 2008).

Starp audzes šķērslaukumu un audzes biomasas vidējo pieaugumu audzes dzīves laikā pastāv cieša sakarība:  $R^2=0.969$ ,  $\alpha=0.01$ . Lielākas biomasas vidējā pieauguma vērtības ir raksturīgas 1.A un 2. bonitātes audzēs ar šķērslaukumu, kas lielāks par  $28\ m^2\ ha^{-1}$ . Biomasas vidējais pieaugums vairumam audžu svārstās no 5 līdz  $10\ t\ ha^{-1}$  gadā. Audzēm ar vidējo caurmēru, kas mazāks par 6 cm, biomasas vidējais pieaugums nepārsniedz  $6\ t\ ha^{-1}$  gadā.

Šajā pētījumā par  $10\ t\ ha^{-1}$  gadā lielāks vidējais biomasas pieaugums ir konstatēts 1.A bonitātes gāršas un vēra audzēs un 2. bonitātes vēra un platlapju āreņa audzēs ar 8–10 cm lielu vidējo audzes caurmēru. Igaunņu zinātnieki izpētījuši, ka virszemes biomasas lielākie vidējie pieaugumi ir baltalkšņa gāršas audzēs (Tullus et al., 1996). Pieaugot audzes vecumam, biomasas vidējā pieauguma apjoms samazinās. Mūsu pētījumā nevienai audzei 30 gadu vecumā nav konstatēti par  $10\ t\ ha^{-1}$  lielāki vidējie biomasas pieaugumi. Trīsdesmitgadīgajās 1.A bonitātes audzēs tie veido  $6.6\text{--}8.4\ t\ ha^{-1}$ . Igaunņu zinātnieki secinājuši, ka biomasas apjoms vecākajās baltalkšņa audzēs samazinās (Löhmus et al., 1996; Tullus et al., 1996; 1998), lai gan audžu vecums netiek norādīts.

Šajā pētījumā vairumam audžu ar koku skaitu, kas mazāks par 5000 gab.  $ha^{-1}$  biomasas, vidējais pieaugums ir no 4 līdz  $10\ t\ ha^{-1}$  gadā.

## Secinājumi

1. Atsevišķu baltalkšņu biomasas apjoma aprēķināšanai par argumentu izmantojams stumbra caurmērs 1.3 m augstumā, kas sakarību ar koka biomasas apjomu raksturo tikpat labi kā sarežģītāku un aprēķinu rezultātā iegūstamu argumentu izmantošana.
2. Atsevišķu, līdz 3.0 cm resnu, baltalkšņu dabiski mitras bezlapotās virszemes biomasas apjoms (kg) atkarībā no stumbra caurmēra ( $D$ , cm) aprēķināms pēc otrās kārtas parabolas regresijas vienādojuma:  $y = 0.3427 \cdot D^2 - 0.3063 \cdot D + 0.1636$ ; bet absolūti sausas biomasas apjomu var aprēķināt pēc vienādojuma:  $y = 0.1529 \cdot D^2 - 0.1408 \cdot D + 0.968$ .

3. No 3.1 līdz 26.0 cm resnu, atsevišķu baltalkšņu dabiski mitrās bezlapotās virszemes biomasas apjoms (kg) atkarībā no stumbra caurmēra (D, cm) aprēķināms pēc pakāpes regresijas vienādojuma:  $y_{DMVB} = 0.1336 \cdot D^{2.5476}$ ; bet absolūti sausas biomasas apjomu var aprēķināt pēc vienādojuma:  $y_{ASVB} = 0.07 \cdot D^{2.5059}$ .
4. Nekopto baltalkšņa audžu virszemes biomasas prognozēšanai par argumentu izmantojams audzes šķērslaukums, kurš akumulē stumbra caurmēra un koku skaita variācijas. Baltalkšņu audžu kopās izlīdzinātos dabiski mitras biomasas apjomus ( $y$ ) ( $t \text{ h}^{-1}$ ) var prognozēt pēc audzes šķērslaukuma ar vienādojumu:  $y_{DMVB} = 2.2327 \cdot G^{1.3652}$ ; bet absolūti sausas biomasas apjomus ar vienādojumu:  $y_{ASVB} = 1.0532 \cdot G^{1.3627}$ . Vienādojumi ir izmantojami audzēs ar šķērslaukumu  $2 \leq G \leq 42.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .
11. Mūrnieks, P. (1950) Baltalkšņa *Alnus incana* Moench. augšanas gaita Latvijas PSR. *LPSR ZA Mežsaimniecības problēmu raksti*, 2. sēj. Rīga, LZA, 217-252.
12. Mūrnieks, P. (1963) Baltalkšņa (*Alnus incana* Moench.) augšanas gaita Latvijas PSR. No: Sacenieks R., Matuzānis J. *Mežsaimniecības tabulas*. Rīga, LVI, 112-113.
13. Ozols, J., Hibners, E. (1927) Baltalkšņa audžu izplatība Latvijā, augšanas gaita un nozīme mežsaimniecībā. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, V sēj., 43-52.
14. Tullus, H., Keedus, K., Uri, V., Mander, Ü., Löhmus, K. (1996) Sustainable forests management in Estonia. Planning and Implementing Forest Operations to Achieve Sustainable Forests. *USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC 186*, 99-101.
15. Tullus, H., Mander, Ü., Löhmus, K., Uri, V. (1998) Sustainable forests management of abandoned farm lands for energy forestry. *Proceedings of International Symposium on Global Concerns for Forest Resource Utilization*. Miyazaki, Japan. Vol. 1, 398-407.
16. Uri, V. (2001) *The dynamics of biomass production and nutrient status of grey alder and hybrid alder plantations on abandoned agricultural lands*. Dissertations Scientiarum Naturalium Universities Agriculture Estonia. Tartu, 54 pp.
17. Антанайтис, В. В., Тыбера, А. П., Шянятене, Я. А. (1986) *Законы, закономерности роста и строения древостоев*. Каунас, 158 с.
18. Атрохин, В. Г. (1980) *Формирование высокопродуктивных насаждений*. Москва, Лесная промышленность, 131 с.
19. Карманова, И. В. (1976) *Математические методы изучения роста и продуктивности растений*. Москва, Наука, 222 с.
20. Микшис, В. (1988) Возможности оценки ассимиляционной массы деревьев по их морфометрическим показателям. *Лесоводственно-биологические вопросы формирования высокопродуктивных насаждений*: сборник трудов ЛитНИИЛХ. Вильнюс, Моклас, 93-103.
21. Усольцев, В.А. (1985) *Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев*. Красноярск, издательство „Красноярск“, 175 с.

## Literatūra

1. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Rīga, Datorzinības Centrs, 352 lpp.
2. Brants, J. (1929) *Lauksaimnieka mežkopība*. Rīga, LPI A/s Valters un Rapa, 237 lpp.
3. Katkevičs, A., Lukašunas, I. (1986) *Augsnes sagatavošanas veida ietekme uz baltalkšņa stādījumu augšanu*. Rīga, Zvaigzne, 59-63.
4. Kramer, H., Akca, A. (1982) *Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur*. Verlag, Frankfurt am Main, 93-99.
5. Kundziņš, A. (1937) *Dažu faktoru ietekme uz baltalkšņa (Alnus incana Moench.) veģetatīvo atjaunošanos*. Rīga, MDI, 45 lpp.
6. Liepa, I. (1996) *Pieauguma mācība*. Jelgava, LLU, 121 lpp.
7. 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, 95-105.
8. *Meža statistika 2006*. [Elektroniskais resurss]. Rīga, Valsts Meža dienests, 2007. – 1 kompaktdisks.
9. Miezīte, O. (2008) *Baltalkšņa audžu ražība un struktūra*. Promocijas darbs Mežzinātnes nozarē Meža ekoloģijas un mežkopības apakšnozarē. Jelgava, 127 lpp.
10. Muukkonen, P., Mäkipää, R. (2006) *Biomass Equations for European Trees*: Addendum. *Silva Fennica*, Vol. 40(4), 763-773.

**Baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench) audžu atjaunošanās gaita un virszemes biomasas uzkrāšanās jaunaudžu vecuma audzēs**  
**Process of Natural Regeneration of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench.), and Above-Ground Biomass Accumulation in the Young Stands**

**Mudrīte Daugaviete, Kaspars Liepiņš, Andis Lazdiņš, Ojārs Daugavietis**

Latvija Valsts mežzinātnes institūts „Silava”  
Latvian State Forest Research Institute “Silava”

e-mail: Mudrite.Daugaviete@silava.lv

**Kārlis Žvīgurs**

Ropažu mežniecība „Mežvidi”

Ropaži forest district “Mežvidi”

e-mail: ropazu.meznieciba@rigaogre.vmd.gov.lv

**Abstract.** The results of investigations about growth and development of grey alder coppices in different forest types are given. The number of first-year sprouts varied between 25.8 and 188 thousands. The amount of grey alder sprouts reached 65-95% out of the total, whereas amount of other species' (*Prunus*, *Coryllus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Sorbus*, *Tilia*, etc.) sprouts, depending on a particular forest site, reached 23% in the *Oxalidososa*, 28% in the *Aegopodiosa*, 35% in the *Mercurialiosa mel.*, 31% in the *Drypteriosa*, 10% in the *Myrtilloso sphagnosa*, and 5% in the *Hylocomiosa* forest site. In the second year, the number of sprouts decreased by 16% in the *Aegopodiosa*, by 25% in the *Oxalidososa*, by 30% in the *Hylocomiosa*, and by 46% in the *Mercurialiosa mel.* forest type. The height of first-year coppices ranged between 0.8-1.2 m, root collar diameter – 0.81-1.76 cm, height of second-year coppices – 2.02-2.93 m, and diameter at breast height – 0.77-1.79 cm. The amount of dry biomass of one-year old coppices varied between 1390 and 3200 kg ha<sup>-1</sup>, but of two-year old coppices – between 3413 and 5544 kg ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** grey alder, natural regeneration, coppice, sprouts, biomass.

## Ievads

Baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench) kā ātraudzīga koku suga, kas var dot ievērojamu ieguldījumu gan kokmateriālu, gan atjaunojamo energoresursu iegūšanā, guvis īpašu ievēribu privāto zemes īpašnieku vidū. Baltalksni Latvijas klimatiskajā zonā var pamatotī saukt par „ekonomisku” koku sugu, jo 25–30 gadu laikā mērķtiecīgi apsaimniekota baltalkšņa audžu krāja var sasniegt 250-400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> no saražotās koksnes produkcijas ap 50–70% derīgi apaļo sortimentu pārstrādei (Daugaviete, Daugavietis, 2008). Turklāt sakarā ar bagātīgo dabisko atjaunošanos ievērojami tiek samazināti izdevumi šo audžu atjaunošanai un aizsardzībai.

Baltalkšņa platības Latvijā no pagājušā gadsimta 30. gadiem (Daugaviete, Ūsīte, 2006) līdz 21. gs. pirmajai desmitgadei ir ievērojami

paplašinājušās, jo tās intensīvi ieviešas atmatā atstātajās lauksaimniecības zemēs. Pēc 1925. gada meža statistikas datiem baltalkšņa audzes aizņēma 3962 ha jeb 0.3% no kopējās valsts mežu platības, bet jau 1962. gadā to platība palielinājās līdz 80 895 ha, kas bija 4.5% no kopējās ar mežu aizņemtās platības (Latvijas meži, 1987). Savukārt pēc 1978. un 1983. gada meža statistikas datiem sakarā ar intensīvas lauksaimnieciskās ražošanas paplašināšanos baltalkšņa platības saruka līdz 1% no mežu kopplatības (Mežagrāmata, 1986), bet jau 2003. gadā sasniedza 189 tūkst. ha, kas bija 6.4% no mežu kopplatības<sup>1</sup>, no kuriem 95% atradās privāto zemes īpašnieku mežos. Pēdējos gados baltalkšņa platības turpina palielināties un pēc Statistikas Pārvaldes datiem<sup>2</sup> 2007. gadā sasniedza rekordlielu platību – 330 tūkst. ha, kas veidoja 11.4% no mežu kopplatības (Meža nozare Latvijā, 2008).

<sup>1</sup> Meža statistika. Forest Statistics. Dati uz 01.01. 2005.–2007. Data on 01.01.2005.-01.01.2007. Статистика о лесах, данные на 01.01.2005.-01.01.2007. [Elektroniskais resurss] – Rīga, Valsts meža dienests (State Forest Service), 2005; 2006; 2007. – 3 kompaktdiski.

<sup>2</sup> <http://www.csb.gov.lv> – Datubāzes: Mežsaimniecība: Mežainums un koku veidu struktūra reģionos un rajonos.



Kā zināms, baltalksnis atjaunojas gan ģeneratīvi (ar sēklām), gan veģetatīvi (ar celmu vai sakņu atvasēm). Tomēr baltalkšņa ģeneratīvā atjaunošanās notiek ar grūtībām, galvenokārt baltalkšņa sēklu zemās dīdžības, bagātīgās virszemes veģetācijas un nepietiekamo gaismas apstākļu dēļ.

Plaši pētījumi par baltalkšņa veģetatīvo atjaunošanos veikti Igaunijā, Lietuvā, Zviedrijā un Somijā (Saarsalmi et al., 1992; Saarsalmi, 1995; Tullus, Uri, 1998; Telenius, 1999; Uri et al., 2001, 2003; Vares, 2005; Rytter et al., 2000; Daugaviete, 2006). Zinātnieki secinājuši, ka optimālā augsnes reakcija sekmīgai baltalkšņa atvašu un sējeņu attīstībai ir pH=5.5–7.0 (Griffits, McCormick, 1984; Johansson, 1999). Ja augsnes ir pārāk skābas (pH=3.3) vai pārāk sārmains (pH=8–8.8), baltalkšņa sakņu atvases ir sīkas, sējeņi nespēj normāli attīstīties un neveido uz saknēm gumiņus. Baltalkšņa sakņu atvases un sējeņi bieži vien spēj izdzīvot applūstošās platībās – tur, kur citu koku sugu sējeņi aiziet bojā, jo tie veido adventīvās saknes, kuras izvietotas pašā augsnes virsējā slānī (McVean, 1955; Berry, Torrey, 1985; Kramer, Kozlovski, 1979).

Baltalksnis ļoti labi dabiski atjaunojas vēra, damakšņa, gāršas, platlapju āreņa un citu meža augšanas apstākļu tipu izcirtumos, ja tā klātbūtne mežaudzē sasniedz biežību 5 un vairāk (Johansson, 1999; Rytter et al., 2000; Rokjānis u.c., 2006).

Latvijas zinātnieki un praktiķi J. Ozols un E. Hibners (1927), R. Līcis un J. Ozoliņš (1937), A. Kundziņš (1937, 1969), A. Avotiņš (1962), P. Mūrnieks (1948, 1950), J. Docītis<sup>3</sup> (1953), A. Zviedris un P. Maike (1955), J. Viļums<sup>4</sup> (1955), kā arī B. Rokjānis (1957) atzīmē, ka baltalkšņa atjaunošanās gaitu ietekmē virkne priekšnosacījumu, kur galvenā nozīme ir abiotiskiem un biotiskiem faktoriem.

Vecākās klasifikācijās (1850–1880) baltalksnis tiek pieskaitīts pie ēncietīgām koku sugām, turpretī 20. gadsimtā zinātnieki secina, ka baltalkšņa ieaudzēšana un sekmīga atjaunošanās var notikt tikai pilnīgi atklātās vietās, jo baltalksnis ir ļoti gaismas prasīga koku suga un stiprākā apēnojumā iet bojā (Rokjānis, 1957; Kundziņš, 1937, 1969; Zviedris, Maike, 1955; Melderis, 1939). A. Kundziņš (1937) atzīmē, ka baltalksnis meža sienas ziemeļu pusē praktiski neatjaunojas. Arī J. Viļums (1955) uzskata, ka jau neliels apēnojums ievērojami samazina atvašu pieaugumu un skaitu.

Baltalkšņa atjaunošanos un augšanu lielā mērā ietekmē augsnes īpašības. Pētījumi veikti gan sila tipa smilts augsnēs, gan valgās māla augsnēs (Kundziņš, 1937; Līcis, Ozoliņš, 1937; Zviedris, Maike, 1955; Rokjānis u.c., 2006 u.c.). Augšanas apstākļi

korelē ar baltalkšņa produktivitāti: nabadzīgās, pārmitrās augsnēs baltalksnim piemīt krūmāju raksturs, turpretī uz auglīgām māla un smilšmāla vai mālsmilts augsnēm tas sasniedz ievērojamus izmērus un samērā augstu produktivitāti (Ozols, Hibners, 1927).

Zinātnieku uzskati dalās jautājumā par to, kā baltalksnis vislabāk atjaunojas. Daži uzskata, ka baltalksnis vislabāk atjaunojas ar sēklām, bet citi ir pārliecināti, ka noteicošais faktors baltalkšņa straujai atjaunošanās gaitai ir tā spējai no snaudošajiem pumpuriem veidot atvases (Kundziņš, 1937; Rokjānis, 1957).

A. Kundziņš (1937) veicis plašus pētījumus par baltalkšņa veģetatīvo atjaunošanos atkarībā no audzes nociršanas laika. Viņš secina, ka visspēcīgākās atvases veidojas ziemas mēnešu (novembris–marts) izcirtumos, bet vasaras mēnešu izcirtumos atvases ir daudz vājākas.

R. Līcis un J. Ozoliņš (1937) novērojuši, ka celma un sakņu atvases baltalksnis veido vismazāk tad, ja ciršana veikta jūlijā, kad lapas ir sasniegušas maksimālo lielumu, jo šajā laikā baltalkšņa saknes lapu masas producēšanai atdod visvairāk barības vielu.

A. Kundziņš (1937) veicis pētījumus par baltalkšņa atvašu veidošanās gaitu atkarībā no celmu augstuma un ciršanas veida un secinājis, ka koku ciršanas veidam un celmu augstumam baltalkšņu atvasēs nav nozīmes, jo spēcīgas atvases rodas ne vien no celma, bet arī no galvenajām saknēm celma tuvākajā apkārtnē. Atvases no nocirsta koka celma un saknēm galvenokārt rodas no adventīviem pumpuriem.

Daļa autoru (Viļums, 1955; Docītis, 1953) uzskata, ka baltalkšņa sekmīgai atjaunošanās spējai galvenais priekšnosacījums ir baltalkšņa spēja bagātīgi veidot snaudošos pumpurus. J. Viļums secina, ka baltalkšņa izcirtumos uz 1 ha veģetatīvi veidojas no 91 līdz 159 tūkstošiem atvašu, no kurām 87–96% veido sakņu atvases, bet 4–13% – celma atvases. Palielinoties baltalkšņa vecumam, celma atvašu skaits samazinās. Savukārt J. Docītis atzīmē, ka baltalksnis ļoti labi atjaunojas ar sakņu un celma atvasēm, un atvases visbagātīgāk veidojas ziemas mēnešu (decembris–februāris) izcirtumos.

Plašus pētījumus par baltalkšņa biomasas apjomu baltalkšņa I–II vecumklases audzēs veikuši zviedru (Telenius, 1999; Rytter, 1990), somu (Saarsalmi et al., 1992) un igauņu zinātnieki (Tullus et al., 1995, 1998; Uri et al., 2001; Uri, Tullus, 1999). Viņi konstatēja, ka sešgadīga baltalkšņa krāja plantācijā var sasniegt 25.3 t sausās masas<sup>5</sup> (SM) uz

<sup>3</sup> Docītis, J. (1953) *Baltalkšņa saimniecības raksturojums Bauskas un Elejas rajonos*. Diplomdarbs, Rīga, 150 lpp.

<sup>4</sup> Viļums J. (1955) *Baltalkšņu dabiskās apmežošanās gaita izcirtumos Bauskas MS*. Diplomdarbs, Rīga, 120 lpp.

<sup>5</sup> sausa masa – gaissausa biomasa ar mitruma saturu – 20–25%.

1 ha (salīdzinājumam – dabīgi atjaunojusies sešgadīga baltalkšņa audze, kura nav kopta, var dot tikai 11.5 t ha<sup>-1</sup> SM) (skat. 1. tabulu).

Līdzīgi pētījumi veikti arī Somijā (Saarsalmi, 1995), Zviedrijā (Telenius, 1999) un Vācijā (Granhall, Verwijst, 1994), kur divgadīgas baltalkšņu audzes kopējā biomasā sasniedza 8–10 t ha<sup>-1</sup> SM, četrgadīgas – 32 t ha<sup>-1</sup> SM, piecgadīgas – 31 t ha<sup>-1</sup> SM, bet sešgadīgas – 51 t ha<sup>-1</sup> SM (1. tabula).

Kā liecina zinātnieku pētījumi, baltalkšņa plantācijas spēj dot ievērojamu biomasas pieaugumu, ja ir optimizēti tā augšanas apstākļi.

Zinātnieki secinājuši, ka baltalkšņa biomasas pieaugums plantācijas tipa stādījumos ir atkarīgs no tā vecuma un līdz 5 gadu vecumam nosakāms ar vienādojumu:

$$Y = 1.26 - 0.128x \quad (1)$$

pie ( $P < 0.01$   $r^2 = 0.88$ ),

kur

y – relatīvais pieaugums, t ha<sup>-1</sup> gadā<sup>-1</sup>;

x – vecums gados.

Baltalkšņa biomasas pieaugums dabiskas izcelsmes baltalkšņa audzēs ievērojami samazinās, palielinoties tā vecumam (Uri et al., 2001, 2008; Tullus et al., 1995, 1998).

Latvijā pēdējos gados notiek pētījumi, lai skaidrotu baltalkšņa audžu krāju un iegūstamo biomasu (Daugaviete, Daugavietis, 2008), kā arī tiek izstrādātas formulas baltalkšņa stumbra un zaru masas aprēķiniem (Miezīte, 2008).

1. tabula / Table 1

**Baltalkšņa plantāciju biomasas rādītāji, pēc dažādu valstu zinātnieku pētījumiem**  
**Parameters of grey alder plantation's biomass, data from different researchers**

Baltalkšņa plantācijas vecums, gadi / Age of grey alder plantations, years	Virszemes biomasā / Above-ground biomass, t ha <sup>-1</sup> SM*		Plantācijas raksturojums / Characteristics of the plantations	Valsts, zinātnieki, pētījumu veikšanas gads / Country, researchers, the year of investigations
	īkgadējā vidējā / medium annual	kopējā / total		
6	8.5	50.9	<i>Aegopodium</i> meža augšanas apstākļu tipā / <i>Aegopodium forest</i> <i>type</i>	Igaunija / Estonia Tullus, 1998
6	4.3	25.3	bez kopšanas un mēslošanas / without tending and fertilization	Igaunija / Estonia Uri, 2001
5	5.8–6	31	mēsloja / fertilized	Somija / Finland Saarsalmi, 1995
4	8	32	mēsloja, apūdeņota / fertilized, irrigated	Zviedrija / Sweden Rutter, 1990
5	12	60	mēsloja, apūdeņota / fertilized, irrigated	Zviedrija / Sweden Rutter, 1990
2	4–5	8–10	mēsloja / fertilized	Lielbritānija / Great Britain Granhall, Verwijst, 1994
5	17	85	mēsloja / fertilized	Lielbritānija / Great Britain Granhall, Verwijst, 1994
14	9.5	133	bez īpašas kopšanas / without special tending	Igaunija / Estonia Lohmus, 1996, Tullus, 1996, 1998
40	5.5	220	bez kopšanas / without tending	Igaunija / Estonia Lohmus, 1996, Tullus, 1996, 1998

\* SM – sausa masa / dry mass

Līdz 2005. gadam pētījumi par baltalkšņa atjaunošanās gaitu, sēklu ievākšanu, stādu audzēšanu u.c. Latvijā netika veikti, lai gan baltalkšņa audzū platības, salīdzinot ar 1925. gadu, palielinājušās 48 reizes. Sākot no 2005. gada, šādi pētījumi tiek veikti LV Mežzinātnes institūtā „Silava” valsts pētījumu programmas „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas” ietvaros (Daugaviete, Daugavietis, 2007).

Pētījuma mērķis: noskaidrot baltalkšņa atjaunošanās gaitu dažādos meža augšanas apstākļu tipos, dabīgās atjaunošanās kvalitāti atkarībā no citu valdaudzēs un pameža koku un krūmu klātbūtnes, kā arī 1-2-gadīga baltalkšņa atvasāju biomasu.

## Materiāls un metodes

Pētniecības darbs tika veikts valsts pētījumu programmas projekta „Perspektīvas lapu koku audzēšanas tehnoloģijas izstrāde meža un nemeža zemēs patērētāju nodrošināšanai ar meža izejvielām” ietvaros. Darba uzdevumu izpildei izmantota valsts pētījumu programmas metodika parauglaukumu ierīkošanai un izvērtēšanai baltalkšņa audzēs. Tā veidota, pamatojoties uz LVMI „Silava” meža resursu monitoringa izstrādāto parauglaukumu ierīkošanas un datu uzskaites metodiku (Jansons, 2005).

Izvērtējot VMD sagatavoto meža datu bāzi (2005.–2006. g.), izvēlētas 12 baltalkšņu ziemas cirsma, kuru izstrādes laiks bija novembris–decembris vai janvāris–februāris gāršas (Gr), slapjās gāršas (Grs), vēra (Vr), slapjā vēra (Vrs), damakšņa (Dm), slapjā damakšņa (Dms) un platlapju āreņa (Ap) meža augšanas apstākļu tipā, katrā cirmā ierīkojot 3 parauglaukumus (2. tabula).

Baltalkšņa atjaunošanās gaitas izpētes pamatvienība bija apļveida parauglaukums (PL) ar 12.62 m lielu rādiusu horizontālā plaknē un 500 m<sup>2</sup> platību. Šajā parauglaukumā uzmērīja arī visus izcirtumā atstātos kokus vai koku celmus, lai izzinātu baltalkšņa veģetatīvās atjaunošanās gaitu atkarībā no koku izvietojuma un skaita uz platības vienību.

Parauglaukumos septembrī un oktobrī tika uzskaitītas visu tur atrodošos koku un krūmu sugu celmu un sakņu atvases: katras atvases augstumu uzmērīja ar precizitāti  $\pm 1$  cm un augstumu un sakņu kakla (viengadīgām atvasēm) un krūšaugstuma (divgadīgām un vecākām atvasēm) caurmēru reģistrēja centimetros.

Viengadīga baltalkšņa atvasāja biomasas aprēķinam katrā attiecīgā meža augšanas apstākļu tipā (MAAT) PL izmantota svēršanas

metode ar precizitāti  $\pm 0.1$  g, nosverot atlasītas, baltalkšņa viengadīga atvasāja vidējiem rādītājiem (D, sakņu kakla, cm, un H, m) atbilstošas 50 atvases bezlapotā stāvoklī.

Divgadīgu atvasāju masas noteikšanai izmantota viengadīga atvasāja biomasas aprēķinam līdzīga metode: 50 atlasītas, baltalkšņa divgadīga atvasāja vidējiem rādītājiem (D1.3, cm, un H, m) atbilstošas atvases nosvēra ar precizitāti  $\pm 0.1$  g katrā attiecīgajā MAAT.

Virszemes biomasas aprēķināta, katrā attiecīgajā vecuma grupā izskaitļoto vidējās atvases masu reizinot ar vidējo izskaitļoto atvašu skaitu uz 1 ha. Aprēķinos nav ņemta vērā pārējo pameža koku un krūmu atvašu biomasas.

Datu matemātiskā apstrāde un ticamības aprēķināšana tika veikta pēc matemātiskās statistikas metodēm, izmantojot „Microsoft Office Excel 2003” programmu un aprēķinot vidējos datus un standartnovirzes.

## Rezultāti un diskusija

Mežaudzū dabiskās atjaunošanās kvalitāti ar celma un sakņu atvasēm ievērojami ietekmē cirmā atrodošos celmu skaits un izvietojums. Celmu daudzuma un izvietojuma uzskaites dati cirmās parādīja, ka dabiski veidojušās baltalkšņa audzēs koku skaits uz hektāra 39-52-gadīgās baltalkšņa dažāda MAAT audzēs svārstās robežās no 1040 līdz 2080 koki ha<sup>-1</sup> (1. attēls).

Jāatzīmē, ka baltalkšņu izvietojums dabiski atjaunojušajās baltalkšņu cirmās (vairumā gadījumu nekoptās audzēs) ir ļoti nevienmērīgs, kas izraisa arī nevienmērīgu atjaunošanos (2. attēls).

Parauglaukumos uzmērītajiem celmiem bija ļoti dažāds diametrs, kā tas parasti raksturīgs dabiskām baltalkšņa audzēm ar dažāda vecuma kokiem. Tomēr atvašu skaits ne vienmēr ir atkarīgs no celma diametra – tika uzmērīti arī celmi ar lielu diametru, bet ar maz atvasēm un otrādi, kas acīmredzot saistīts ar nocirsto koku vecumu.

Pētījumā iekļauto MAAT baltalkšņa ziemas (janvāris–februāris) izcirtumi sāka atjaunoties tā paša gada maija 2. dekādes beigās un 3. dekādē.

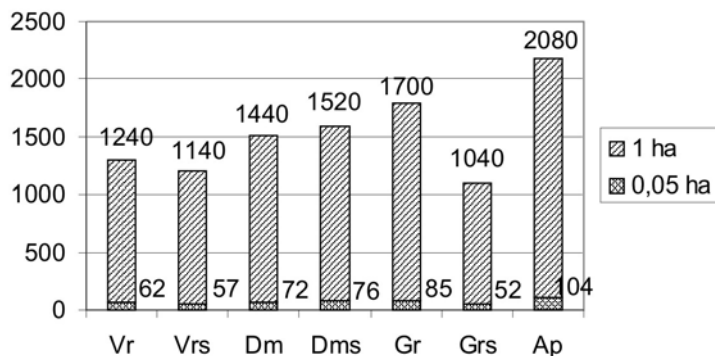
Celmu atvases 39-52-gadīgiem baltalkšņiem veidojas salīdzinoši vāji vai neveidojas vispār, jo zemu cirstiem baltalkšņiem veģetatīvā atjaunošanās parasti notiek ar celmam tuvu esošām sakņu atvasēm.

Celmu atvašu skaits pētījumā iekļauto MAAT 39-52-gadīgos baltalkšņu izcirtumos veidoja 6–26% no visu baltalkšņa atvašu kopskaita (3. attēls).

**Baltalkšņa atjaunošanās gaitas pētījumu parauglaukumu (PL) izvietojums un raksturojums**  
**Site location and characteristics data of grey alder natural regeneration in the trial plots**

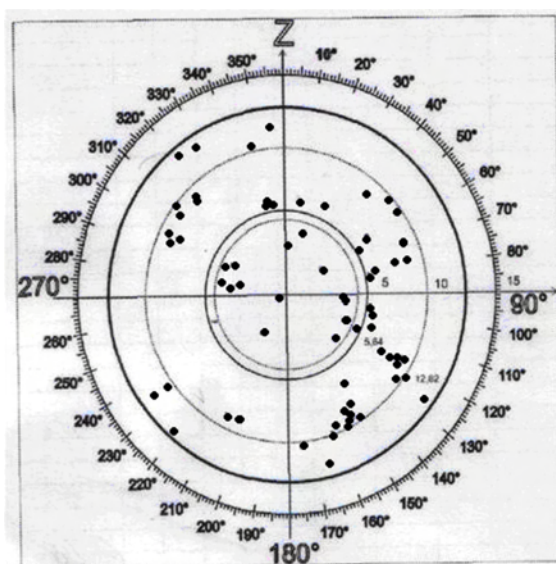
PL Nr. / Plot No.	Atrašanās vieta / Site location	Meža tips / Forest type	Sugu sastāvs parauglaukumos / Composition of tree species in the trial plots	Vecums, gadi / Age, year	Cirsmas ierīkošanas gads, mēnesis / Cutting time of the stands, year, month
1.	Limbaži/Vitrupe 57°26.413' N 024°43.147' E	Vr,* <i>Oxalidosa</i>	7Ba <sub>40</sub> 2E <sub>90</sub> 1Oz <sub>60</sub>	40	2006. gada janvāris / January 2006
2.	Aizkraukle/Zalve 56°17.679' N 025°18.252' E	Vr,* <i>Oxalidosa</i>	9Ba <sub>45</sub> 1B <sub>90</sub>	45	2006. gada janvāris / January 2006
3.	Aizkraukle/Zalve 56°18.462' N 025°106.080' E	Vrs,* <i>Myrtilloso- polytrichosa</i>	9Ba <sub>40</sub> 1B <sub>70</sub> +Oz <sub>90</sub>	40	2006. gada decembris / December 2006
4.	Aizkraukle/Zalve 56°18.146' N 025°17.185' E	Vrs,* <i>Myrtilloso- polytrichosa</i>	10Ba <sub>40</sub> +Oz,Kl <sub>90</sub>	40	2006. gada decembris / December 2006
5.	Rīga/Ropaži 56°59.916' N 024°41.203' E	Dm,* <i>Hylocomiosa</i>	6Ba <sub>52</sub> 2E <sub>92</sub> 2B <sub>77</sub> +Ma <sub>77</sub> , A <sub>15</sub>	52	2006. gada novembris / November 2006
6.	Aizkraukle/Zalve 56°17.800' N 025°18.100' E	Dm,* <i>Hylocomiosa</i>	9Ba <sub>45</sub> 1E <sub>70</sub>	45	2006. gada decembris / December 2006
7.	Aizkraukle/ Lielmēmele 56°17.736' N 025°18.043' E	Dms,* <i>Myrtilloso- sphagnosa</i>	8Ba <sub>40</sub> 1E <sub>70</sub> 1Ma <sub>70</sub>	40	2006. gada novembris / November 2006
8.	Aizkraukle/ Nereta 56°17.345' N 025°13.743' E	Dms,* <i>Myrtilloso- sphagnosa</i>	7Ba <sub>45</sub> 1E <sub>70</sub> 1B <sub>70</sub> +Ma <sub>70</sub> , A <sub>70</sub>	45	2006. gada janvāris / January 2006
9.	Aizkraukle/Zalve 56°32.410' N 024°37.809' E	Gr,* <i>Aegopodiosa</i>	8Ba <sub>43</sub> 1E <sub>70</sub> 1Oz <sub>60</sub>	43	2006. gada decembris / December 2006
10.	Aizkraukle/Valle 56°31.888' N 024°40.002' E	Gr,* <i>Aegopodiosa</i>	8Ba <sub>40</sub> 1Ma <sub>70</sub> + Oz <sub>70</sub> , Kl <sub>70</sub>	40	2006. gada novembris / November 2006
11.	Rīga/Suntaži 56°51.048' N 024°52.579' E	Grs,* <i>Dryopteriosa</i>	8Ba <sub>40</sub> 2B <sub>48</sub> +Oz <sub>80</sub> , Kl <sub>80</sub>	39	2006. gada decembris / December 2006
12.	Rīga/Suntaži 56°51.167' N 024°52.650' E	Ap,* <i>Mercurialiosa mel.</i>	6Ba2A1Os1B <sub>30</sub>	39	2006. gada decembris / December 2006

\* Vr – *Oxalidosa*, Vrs – *Myrtilloso-polytrichosa*, Dm – *Hylocomiosa*, Dms – *Myrtilloso-Sphagnosa*, Gr – *Aegopodiosa*, Grs – *Dryopteriosa*, Ap – *Mercurialiosa mel.*



Vr – *Oxalidos*, Vrs – *Myrtilloso-polytrichosa*, Dm – *Hylocomiosa*, Dms – *Myrtilloso-Sphagnosa*, Gr – *Aegopodiosa*, Grs – *Dryopteriosa*, Ap – *Mercurialiosa mel.*

1. att. Baltalkšņa celmu skaits dažāda MAAT cismās, vidēji uz 1 ha, un parauglaukumos, gab.  
Fig. 1. Number of grey alder stumps in the trial plots and in grey alder stands in different forest types, on average per ha.



2. att. Baltalkšņu celmu izvietojums parauglaukumā baltalkšņa damakšņa meža tipā.  
Fig. 2. Location of grey alder stumps in the trial plot in the *Hylocomiosa* forest type.

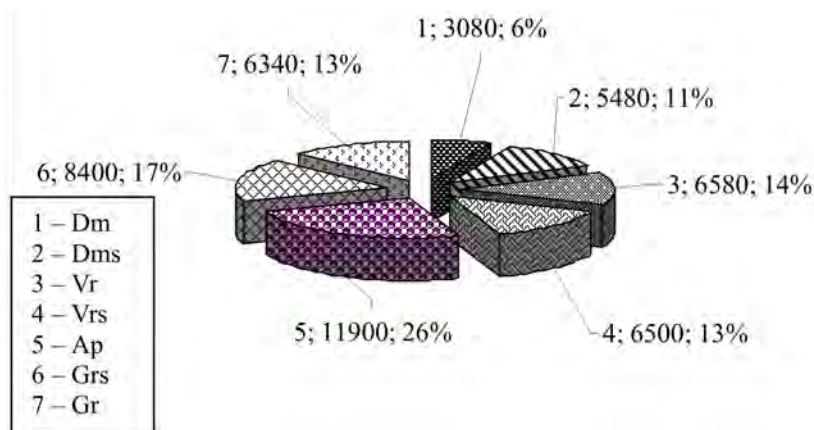
Viengadīgās cismās veiktā atvašu uzskaitē liecināja, ka cismās notiek intensīva baltalkšņa veģetatīvā atjaunošanās un atkarībā no MAAT veģetatīvi atjaunojas arī tādas koku sugas kā osis, kļava, ozols, apse un bērzs, bet no pameža krūmu sugām – ieva, lazda, kārkli, krūklī u.c. (3. tabula).

Atvašu skaits dažādos MAAT viengadīgos atvasajos svārstījās no 33 360 gab. ha<sup>-1</sup> vērī līdz pat 188 000 gab. ha<sup>-1</sup> platlapju bārenī. No atvašu kopējā skaita baltalkšņa atvases veidoja 67% (gāršā)–95% (damaksnī). Vēra, gāršas un slapjās gāršās MAAT ļoti lielu atvašu daudzumu veido pameža koku un krūmu sugas, kuras nākotnē var ietekmēt baltalkšņa saglabāšanos un jaunās audzes koku sugu sastāvu.

2007. gada pētījumi apstiprina iepriekšējo pētījumu datus (Kundziņš, 1969, 1937; Docītis, 1953; Viļums, 1955), t.i., ziemas mēnešu izcirtumos baltalkšnis atjaunojas bagātīgi, veidojot 1. gadā pēc cirtes veikšanas 28.6–120.7 tūkst. un vairāk atvašu uz 1 ha atkarībā no MAAT, piemistrojuma sugām, veģetācijas blīvuma un augsnes mitruma apstākļiem.

Baltalkšņa bagātīgo atjaunošanos ar sakņu atvasēm lielā mērā nosaka tā fizioloģiskās īpašības – tā saknēm bagātīgi tiek pievadīts gaisa slāpekļis, ko veic aktinomicētes no *Frankia* ģints (Kramer, Kozlovski, 1979).

Atkārtotā dabīgi atjaunojušos lapu koku atvašu uzskaitē ierīkotajos parauglaukumos liecināja, ka jau



1 – *Hylocomiosa*, 2 – *Myrtilloso-sphagnosa*, 3 – *Oxalidosa*, 4 – *Myrtilloso-polytrichosa*, 5 – *Aegopodiosa*, 6 – *Dryopteriosa*, 7 – *Mercurialiosa mel.*

3. att. Baltalkšņa celmu atvašu skaita procentuālā attiecība, vidēji uz 1 ha.

Fig. 3. Proportion of grey alder stump shoots in different trial plots, on average per ha.

otrajā gadā pēc cirtes baltalkšņa atvašu skaits lielās konkurences dēļ samazinās, jo nomāktās atvases iet bojā: gāršā baltalkšņa atvašu skaits samazinājās vidēji par 16%, platlapju ārenī – par 46%, damaksnī – par 30%, vērī – par 25% (4. attēls).

Pētījumā iegūtos datus salīdzinot ar zviedru (Rytter et al., 2000) un igauņu (Uri et al., 2003) zinātnieku datiem, jāsecina, ka arī zviedru pētījumā konstatēts, ka jau otrajā gadā baltalkšņa atvašu skaits vidēji samazinās par 20%, bet trešajā gadā – vidēji par 37% no sākotnējā atvašu skaita uz hektāra. Pēc zviedru zinātnieku datiem, celma atvašu skaits baltalkšņa atvasājos vidēji ir 30% no kopējā atvašu skaita. Pēc mūsu datiem, viengadīgā baltalkšņa atvasājā celma atvašu skaits veido 9–15% no visu atvašu skaita.

Kā jau minēts iepriekš, baltalkšņa atvasājā ievērojamu daļu aizņem arī citu koku un pameža krūmu, piemēram, apses, oša, bērza, ievas un lazdas atvases, kas veido 5–35% no kopējā koku skaita uz 1 ha dažādos MAAT (4. tabula).

Baltalkšņa atvasāja augstuma mērījumi rādīja, ka viengadīgs baltalkšņa atvasājs vidēji sasniedz  $1.00 \pm 0.32$  m augstumu un  $1.30 \pm 0.30$  cm sakņu kakla diametru, bet divgadīgs atvasājs –  $2.40 \pm 0.25$  m augstumu un  $1.28 \pm 0.22$  cm krūšaugstuma caurmēru (5. attēls). Katrā vecuma grupā uzmērīto atvasāju skaits pārsniedza 5000. Salīdzinoši lielā standartkļūda izskaidrojama ar ļoti lielām atvašu garuma svārstībām.

Pētījuma ietvaros tika izvirzīts jautājums: cik liela biomasa veidojas viengadīgā un divgadīgā baltalkšņa atvasājā? Lai uz to atbildētu, izmantojam svēršanas metodi (skat. 81. lpp). Iegūtos datus salīdzinājam ar zviedru (Rytter et al., 2000) un igauņu (Uri et al., 2003) zinātnieku aprēķina metodikām par

viengadīgu un divgadīgu baltalkšņa atvašu masas noteikšanu.

Divgadīgā baltalkšņa atvasāja masas aprēķinam tika izmantota igauņu zinātnieku Uri un Tullus (Uri et al., 2002) izstrādātā formula, pēc kuras

$$Y = a \cdot x^b, \quad (2)$$

kur

- y – atvases sausā masa, g;
- x = d·h (d – atvases sakņu kakla diametrs, cm; h – atvases augstums, m);
- a un b – konstantes (divgadīgam baltalkšnim  $a=3.059$ ;  $b=1.406$ ) (Uri et al., 2002).

Pēc O. Miezītes (2008) pētījumiem, līdz 3 cm resnu, bezlapotu baltalkšņu biomasas aprēķināšanai dabiski mitrā stāvoklī ir izmantojams regresijas vienādojums

$$y=0.3427x^2 - 0.3063x + 0.1636, \quad (3)$$

bet absolūti sausas biomasas aprēķināšanai

$$y=0.1529x^2 - 0.1408x + 0.0845, \quad (4)$$

kur

- x – koku caurmērs krūšaugstumā.

Īpaši nozīmīgi ir pētījumi par baltalkšņa stumbru tilpuma noteikšanu stumbriem ar caurmēru krūšaugstumā no 0.2 līdz 3 cm. O. Miezīte (2008) izstrādājusi vienādojumu baltalkšņa stumbra tilpuma (y) aprēķināšanai līdz 3 cm resniem kokiem,

3. tabula / Table 3

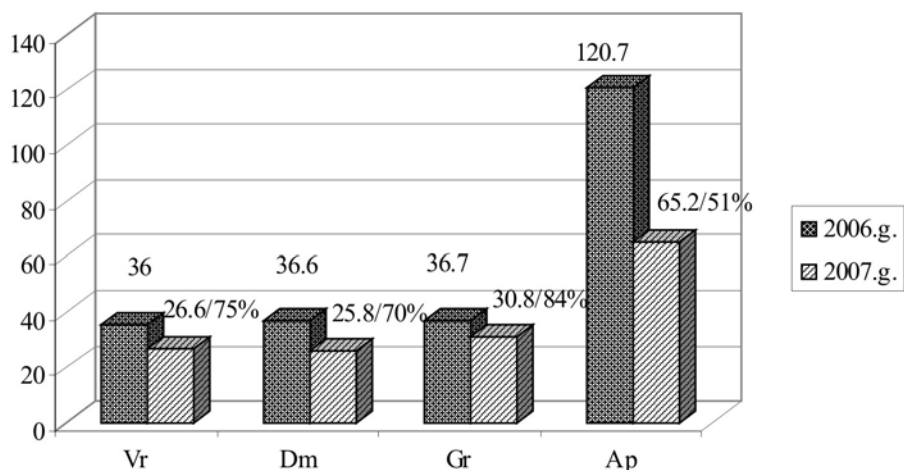
Atvašu skaits parauglaukumos (PL) 2006/2007, pārrēķināts uz ha, gab.  
 The number of sprouts in the trial plots, recalculated per ha, 2006/2007

PL Nr. / Plot No.	Atrašanās vieta / Site location	Meža tips / Forest type	baltalkšņa / grey alder	Atvašu skaits uz ha, gab./% no visu atvašu kopskaita / Number of sprouts per ha/% of the total amount of sprouts	paaugas / coppice	pameža / shrubs	kopējais / total
1.	Limbaži/Vītrupe 57°26.413' N 024°43.147' E	Vr, <i>Oxalidosa</i>	42 100/69	1200/2 (osis, kļava, goba / ash, maple, elm)	17 700/29 (lazda, ieva / hazel, bird-cherry)		61 000/100
2.	Aizkraukle/Zalve 56°17.679' N 025°18.252' E	Vr, <i>Oxalidosa</i>	28 600/86	160/- (osis / ash)	4 600/14 (ieva / bird-cherry)		33 360/100
3.	Aizkraukle/Zalve 56°18.462' N 025°106.080' E	Vrs, <i>Myrtilloso- polytrichosa</i>	32 900/78	320/- (osis / ash)	9 000/21 (ieva, kārkli / bird-cherry, osier)		42 220/100
4.	Aizkraukle/Zalve 56°18.146' N 025°17.185' E	Vrs, <i>Myrtilloso- polytrichosa</i>	32 300/79	440/1 (osis, ozols / ash, oak)	8 000/20 (ieva, kārkli / bird-cherry, osier)		40 740/100
5.	Rīgas/Ropaži 56°59.916' N 024°41.203' E	Dm, <i>Hylocomiosa</i>	36 800/95	1280/3 (bērzs, egle, apse / birch, spruce, aspen)	800/2 (pīlādzis / rowan-tree)		38 880/100
6.	Aizkraukle/Zalve 56°17.800' N 025°18.100' E	Dm, <i>Hylocomiosa</i>	35 520/95	1500/2 (bērzs, egle / birch, spruce)	1600/3 (lazda, pīlādzis / hazel, rowan-tree)		37 270/100
7.	Aizkraukle/Lielmēmele 56°17.736' N 025°18.043' E	Dms, <i>Myrtilloso-sphagnosa</i>	44 000/91	900/2 (bērzs, egle / birch, spruce)	3 500/7 (lazda, kārkli / hazel, osier)		48 400/100
8.	Aizkraukle/Nereta 56°17.345' N 025°13.743' E	Dms, <i>Myrtilloso-sphagnosa</i>	34 000/88	1 550/4 (bērzs, apse / birch, aspen)	3 200/8 (lazda, kārkli / hazel, osier)		38 750/100

3. tabulas nobeigums / Table 3 (concluded)

9.	Aizkraukle/Zalve 56°32.410' N 024°37.809' E	Gr, <i>Aegopodiosa</i>	38 000/77	750/2 (kļava, ozols / maple, oak)	10 400/21 (ieva, lazda / bird-cherry, hazel)	49 150/100
10.	Aizkraukle/Valle/Salas 56°31.888' N 024°40.002' E	Gr, <i>Aegopodiosa</i>	35 500/67	1 250/2 (kļava, ozols / maple, oak)	16 200/31 (ieva, lazda / bird-cherry, hazel)	52 950/100
11.	Rīga/Suntaži 56°51.048' N 024°52.579' E	Gr, <i>Dryopteriosa</i>	41 900/68	5 600/9 (kļava, liepa, osis / maple, lime, ash)	14 520/23 (ieva, plūškoks, lazda, jāpoga, segliņš / bird-cherry, elder, hazel, red-currant, spindle-tree)	62 020/100
12.	Rīga/Suntaži 56°51.167' N 024°52.650' E	Ap, <i>Mercurialis mel.</i>	120 700/65	19 400/10 (apse, osis / aspen, ash)	47 900/25 (ieva, krūklis, zalktene, pīlāzis / bird-cherry, buckthorn, mezereon, rowan-tree)	188 000/100





Vr – *Oxalidos*, Dm – *Hylocomios*, Gr – *Aegopodios*, Ap – *Mercurialios* mel.

4. att. Baltalkšņa atvasāja diferenciācija 2-gadīgos baltalkšņa atvasājos.

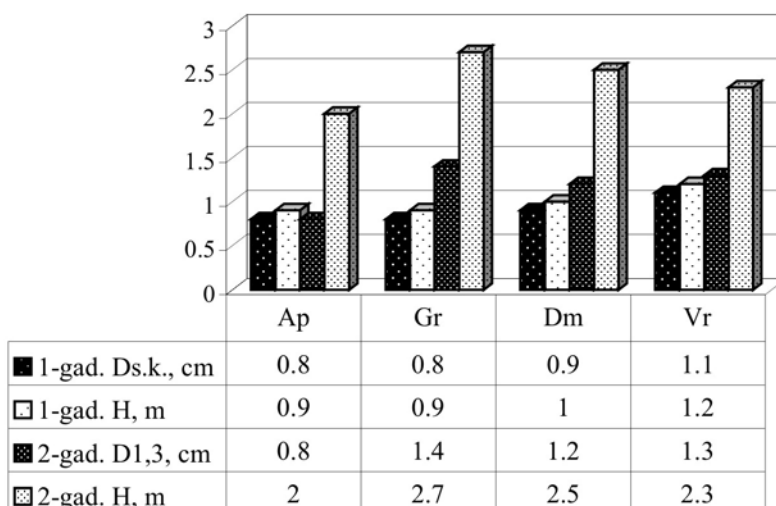
Fig. 4. The differentiation of the total amount of grey alder sprouts in 2-year old coppices.

4. tabula / Table 4

**Baltalkšņa biomasas veidošanās 1-2-gadīgos atvasājos dažādos meža  
augšanas apstākļu tipos (MAAT), kg ha<sup>-1</sup>**

**Biomass accumulation in 1-2-year-old grey alder sprouts in different forest types, kg ha<sup>-1</sup>**

Rādītāji / Indices	MAAT / Forest type						
	Vr	Vrs	Dm	Dms	Gr	Grs	Ap
Atvašu skaits, 1-gadīgas/2- gadīgas /	35.5/ 26.6	32.6/ 24.4	36.2/ 25.3	39.0/ 27.3	36.8/ 30.9	41.9/ 35.2	120.7/ 61.6
Number of sprouts, 1-yr/2-yrs							
Vidējā atvases sausā masa, g atvasē <sup>-1</sup> ,	45±2.3/ 140±10.5	45±2.3/ 140±10.5	45±2.3/ 140±10.5	45±2.3/ 140±10.5	35±1.9/ 110±7.8	35±1.9/ 110±7.8	30±1.7/ 90±5.9
1-gadīga/2-gadīga / Dry mass of sprout, g sprout <sup>-1</sup> , 1-yr/2-yrs							
Vidējā sausā biomasa 1-gadīgos baltalkšņa atvasājos, kg ha <sup>-1</sup> / Biomass of 1-yr coppices, kg ha <sup>-1</sup>	1597	1467	1629	1755	1288	1467	3260
Vidējā sausā biomasa 2-gadīgos baltalkšņa atvasājos, kg ha <sup>-1</sup> / Biomass of 2-yr coppices, kg ha <sup>-1</sup>	3724	3416	3542	3822	4048	4609	5544



Ap – *Mercurialis mel.*, Gr – *Aegopodiosa*, Dm – *Hylocomiosa*, Vr – *Oxalidosa*

5. att. Baltalkšņa atvašu vidējie augstumi (H, m) un caurmēri 1. un 2. augšanas gadā (1. gadā – D, sakņu kakla, cm; 2. gadā – D<sub>1,3</sub>, cm) dažādos MAAT.

Fig. 5. The average parameters of grey alder sprouts in the 1st (H, m; D, root collar, cm) and 2nd (H, m; D<sub>1,3</sub>, cm) growing year in different forest types.

izmantojot koka krūšaugstuma caurmēru (x), pēc parabolas vienādojuma:

$$y=0.0004x^2-0.0003x+0.00009(R^2=0.99, p<0.05). \quad (5)$$

Izmantojot gan igauņu (Uri et al. 2003), gan latviešu zinātnieku (Miezīte, 2008) izstrādāto formulu un tajā ievietojot mūsu pētījumā iegūtos datus, tika aprēķināta baltalkšņa atvases vidējā sausā masa: viengadīgai atvasei – 4.5 g, bet divgadīgai – 25.7 g. Savukārt, veicot 50 vidējo atvašu svēršanu un sausās masas aprēķināšanu katrā MAAT, tika konstatēts, ka viengadīgas atvases sausās masas svārstījās no 30±1.7 līdz 45±2.3 g, bet divgadīgas atvases sausās masas svārstījās – no 90±5.9 līdz 140± 10.5 g.

4. tabulā apkopoti dati par biomasas uzkrāšanās gaitu baltalkšņa viengadīgos un divgadīgos atvasajos dažādos MAAT. Izmēģinājumos noteica, ka viengadīgu baltalkšņa atvasāju sausā biomasa veido no 1390 līdz 3260 kg ha<sup>-1</sup>, bet divgadīgu – no 3416 līdz 5544 kg ha<sup>-1</sup> dažādos MAAT.

Pēc zviedru zinātnieku pētījumiem, viengadīgu baltalkšņa atvašu biomasa svārstās no 940 kg līdz 1130 kg ha<sup>-1</sup>, divgadīgu – no 5000 līdz 6360 kg ha<sup>-1</sup>, bet trīsgadīgu – 4720 līdz 6410 kg ha<sup>-1</sup> (Rytter et al., 2000). Šie dati sakrīt ar mūsu pētījumā iegūtajiem datiem. Lai gan igauņu zinātnieku dati par viengadīgu un divgadīgu atvasāju būtiski neatšķiras, tomēr konstatēts, ka lielākais baltalkšņa atvasāja biomasas pieaugums notiek 4.–5. gadā (Uri et al., 2003; Pregent et al., 1985).

## Secinājumi

1. Damakšņa, gāršas, vēra sausieņu un slapjaiņu un platlapu āreņa MAAT baltalkšņa ziemas mēnešu izcirtumi sāk atjaunoties maija mēneša 2. dekādes beigās un 3. dekādē.
2. Celmu atvases 39-52-gadīgiem baltalkšņiem neveidojas vai veidojas salīdzinoši vāji. Celma atvašu skaits damakšņa, gāršas, vēra sausieņu un slapjaiņu un platlapu āreņa MAAT 39-52-gadīgu baltalkšņu cirmās veido 6-26% no visu baltalkšņa atvašu kopskaita.
3. Damakšņa, gāršas, vēra sausieņu un slapjaiņu un platlapu āreņa MAAT baltalkšņu izcirtumos kopējais lapu koku atvašu skaits svārstās no 33.4 tūkst. gab. ha<sup>-1</sup> līdz 188.0 tūkst. gab. ha<sup>-1</sup>. No visu cirmā atrodošos atvašu kopskaita baltalkšņa atvases veido 67–95%.
4. Baltalkšņa atvasāja augstuma mērījumi parādīja, ka viengadīgs baltalkšņa atvasājs vidēji sasniedz 1.00±0.32 m augstuma un 1.30±0.30 cm sakņu kakla diametra, bet divgadīgs atvasājs – 2.40±0.25 m augstuma un 1.28± 0.22 cm krūšaugstuma caurmēra.
5. Baltalkšņa viengadīgas atvases sausās masas svārstās no 30±1.7 līdz 45±2.3 g, bet divgadīgas – no 90±5.9 līdz 140±10.5 g.
6. Baltalkšņa viengadīgu atvasāju sausā biomasa veido no 1390 līdz 3260 kg ha<sup>-1</sup>, bet divgadīgu – no 3416 līdz 5544 kg ha<sup>-1</sup> gāršas, damakšņa, vēra un platlapu āreņa MAAT.

7. Baltalkšņa atvašu saglabāšanās un attīstība ir ievērojami atkarīgas no citu audzē atrodošos koku sugu atvašu daudzuma.

## Literatūra

- Avotiņš, A. (1962) Baltalkšņu audzes, to izplatība un saimnieciskā nozīme. *Jaunākais mežsaimniecībā*, 3. sējums. Rīga, Latvijas PSR ZA izdevniecība, 30.-46.
- Berry, M.A., Torrey, G.J. (1985) Seed germination, seeding inoculation and establishment of *Alnus spp.* in containers in greenhouse trials. *Plant and Soil*, 87, 161-173.
- Daugaviete, M. (2006) Baltalkšņa atjaunošanās gaita. *Baltalksnis Latvijā*. LVMI Silava, 76.-95.
- Daugaviete, M., Daugavietis, M. (2007) The view of Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) cultivation and utilization in Latvia. *Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology*, No. 61, 114-118.
- Daugaviete, M., Daugavietis, M. (2008) The resources and availability of Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) wood in Latvia. *Proceedings of the 4th meeting of the „Nordic Baltic Network in Wood Material Science & Engineering (WSE)”*. November 13-14, 2008, Riga, Latvia, 5-10.
- Daugaviete, M., Ūsīte, A. (2006) Baltalksnis Latvijas mežu fondā. *Baltalksnis Latvijā*. LVMI Silava, 56-75.
- Granhall, U., Verwijst, T. (1994) Grey alder (*Alnus incana*) – an N<sub>2</sub>-fixing tree suitable for energy forestry. In: *Proceedings of 7th E.C. conference of Biomass for Energy and Industry*. Hall, D.O., Grass, G. and Schemer, H. (eds), Ponte Press, Bochum, Germany, 409-413.
- Griffiths, A.P., McCormick, L.H. (1984) Effects of soil acidity on nodulation of *Alnus glutinosa* and viability of *Frankia*. *Plant and Soil*, 79, 429-434.
- Jansons, J. (2005) *Metodika meža resursu struktūras izpētes parauglaukumu ierīcībai*. LVMI Silava, Salaspils, 12 lpp.
- Johansson, T. (1999) Site index curves for Common alder and Grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. *Scandinavian Journal of Forestry Research*, 14, 441-453.
- Kramer, P.D., Kozlovski, T.T. (1979) *Physiology of wood plant*. AC Press New York, San Francisco, London, 256 pp.
- Kundziņš, A. (1937) *Dažu faktoru ietekme uz baltalkšņa (Alnus incana Moench.) veģetatīvo atjaunošanos*. Rīga, Meža Departaments, 45 lpp.
- Kundziņš, A. (1969) *Pētījumi par alkšņu (Alnus Gaertn.) ģinti Latvijas PSR*. Disertācijas autoreferāts, Jelgava, 50 lpp.
- Latvijas Meži*. (1987) Rīga, Avots, 84.-91.
- Līcis, R., Ozoliņš, J. (1937) *Privātmežu apsaimniekošana*. MD, Rīga, 32 lpp.
- McVean, D.N. (1955) Ecology of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. fruit formation. *Journal of Ecology*, 43, 46-60.
- Melderis, K. (1939) *Mācība par mežu*. Rīga, a/s Valters un Rapa, 134 lpp.
- Mežagrāmata*. (1986) Rīga, Avots, 151.-173.
- Meža nozare Latvijā, 2008*. (2008) Rīga, Latvijas Kokrūpniecības Federācija, 7.-10.
- Miezīte, O. (2008) *Baltalkšņu ražība un struktūra*. LLU Promocijas darba kopsavilkums Dr.silv. zina. grāda iegūšanai mežzinātnes nozarē Meža ekoloģijas un mežkopības apakšnozarē, Jelgava, 52 lpp.
- Mūrnieks, P. (1948) *Baltalkšņa (Alnus incana (L.) Moench.) augšanas gaita Latvijas PSR*. Disertācijas tēzes, Rīga, 50 lpp.
- Mūrnieks, P. (1950) *Baltalkšņa (Alnus incana (L.) Moench.) augšanas gaita Latvijas PSR*. *Meža Pētīšanas Institūta Raksti*, II sējums. Rīga, ZA izdevniecība, 7.-11.
- Ozols, J., Hibners, E. (1927) Baltalkšņa audžu izplatība Latvijā, augšanas gaita un nozīme mežsaimniecībā. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, V sējums. Latvijas mežkopju savienības izdevums, 43.-52.
- Pregent, G., Camire, C. (1985) Biomass production by alders on four abandoned agricultural soils in Quebec. *Plant and Soil*, 87, 185-193.
- Rokjānis, B. (1957) *Baltalkšņa mākslīgas ieaudzēšanas iespējas un augšanas gaita dažos meža augšanas apstākļu tipos*. Disertācija. LPSR, Rīga, 361 lpp.
- Rokjānis, B., Liepa, I., Gaitnieks, T. (2006) Baltalkšņa *Alnus incana* (L.) Moench ieaudzēšana oligotrofos apstākļos. *Baltalksnis Latvijā*, LVMI „Silava”, 38.-49.
- Rytter, L. (1990) *Biomass and nitrogen dynamics of intensively grown grey alder plantations on peatland*. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 120 pp.
- Rytter, L., Sennerby-Forse, L., Alrikson, A. (2000) Natural Regeneration of Grey Alder (*Alnus incana* [L.] Moench.) Stands After Harvest. *Journal of Sustainable Forestry*, Vol. 10, 287-294.
- Saarsalmi, A. (1995) *Nutrition of deciduous tree species grown in short rotation stands*. Academic dissertation, University of Joensuu, Finland, 60 pp.

30. Saarsalmi, A., Palmgren, K., Levula, T. (1992) Biomass production and nutrient consumption of *Alnus incana* and *Betula pendula* in energy forestry. *Folia Forestalia*, 797, p. 29.
31. Telenius, B.F. (1999) Stand growth of deciduous pioneer tree species on fertile agricultural land in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 16, 13-23.
32. Tullus, H., Uri, V. (1998) Grey alder (*Alnus incana*) as energy forests in Estonia. *Proceedings of the International Conference „Biomass for Energy and Industry”*, Wurtzburg, 919-921.
33. Tullus, H., Uri, V., Keedus, K. (1995) Grey alder as energy resource on abandoned agricultural lands. In: *Land Use Changes and nature Conservation in Central and Eastern Europe*. Abstracts of the International Conference, Palanga, Lithuania, June 5-8, 55-56.
34. Uri, V., Lohmus, K., Kiviste, A., Aosaar, J. (2009) The dynamics of biomass production in relation to foliar and root traits in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forestry*, 82(1), 61-74.
35. Uri, V., Tullus, H., (1999) Grey alder and hybrid alder as short-rotation forestry species. *Proceedings of the 4th Biomass Conference of Americas*. Oakland, California, USA, August 29–September 2, Volume 1, Edited by R.P. Overend and E. Chornet, 167-173.
36. Uri, V., Tullus, H., Lohmus, 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*, 161, 1-3, 161-179.
37. Uri, V., Tullus, H., Lohmus, K. (2003) Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations. *Silva Fennica*, 37, 301-311.
38. Vares, A. (2005) *The growth and development of young deciduous stands in different site conditions*. The thesis for applying for the doctor's degree in agricultural sciences in forestry. Tartu, 159 pp.
39. Zviedris, A., Maike, P. (1955) *Kolhozu meži un to apsaimniekošana*. Rīga, ZA izdevniecība, 35 lpp.

# Koksnes trupes sēņu un krāsojošo sēņu daudzveidība un izplatība Latvijas ēkās

## Diversity and Distribution of Wood Decay Fungi and Wood Discoloring Fungi in Buildings in Latvia

Ilze Irbe, Ingeborga Andersone, Bruno Andersons

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts

Latvian State Institute of Wood Chemistry

e-mail: ilzeirbe@edi.lv

**Abstract.** During a period of 12 years (1996-2007), a total of 300 private and public buildings as well as more than 20 cultural monuments had been inspected in Latvia regarding the damage by wood decay basidiomycetes and discoloring microfungi. Wood decay fungi in constructions occurred in 338 cases. Brown-rot damage occurred more frequently (78.1%) than the white-rot (21.9%). A total of 60 species of wood decay fungi were identified: 21 brown-rot species and 39 white-rot species. *Serpula lacrymans* (46.7%), *Antrodia* spp. (12.7%), *Coniophora* spp. (5.9%), and *Gloeophyllum* spp. (2.9%) were the most frequently recorded decay fungi. Majority of decay fungi were found on indoor wood (83%), whereas outdoor wood was damaged in 17% of cases. Wood discoloring fungi (moulds and bluestain) on construction and decorative materials were found in 55 cases. Most frequent genera of microfungi were *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, and *Trichoderma*. The main reason for development of wood decay macromycetes and wood discoloring micromycetes in buildings was regular wood moistening (>20%) and the lack of ventilation fostered by poor maintenance, non-professional reconstruction/repair, or improper building construction.

**Key words:** brown-rot, white-rot, moulds, bluestain, construction wood.

### Ievads

Koksne ir daudzpusīgi izmantojams materiāls celtniecībā. Pēc lokalizācijas un apstākļiem, kādos koksni ekspluatē, to iedala četrās kategorijās: 1) iekšējo konstrukciju koksne, 2) ārējo konstrukciju koksne, 3) koksne zemē un 4) koksne ūdenī (Rayner, Boddy, 1988). Piemērotos vides apstākļos celtniecības koksni inficē dažādi mikroorganismi, tajā skaitā baktērijas, pelējuma un zilējuma sēnes, kā arī koksnes trupes sēnes (brūnā, baltā un mīkstā trupe) (Singh, 1994). Brūnās trupes sēnes noārda koksnes polisaharīdus, bet lignīnu modificē vai noārda ierobežoti (Jin et al., 1990; Irbe et al., 2006a, 2006b), savukārt baltās trupes sēnes noārda gan lignīnu, gan polisaharīdus (Eriksson et al., 1990). Koksnes trupes sēnes un kukaiņi katru gadu izraisa konstrukciju bojājumus miljardiem dolāru vērtībā, kas tiek iztērēti bojāto struktūru remontam un aizvietošanai. Novērtēts, ka minētie organismi noārda vienu desmito daļu no gadā saražotās koksnes produkcijas (Goodell et al., 2003).

Eiropas un Ziemeļamerikas ēkās nozīmīgākās koksni noārdošo sēņu sugas ir tās, kas skujkokiem izraisa brūno trupi. Novērtēts, ka 80% celtniecības koksnes bojājumu izraisa tieši brūnās trupes sēnes

(Green, Highley, 1995). Savukārt baltās trupes sēnes, kas galvenokārt noārda lapu kokus, ēkās ir sastopamas retāk (Singh, 1994). Brūnās trupes sēnes ir visbīstamākās celtniecības koksnei virs zemes, lai gan tās noārda koksni arī zemē. Pie iekšējo un ārējo konstrukciju koksnes nopietnām noārdītājām pieder makroskopiskās *Basidiomycota* nodalījuma sēnes, no kurām nozīmīgākās brūnās trupes izraisītājas ir *Serpula lacrymans*, *Coniophora puteana*, *Antrodia* spp., *Gloeophyllum* spp., *Lentinus lepideus* un *Paxillus panuoides* (Rayner, Boddy, 1988; Singh, 1994; Schmidt, 2006) un baltās trupes izraisītājas *Donkioporia expansa*, *Asterostroma* spp., *Phellinus contiguus* un *Pleurotus ostreatus* (Singh, 1994).

Mikroskopiskās *Ascomycota* un *Deuteromycota* nodalījumu sēnes sastopamas iekštelpu un ārējā vidē, kur tās inficē visdažādākos substrātus, izraisot materiālu īpašību pasliktināšanos. Zilējuma sēnes inficē koksni, bojājot tās dekoratīvās īpašības. Pelējuma sēnes ir sastopamas ne tikai uz koksnes, bet arī uz mūra, apmetuma, tapetēm, gleznām u.c. celtniecības un dekoratīviem materiāliem. Visparastākās ir *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Penicillium* un *Trichoderma* sugas

(Singh, 1994). Daudzas pelējuma sēnes veido mikrobiālus gaistošus organiskus savienojumus (mGOS) un mikotoksīnus, kuri cilvēkiem izraisa alerģiskas saslimšanas, piemēram, astmu, locītavu sāpes, galvassāpes, drudzi, acu, ādas un elpošanas ceļu kairinājumu u.c. (Bech-Andersen, 1995).

Šī pētījuma mērķis bija apsekot Latvijas ēkas (privātas un publiskas) un kultūrvēstures pieminekļus, lai apzinātu makroskopisko un mikroskopisko sēņu daudzveidību un izplatību tajās un lai noteiktu dominējošo trupes veidu celtniecības koksnē.

## Materiāli un metodes

### Apsektās celtnes

No 1996. gada līdz 2007. gadam koksnes trupes un krāsojošo sēņu bojājumu novērtēšanai apsektas 300 privātas un publiskas ēkas, kā arī vairāk nekā 20 kultūras pieminekļi un senas celtnes Latvijā. Kultūras mantojuma vietas bija:

- pils: Āraišu ezerpils (9. gs. seno latgaļu dzīves vietas rekonstrukcija), Lielvārdes koka pils (12. gs. pils rekonstrukcija), Turaidas pils (13. gs.);
- muižas: Dikļu muiža (15. gs.); Mālpils muiža (18. gs.), Svences muiža (20. gs.), Vainižu muiža (18. gs.), Zelūstes muiža (18. gs.);
- baznīcas: Biķeru luterāņu baznīca (18. gs.), Dundagas luterāņu baznīca (18. gs.), Feimaņu katoļu baznīca (18. gs.), Gulbenes luterāņu baznīca (19. gs.), Rīgas Jēzus luterāņu baznīca (17. gs.), Liepājas Sv. Trīsvienības katedrāle (18. gs.), Mālpils luterāņu baznīca (18. gs.), Rēzeknes luterāņu baznīca (20. gs.), Rīgas Doms (13. gs.), Sabiles luterāņu baznīca (16. gs.), Slokas luterāņu baznīca (19. gs.), Vecpils katoļu baznīca (18. gs.);
- senas ēkas: Dēseles ūdensdzirnavas (1920. g.), Liepājas dzelzceļa stacija (19. gs.), Ventpils Latviešu biedrības ēka (1912. g.).

Apsekošanas laikā uzmanību pievēršām iekštelpu struktūrām (grīdām, sienām, griestiem, jumtu iekšējām daļām u.c.), kā arī ārējo konstrukciju koksnei (logiem, trepēm, ārsienām, jumtiem, nožogojumiem, tiltiem, soliem).

Celtniecības objektu apsekošana ietvēra sēņu augšanas riska vietu pārbaudes, augšanas apstākļu aprakstu, sēņu un to inficēto materiālu savākšanu un identificēšanu laboratorijā. Atsevišķos gadījumos sēņu un to bojāto materiālu paraugus laboratorijai piegādāja no objektiem.

### Sēņu identificēšana

Sēņu identificēšanai izmantots stereomikroskops M8 (*Leica*) ( $\times 50$ ) un gaismas mikroskops DMLB (*Leica*) ( $\times 200$ ;  $\times 400$ ;  $\times 1000$ ). Koksnes trupes sēņu sugas noteiktas pēc raksturīgām morfoloģiskām

pazīmēm (makroskopiskām un mikroskopiskām) un bojātā materiāla (koksnes) izskata. Kā reaģenti sēņu preparātu un koksnes iekrāsošanai izmantoti Melcers, 5% KOH, kokvilnas zilais, safranīns, sulfovanilīns, briljanta kongo zilā un kokvilnas brūnā maisījums. Bazīdijsēņu identificēšana veikta ar šādiem noteicējiem un rokasgrāmatām: Eriksson and Ryvarde (1973-1976), Eriksson et al. (1978-1984), Jülich (1984), Moser (1984), Breitenbach and Kränzlin (1984-2000), Hjortstam et al. (1987-1988), Ryvarde (1991), Ryvarde and Gilbertson (1993-1994), Bech-Andersen (1995). Visas kortīciju sugas attiecinātas uz *Corticaceae* s. lat. grupu (Breitenbach, Kränzlin, 1984-2000). Sēņu nosaukumi doti saskaņā ar jaunākās literatūras datiem (Ainsworth and Bisby's ..., 2001).

Pelējumi noteikti pēc mikroskopiskām pazīmēm, pielietojot caurspīdīgu adhezīvu lenti, ar kuru vispirms viegli pieskaras sēnes kolonijai, tad lenti ar paraugu pārnes uz mikroskopa priekšmetstiklu, uz kura uzpilināts 0.1% kokvilnas zilā indikators (Samson et al., 2002). Pelējuma sēnes identificētas ar noteicējiem: Holos and Mattsson (1994), Samson et al. (2002), Bech-Andersen (2004).

## Rezultāti un diskusija

### Pārskats par koksnes trupes sēņu daudzveidību un izplatību Latvijas ēkās

Apsektajos 323 celtniecības objektos, kas ietvēra gan privātas/publiskas ēkas, gan kultūras pieminekļus, pavisam reģistrēti 338 koksnes trupes gadījumi. 1. tabulā parādītas koksnes trupes sēņu sugas, trupes veids un gadījumu skaits ēkās. Dažos gadījumos kortīcijas un brūnās trupes sēnes nav identificētas līdz sugai. 1. tabulā tās parādītas kā „Neidentificēta brūnā trupe” un „Neidentificēta *Corticaceae* s. lat.”. Visas neidentificētas sugas arī pievienotas bojājumu gadījumu skaitam.

Pavisam identificētas 60 makroskopisko sēņu sugas, no kurām 21 suga piederēja brūnās trupes sēnēm, bet 39 sugas bija baltās trupes izraisītājas. Sēņu sugu uzskaitījums parādīja baltās trupes sēņu lielāku daudzveidību ēkās. Taču pēc reģistrēto gadījumu skaita redzams, ka brūnās trupes sēnes Latvijas celtniecības koksnē sastopamas daudz biežāk nekā baltā trupe. Brūnās trupes gadījumi veidoja 78.1%, bet baltā trupe atrasta retāk – 21.9% gadījumu, kas liecina par brūnās trupes sēņu dominējošo lomu konstrukciju koksnes bojājumos. Brūnās trupes sēņu ievērojamais pārsvars Latvijas ēkās ir skaidrojams ar skuju koksnes (priede, egļe) plašo izmantošanu celtniecībā. Pēc literatūras datiem (Ryvarde, 1991; Ryvarde, Gilbertson, 1993-1994; Goodell et al., 2003),

1. tabula / Table 1

**Koksni noārdošās bazīdijsēnes, trupes veids un gadījumu skaits Latvijas ēkās**  
**Wood destroying basidiomycetes, type of rot, and occurrence in Latvian buildings**

Bazīdijsēnes / Basidiomycetes	Gadījumi / Occurrences	
	skaits / number	%
1.	2.	3.
<b>Brūnā trupe / Brown-rot:</b>		
<i>Antrodia</i> spp.:	43	12.7
<i>Antrodia serialis</i> (Fr.) Donk		
<i>Antrodia sinuosa</i> (Fr.) P. Karst.		
<i>Antrodia sordida</i> Ryv. & Gilb.		
<i>Antrodia vailantii</i> (DC : Fr.) Ryv.		
<i>Antrodia xantha</i> (Fr.: Fr.) Ryv.		
<i>Coniophora arida</i> (Fr.) P. Karst.	1	0.3
<i>Coniophora puteana</i> (Schum.) Karst.	19	5.6
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	1	0.3
<i>Gloeophyllum</i> spp.:	10	2.9
<i>Gloeophyllum abietinum</i> Fr.: Fr.		
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulf.: Fr.) P. Karst.		
<i>Lentinus lepideus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	1	0.3
<i>Leucogyrophana pinastri</i> (Fr.) Bond.	2	0.6
<i>Leucogyrophana pseudomolusca</i> (Parm.) Parm.	1	0.3
<i>Oligoporus caesius</i> (Schrad.: Fr.) Gilb. & Ryvarden	1	0.3
<i>Oligoporus placentus</i> (Fr.) Gilb. Ryvarden	2	0.6
<i>Paxillus panuoides</i> (Fr.: Fr.) Fr.	5	1.4
<i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.	1	0.3
<i>Postia stiptica</i> (Pers.) Jülich	1	0.3
<i>Pycnoporellus fulgens</i> (Fr.) Donk	1	0.3
<i>Serpula himantioides</i> (Fr.: Fr.) Karst.	1	0.3
<i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroet.	158	46.7
Neidentificēta brūnā trupe / Unidentified brown-rot	16	4.7
Starpsumma / Subtotal	264	78.1
<b>Baltā trupe / White-rot:</b>		
<i>Antrodiella</i> sp. Ryv. & Johan.	1	0.3
<i>Armillaria ostoyae</i> (Romagn.) Herink	1	0.3
<i>Asterostroma cervicolor</i> (Berk. & M.A. Curtis) Masee	1	0.3
<i>Athelia epiphylla</i> Pers.	1	0.3
<i>Athelia</i> sp.	1	0.3
<i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.: Fr.) Pers.	1	0.3
<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst.	1	0.3
<i>Botryobasidium candicans</i> John Erikss	2	0.6
<i>Ceriporia excelsa</i> (Lund.) Parm.	1	0.3
<i>Ceriporia purpurea</i> (Fr.) Donk	1	0.3
<i>Ceriporia reticulata</i> (Hoffm.) Domański	1	0.3
<i>Crepidotus mollis</i> (Schaeff.) Staude	1	0.3

1. tabulas nobeigums / Table 1 (concluded)

1.	2.	3.
<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Fr.) Jul.	6	1.8
<i>Dacryobolus sudans</i> Fr.: Fr.	1	0.3
<i>Gloeocystidiellum cf. luridum</i> (Bres.) Boidin	1	0.3
<i>Hyphoderma obtusum</i> J. Erikss.	2	0.6
<i>Hyphoderma praetermissum</i> (P. Karst.) Erikss. & Strid	2	0.6
<i>Hyphoderma puberum</i> (Fr.) Wallr.	3	0.9
<i>Hyphodontia alutacea</i> (Fr.) John Erikss.	2	0.6
<i>Hyphodontia aspera</i> (Fr.) John Erikss.	3	0.9
<i>Hyphodontia crustosa</i> (Pers.) J. Erikss.	1	0.3
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.) P. Kumm.	1	0.3
<i>Hypohnicium bombycinum</i> (Sommerf.) J. Erikss.	1	0.3
<i>Laeticorticium roseum</i> (Pers.) Donk	1	0.3
<i>Meruliopsis corium</i> (Pers.) Ginns	1	0.3
<i>Peniophora cinerea</i> (Fr.) Cooke	1	0.3
<i>Peniophora incarnata</i> (Pers.: Fr.) P.Karst.	1	0.3
<i>Phanerochaete tuberculata</i> (Karst.) Parm.	2	0.6
<i>Phanerochaete velutina</i> (Fr.) P. Karst.	1	0.3
<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich	4	1.2
<i>Pluteus semibulbosus</i> (Lasch.) Gill.	1	0.3
<i>Resinicium bicolor</i> (Fr.) Parm.	3	0.9
<i>Schizopora paradoxa</i> (Schrad.) Donk	1	0.3
<i>Scytinostroma cf. odoratum</i> (Fr.) Donk	1	0.3
<i>Sebacina calcea</i> (Pers.) Bres.	1	0.3
<i>Shizophyllum commune</i> Fr.: Fr.	5	1.5
<i>Skeletocutis carneogrisea</i> A. David	1	0.3
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schwein.) Fr.	2	0.6
<i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. in Gmelin) Ryv.	4	1.2
<i>Vesiculomyces citrinus</i> (Pers.) Hagstrom	1	0.3
Neidentificētas <i>Corticaceae</i> s. lat. / Unidentified <i>Corticaceae</i> s. lat.	7	2.1
Starpsumma / Subtotal	74	21.9
Kopā / Total	338	100

vairums brūnās trupes sēņu inficē skuju kokus, bet baltās trupes sēnes biežāk sastopamas uz lapu kokiem.

Apsēkotajos objektos visbiežāk sastopamās koksnes trupes sēnes bija *Serpula lacrymans* (46.7%), *Antrodia* spp. (12.7%), *Coniophora* spp. (5.9%) un *Gloeophyllum* spp. (2.9%). Literatūrā (Viitanen, 2001) brūnā trupe ir aprakstīta kā parastākais bojājumu veids mērenās klimata joslas ceļnēs. Kā raksturīgas brūnās trupes sugas tiek minētas *Serpula lacrymans*, *Coniophora puteana*, dažādas *Poria* sugas, *Gloeophyllum sp.*, *Paxillus panuoides* un *Lentinus lepideus*. Mūsu rezultāti parādīja, ka Latvijas un Eiropas valstu ēkās pastāv atšķirības sugu izplatības biežuma ziņā. Piemēram,

Dānijas ēkās *Coniophora puteana* ir minēta kā dominējošā suga, kas veidoja 50% no kopējiem koksnes bojājumu gadījumiem (Singh, 1994; Bech-Andersen, 1995), bet Norvēģijas ēkās *Antrodia* sugas ir visbiežāk sastopamās (18.4%) sēnes dotajā izpētes periodā (Alfredsen et al., 2005).

Jāatzīmē, ka Latvijas mežu ekosistēmās ļoti reti sastopamo piepi *Oligoporus placentus* (Meiere, 2002) ēkās atradām divas reizes. Tāpat Latvijas mežos pirmo reizi reģistrētās sugas *Hyphoderma praetermissum*, *Hyphoderma puberum*, *Hyphodontia alutacea* un *Leucogyrophana pseudomolusca* (Karadelev et al., 2005) konstatējām arī celtniecības koksne (1. tabula).



### Koksnes trupes sēnes kultūras pieminekļos

Latvijas kultūras pieminekļi, kas ietver arheoloģiskos, arhitektūras, mākslas, pilsētbūvniecības un vēstures objektus, ir daļa no pasaules kultūras mantojuma. Pēc Valsts kultūras pieminekļu aizsardzības inspekcijas (VKPAI) statistikas datiem (Kultūras mantojums ..., 2009), Latvijā ir 8428 valsts aizsargājamo kultūras pieminekļu, no tiem 76 viduslaiku pilsdrupas, 136 muižas, 134 luterāņu baznīcas, 48 katoļu baznīcas, 33 pareizticīgo baznīcas un 29 ievērojami personu dzīves vietas.

Pētījuma ietvaros apsekoti 23 kultūras pieminekļi, ieskaitot pilis, muižas, baznīcas un senas celtnes. Trupes sēnes atrastas 91 (27%) gadījumā no kopēji reģistrēto trupes gadījumu skaita. Brūnā trupe kultūras pieminekļos prevalēja pār balto trupi attiecībā 47:44 (1. att.). Koka konstrukcijās dominēja *Antrodia* ģints (17 gadījumi), kurai sekoja *S. lacrymans* ar 8 gadījumiem, bet 6 gadījumos atrastas *Gloeophyllum* un *Coniophora* sugas. Kortīciju dzimtas sēnes ar 19 identificētām sugām kultūras mantojuma koka detaļās bija inficējušas 29 gadījumos.

Vislielākā sēņu daudzveidība bija vērojama Āraišu ezerpilī un Lielvārdes pilī. Abos objektos kopā reģistrēta 41 makroskopisko sēņu suga. Atrastās trupes sēnes bija saprobi, kas auga uz iekšējām un ārējām koka konstrukcijām – sienām, jumtiem, griestiem, balķiem, tiltiem, sētām, galdiem un trepēm. Vairums šo sugu bija raksturīgas skuju

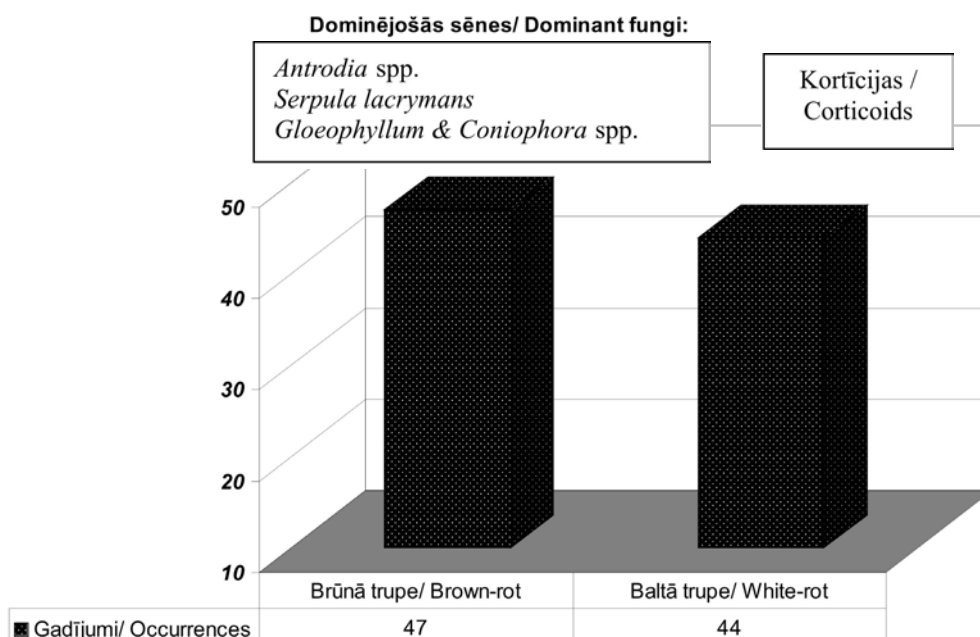
koku inficētājas, kas arī ir saprotams, jo egļu šajos objektos izmantota kā primārais (Lielvārdē) vai vienīgais konstrukciju materiāls (Āraišos).

### Koksnes trupe ēku strukturālajās daļās

Objektu apsekošanas laikā iekšējo un ārējo konstrukciju koksne reģistrēti 456 trupes sēņu gadījumi (2. tabula). Vairākos gadījumos viena un tā pati sēnes suga identificēta vairākās ēkas strukturālajās daļās. Rezultātā sēņu gadījumu skaits ēku struktūrās ir lielāks (2. tabula) nekā kopējais trupes gadījumu skaits ēkās (1. tabula).

Sēņu bojāto struktūru apsekošana parādīja, ka iekšējo koksne bija bojāta daudz biežāk nekā ārējo konstrukciju koksne (2. att.). 372 gadījumos (83%) reģistrēti iekšējo koksnes bojājumi, bet 78 gadījumos (17%) trupe atklāta ārējā koksne.

Rezultāti par atsevišķu koka struktūru bojājumiem liecināja, ka grīdas bija inficētas visbiežāk (43%). Iekšējās sienas bija inficētas 18%, jumta daļas – 9%, bet griesti – 8% no kopējā sēņu bojājumu skaita. Atlikušos 5% iekšējo koka struktūru bojājumus veidoja pārējās struktūras (durvis, trepes, logi). Iekšējo koka konstrukciju bojājumu lielais pārsvars pār ārējās koksnes bojājumiem skaidrojams ar labvēlīgākiem un pastāvīgākiem iekšējo klimata apstākļiem (temperatūra, mitrums), salīdzinot ar ārējo vidi. Turklāt ēku iedzīvotāji daudz lielāku uzmanību pievērta sēņu izplatībai un to nodarītajiem postījumiem iekšējās, kā rezultātā reģistrēts vairāk gadījumu.



1. att. Brūnās trupes attiecība pret balto trupi un visbiežāk sastopamās sēnes Latvijas kultūras pieminekļos.

Fig. 1. Brown-rot vs. white-rot and most common fungi in Latvian cultural monuments.

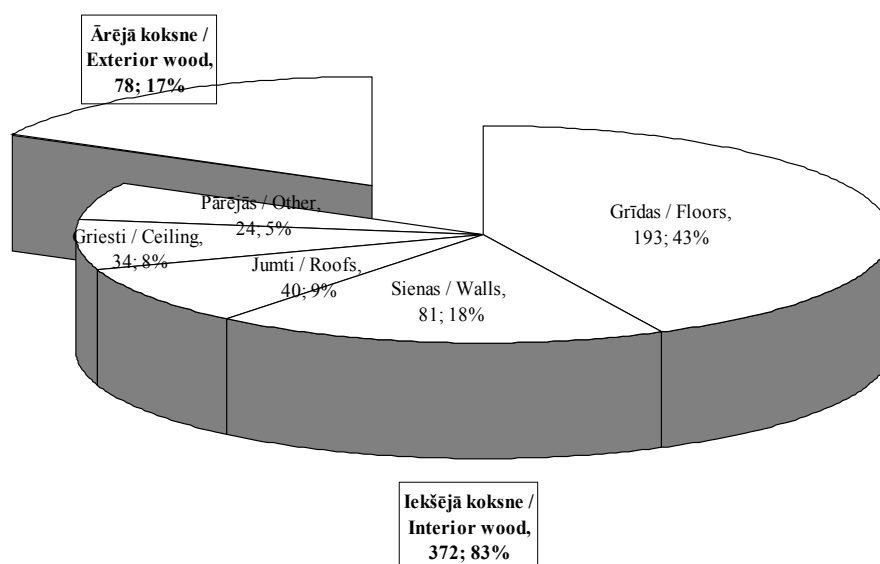
**Koksnes trupes bazīdijsēnes ēku strukturālajās daļās**  
**Wood decay basidiomycetes in structural parts of buildings**

Sēnes / Fungi	Iekštelpu koksne, skaits (%) / Interior wood, number (%)					Ārējā koksne, skaits (%) / Exterior wood, number (%)
	grīdas / floors	sienas / walls	griesti / ceilings	jumti / roofs	pārējās* / other*	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>Antrodia</i> spp.	18 (9.3)	2 (2.5)	4 (11.8)	10 (25.0)	1 (4.2)	13 (16.7)
<i>Antrodiella</i> sp.	–	–	–	–	1 (4.2)	–
<i>Armillaria ostoyae</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Asterostroma cervicolor</i>	–	–	1 (2.9)	–	–	–
<i>Athelia</i> spp.	–	–	1 (2.9)	–	–	2 (2.6)
<i>Auricularia mesenterica</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Bjerkandera adusta</i>	–	1 (1.2)	–	–	–	1 (1.3)
<i>Botryobasidium candicans</i>	–	–	1 (2.9)	–	–	1 (1.3)
<i>Ceriporia</i> spp.	–	–	–	1 (2.5)	–	2 (2.6)
<i>Coniophora</i> spp.	7 (3.6)	2 (2.5)	4 (11.8)	9 (22.5)	–	1 (1.3)
<i>Crepidotus mollis</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	–	–	2 (5.9)	3 (7.5)	–	1 (1.3)
<i>Dacryobolus sudans</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Fomitopsis pinicola</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Gloecystidiellum cf. luridum</i>	–	1 (1.2)	–	–	–	–
<i>Gloeophyllum</i> spp.	–	–	–	2 (5.0)	–	9 (11.5)
<i>Hyphoderma</i> spp.	–	–	2 (5.9)	1 (2.5)	–	4 (5.1)
<i>Hyphodontia</i> spp.	–	1 (1.2)	1 (2.9)	1 (2.5)	–	3 (3.8)
<i>Hypholoma fasciculare</i>	–	1 (1.2)	–	–	–	1 (1.3)
<i>Hypohnicium bombycinum</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Laeticorticium roseum</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Lentinus lepideus</i>	–	–	–	–	1 (4.2)	–
<i>Leucogyrophana spp.</i>	–	–	1 (2.9)	–	–	2 (2.6)
<i>Meruliopsis corium</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Oligoporus</i> spp.	1 (0.5)	–	–	–	1 (4.2)	2 (2.6)
<i>Paxillus panuoides</i>	–	1 (1.2)	1 (2.9)	1 (2.5)	–	2 (2.6)
<i>Peniophora</i> spp.	–	–	1 (2.9)	–	–	1 (1.3)
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Phanerochaete</i> spp.	–	–	–	–	–	3 (3.8)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	1 (0.5)	1 (1.2)	–	–	–	2 (2.6)
<i>Pluteus semibulbosus</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Postia stiptica</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Pycnoporellus fulgens</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Resinicium bicolor</i>	–	–	2 (5.9)	–	–	1 (1.3)

2. tabulas nobeigums / Table 2 (concluded)

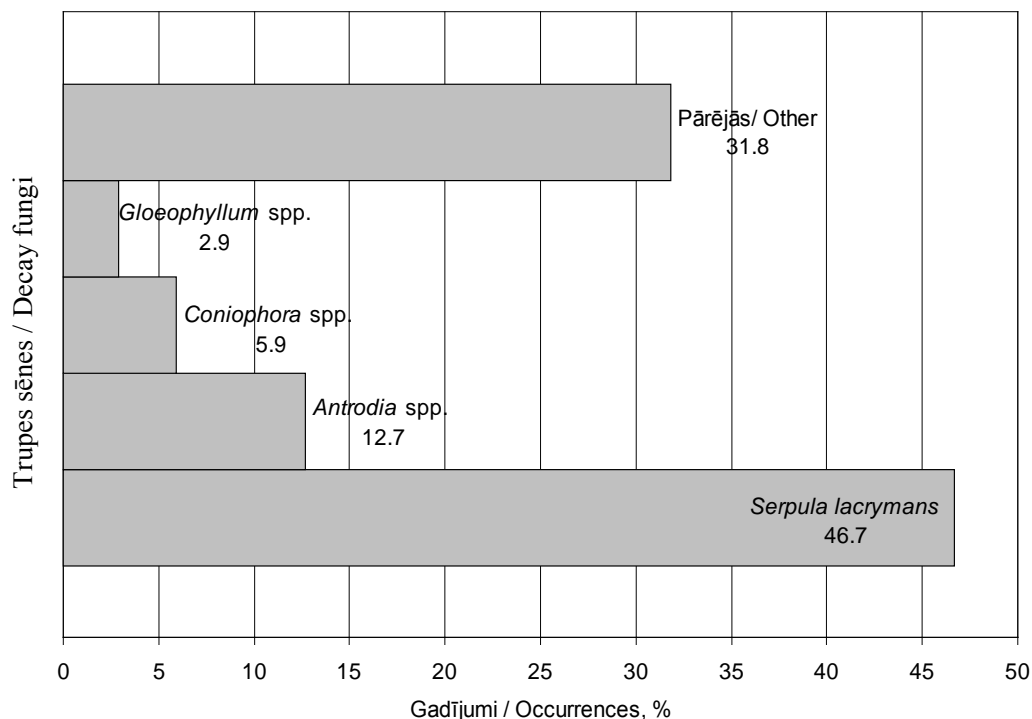
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>Schizopora paradoxa</i>	–	1 (1.2)	–	–	–	1 (1.3)
<i>Scytinostroma cf. odoratum</i>	–	–	–	1 (2.5)	–	–
<i>Sebacina calcea</i>	–	–	–	1 (2.5)	–	–
<i>Serpula himantoides</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
<i>Serpula lacrymans</i>	158 (81.9)	66 (81.5)	8 (23.5)	–	18 (75.0)	4 (5.1)
<i>Shizophyllum commune</i>	–	–	1 (2.9)	1 (2.5)	–	2 (2.6)
<i>Skeletocutis carneogrisea</i>	–	1 (1.2)	–	–	–	–
<i>Stereum sanguinolentum</i>	–	–	–	–	–	2 (2.6)
<i>Trichaptum abietinum</i>	–	–	–	1 (2.5)	–	3 (3.8)
<i>Vesiculomyces citrinus</i>	–	–	–	–	–	1 (1.3)
Neidentificētas <i>Corticiaceae</i> s. lat. / Unidentified <i>Corticiaceae</i> s. lat.	–	–	2 (5.9)	4 (10.0)	–	–
Neidentificēta brūnā trupe / Unidentified brown-rot	8 (4.1)	3 (3.7)	2 (5.9)	4 (10.0)	2 (8.3)	1 (1.3)
Kopā / Total	193	81	34	40	24	78

\* Pārējās: durvis, trepes, logi. / Other: doors, stairs, windows.



2. att. Sēņu gadījumu skaits un to procentuālais daudzums koka struktūrās.

Fig. 2. The number and percentage of fungal occurrences in wooden structural parts.



3. att. Visbiežāk sastopamās koksnes trupes sēnes Latvijas ēkās.

Fig. 3. Most frequent wood decay fungi in Latvian buildings.

### Visbiežāk sastopamās koksnes trupes sēnes Latvijas ēkās

*Serpula lacrymans* (Wulf.: Fr.) Schroet. ir visbīstamākā celtniecības koksnes noārdītāja. Sēne ir izplatīta Centrāl-, Ziemeļ- un Austrumeiropas mērenā klimata joslās, bet nav atrodama tropu un tuksnešu reģionos (Schmidt, Moreth-Kebernik, 1990). *S. lacrymans* ir parasta suga arī Japānas un Dienvidaustrālijas vēsākajos rajonos (Jennings, Bravery, 1991). Mūsu iepriekšējie pētījumi (Irbe et al., 2001) apstiprināja, ka *S. lacrymans* ir plaši izplatīta Latvijā. Pēc mūsu datiem (1996-2007) *S. lacrymans* atrasta gandrīz visos Latvijas rajonos. Sēne ēkās bija sastopama 46.7% gadījumu no kopējā trupes sēņu skaita (3. att.). Sēnes ieviešanās biežums svārstījās no gada uz gadu atkarībā no klimata apstākļiem (vidēji 15 gadījumi gadā). Gadījumu skaits īpaši pieauga mitrās vasarās, kad palielinājās ēku samitrināšanās iespēja. Vairums gadījumu novēroti no maija līdz oktobrim, ar maksimumu augustā. Piemēram, Šveicē *S. lacrymans* bija sastopama 45%, Dānijā – 20% (Jennings, Bravery, 1991), bet Somijā – 50% gadījumu (Paajanen, Viitanen, 1989). Augstais *S. lacrymans* reģistrēto gadījumu skaits Latvijas ēkās ir skaidrojams ar daudz nopietnākiem koksnes bojājumiem salīdzinājumā ar citām mājas sēnēm. Tādēļ laboratorija biežāk saņēma *S. lacrymans* paraugus un izsaukumus uz inficētajiem objektiem.

*S. lacrymans* dominēja visās iekštelpu inficēto struktūru kategorijās: grīdas bija bojātas 81.9%, sienas – 81.5%, griesti – 23.5%, bet pārējās koka detaļas – 75% gadījumu. Izņēmums bija jumta konstrukcijas, kurās sēne netika atrasta ne reizi. Jāatzīmē, ka *S. lacrymans* kā tipiska iekštelpu sēne mūsu inspekcijās četras reizes atrasta āra apstākļos. 2. tabulā šie gadījumi ir iekļauti ārējās koksnes bojājumu skaitā, kaut arī sēnes auglķermeņi bija attīstījušies uz ēku pamatiem vai 50-70 cm attālumā no tiem uz zemes.

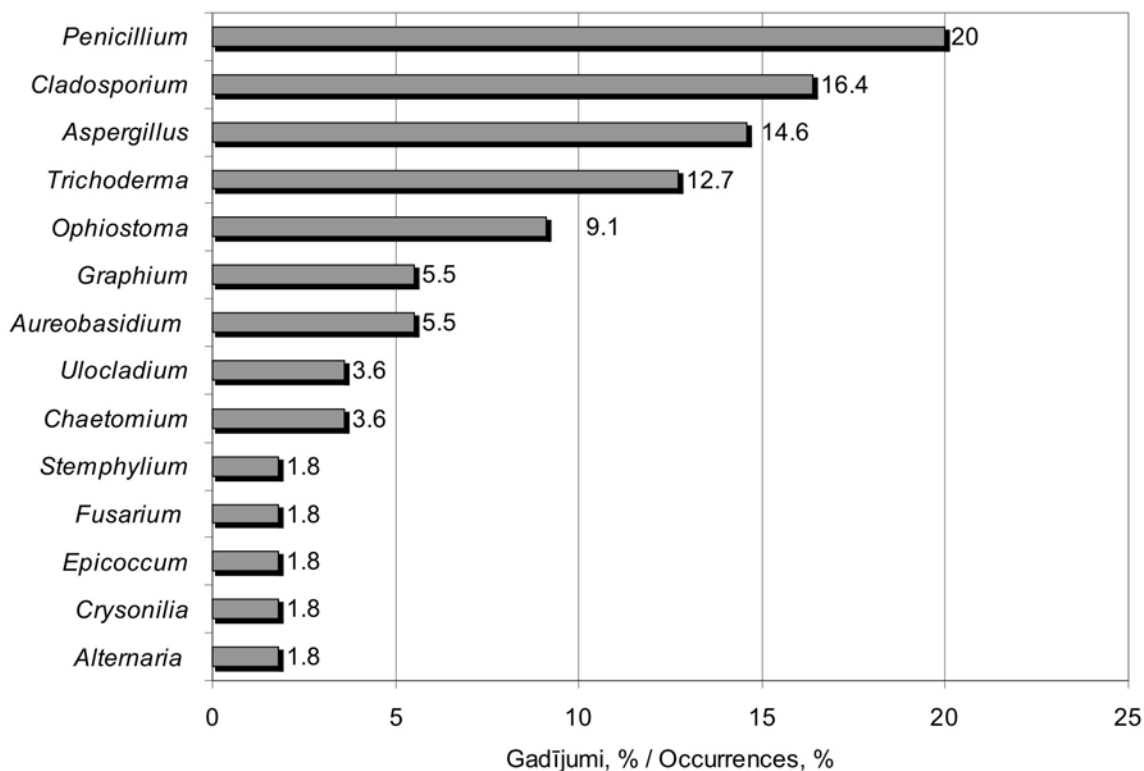
Otra visbiežāk sastopamā bija *Antrodia* ģints (12.7%) ar piecām sugām: *Antrodia serialis*, *A. sinuosa*, *A. sordida*, *A. vailantii* un *A. xantha* (1. tabula). Ēku strukturālo daļu bojājumi liecināja, ka antrodijs bija visbiežāk sastopamās sēnes iekštelpu jumtu konstrukcijās (25%) un ārējā koksnē (16.7%) (2. tabula). Grīdu bojājumu izraisīšanā antrodijs ierindojās otrajā vietā (9.3%) aiz *S. lacrymans*.

*Coniophora* sugas ēkās reģistrētas 5.9% gadījumu (3. att.). Latvijas ēkās atrastas divas sugas: *C. puteana* un *C. arida*. *C. arida* identificēta tikai vienu reizi sienas struktūrā, bet *C. puteana* bija otra visbiežāk sastopamā suga ēku jumtos (22.5%) un trešā biežākā grīdu bojājumos (3.6%).

Konstrukciju koksnē reģistrētas divas *Gloeophyllum* sugas: *G. sepiarium* un *G. abietinum*, kas veidoja 2.9% no kopējā

**Pelējuma un zilējuma sēnes mitrās ēkās**  
**Moulds and bluestain fungi in damp buildings**

Sēne / Fungus	Infekcijas lokalizācija / Localization of infection
<i>Aspergillus</i>	apmetums, tapetes, jumta spāres, finiera griesti, altāra glezna / plaster, wallpaper, roof rafters, veneer ceiling, altar-piece
<i>Aureobasidium</i>	finiera griesti, dēļu ārējo uz krāsas, jumta konstrukcija / veneer ceiling, outer wall on paint, roof construction
<i>Chaetomium</i>	apmetums, OSB plāksnes / plaster, OSB plates
<i>Cladosporium</i>	jumta konstrukcija, koka platforma, tapetes, apmetums, sijas, dēļi / roof construction, wood platform, wallpaper, plaster, beams, boards
<i>Graphium</i>	jumta konstrukcija / roof construction
<i>Ophiostoma</i>	jumta konstrukcija, grīdas sijas, guļbūves sienas / roof construction, floor beams, log house walls
<i>Penicillium</i>	apmetums, sijas, tapetes, koka griesti un sienas, jumts, koka līstes / plaster, beams, wallpaper, wood ceiling and walls, roof, wood laths
<i>Trichoderma</i>	sijas, jumta konstrukcija, grīdas sijas, guļbūves sienas / beams, roof construction, floor beams, log house walls
<i>Ulocladium</i>	tapetes / wallpaper



4. att. Pelējuma un zilējuma sēņu izplatības biežums uz celtniecības materiāliem.  
 Fig. 4. Frequency of moulds and bluestain fungi on building materials.

gadījumu skaita (3. att.). Šīs sēnes biežāk bija sastopamas ārējās konstrukcijās (sienās, jumtos, sētās, tiltos, solos). Līdz šim Latvijā *Gloeophyllum* sugas nav atrastas logos, bet citās Eiropas valstīs tās ir bīstamākās logu rāmju noārdītājas. Sēnes inficē logu rāmjus, kuri regulāri uzkrāj mitrumu nepareizas logu konstrukcijas dēļ. Modernie logi ar koka apmalēm, kas nostiprina loga rūti, tiek pilnībā noārdīti piecu gadu laikā (Bech-Andersen, 1995; Schmidt, 2006). Cita suga, *G. trabeum*, kas iekļauta Eiropas standarta LVS EN 113 (European Standard EN 113, 2000) obligāto sēņu sarakstā, līdz šim Latvijas celtniecības koksne nav atrasta. Uzskata, ka šī suga ir ļoti reta Latvijā (Meiere, 2002).

Vairums identificēto baltās trupes sēņu piederēja kortīciju grupai. Mūsu pētījumā vairums kortīciju identificētas līdz sugai, lai parādītu šo sēņu lielo daudzveidību celtniecības koksne. Kortīcijas Latvijas ēkās bija sastopamas 15.6% gadījumos, bet pavisam tika identificētas 25 sugas (1. tabula).

Makroskopisko koksnes trupes sēņu attīstību ēkās veicināja to sliktā uzturēšana, neprofesionāla rekonstrukcija/remonts vai nepareiza ēkas konstrukcija. Sēnes parasti bija atrodamas vietās, kur regulāri uzkrājās mitrums un nebija ventilācijas, piemēram, tekošos jumtos, slapjos pagrabos, neapkurinātās telpās, bojātu ūdensvadu tuvumā vai vietās, kur veidojās ūdens kondensāts. Apsekotajos celtniecības objektos trupes sēņu inficētās koksnes mitruma saturs svārstījās no 23 līdz 65%. Pēc iepriekšējo pētījumu datiem optimālais mitrums koksnes trupes bazīdijās augšanai ir 40-80% robežās (Goodell et al., 2003), bet sēņu attīstība nenotiek, ja koksnes mitruma saturs ir mazāks par 20% (Bech-Andersen, 1995).

### Koksni krāsojošās sēnes ēkās

Latvijas privātās/publiskās ēkās un kultūras pieminekļos uz konstrukciju vai dekoratīviem materiāliem 55 gadījumos konstatētas mikroskopiskās pelējuma un zilējuma sēnes. Vairumā gadījumu sēnes identificētas līdz ģintij, bet dažos gadījumos – līdz sugai. Ēkās visbiežāk atrastas *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus* un *Trichoderma* ģintis (4. att.).

Galvenokārt visi mikroskopisko sēņu inficētie celtniecības objekti bija privātas ēkas, izņemot dažus kultūrvēstures objektus, piemēram, Sabiles luterāņu baznīcu, Brīvības pieminekli Rīgā un Āraišu ezerpili. Sabiles baznīcā pelējums atrasts uz altārglezņas, Brīvības pieminekli – tā iekšējā telpā uz koka platformas, bet Āraišu ezerpili – uz koka griestiem un sienām. Apsekojot ēkas, zilējuma

sēnes atrastas uz svaigas iebūvētās koksnes, kuras mitrums bija lielāks par 20%, kā arī uz mitras koksnes zem krāsu pārklājuma. Koksnes aplievas iekrāsošanos izraisīja tumšas sēņu hifas, kuras bija iespiedušās dziļi koksne. Primāro zilējumu svaigai iebūvētās koksnei un tās materiāliem izraisīja *Ophiostoma* un *Graphium* ģintis, bet sekundāro zilējumu iebūvētai koksnei zem pārklājumiem izraisīja *Aureobasidium pullulans*.

Zilējums pasliktina koksnes dekoratīvās īpašības, pazeminot tās ekonomisko vērtību. Pētījumi par koksnes mikrostrukturālas izmaiņām zilējuma sēņu ietekmē liecina (Goodell et al., 2003), ka tās kopumā neietekmē koksnes stiprību, taču var noārdīt nelignificētas koksnes šūnas (parenhīmu un šūnu poru membrānas), paaugstinot tās porozitāti un caurlaidību. Šīs izmaiņas veicina mitruma uzkrāšanos koksne, kas sekmē trupes sēņu ieviešanos kokaudos.

Apsekojot celtniecības objektus, pelējuma sēnes atrastas uz dažādiem materiāliem – apmetuma, koksnes un tās produktiem (OSB plāksnēm, saplākšņa) un tapetēm. Pelējušās koksnes aplievas iekrāsošanos izraisīja sporas, kas veidojās uz koksnes virsmas. Ir zināms (Singh, 1994), ka pelējuma sēnes izraisa niecīgu koksnes stiprības pazemināšanos, bet nopietnus bojājumus rada tādiem materiāliem kā papīrs, audumi un izolācijas materiāli. Pelējuma sēnes, tāpat kā zilējums, palielina koksnes porozitāti un caurlaidību, veicinot trupes sēņu ieviešanos. Pelējuma kaitīgumu cilvēka veselībai nosaka daudzu sugu spēja veidot mGOS un mikotoksīnus. Piemēram, mūsu veiktās apsekošanas laikā biežāk sastopamie pelējumi, pēc literatūras datiem (Samson et al., 2002), veido dažādus toksīnus atkarībā no sugas: *Aspergillus* – aflatoksīnu, fumigatoksīnu, malformīnu u.c., *Cladosporium* – kladosporīnu, *Penicillium* – penicilīnskābi, nefrotoksīnu, patulīnu u.c., *Trichoderma* – trihotoksīnu, gliotoksīnu, izocianīdus utt.

Visos gadījumos pelējuma un zilējuma sēņu ieviešanos veicināja palielināts materiālu mitrums ( $W_{abs}$  23-90%) un/vai gaisa mitrums ( $W_{rel}$  65-85%). Uzskata (Wang, 1994), ka svarīgākie ārējie faktori mikroskopisko sēņu attīstībai ir mitrums un temperatūra. Par 90% lielāks gaisa mitrums un temperatūra 15-25 °C robežās ievērojami paātrina mikroskopisko sēņu augšanu. Kontrolējot abus vai vienu no šiem faktoriem, var izvairīties no sēņu attīstības.

### Secinājumi

Latvijas celtniecības objektos brūnās trupes sēnes konstatētas biežāk (78.1%) nekā baltās trupes sēnes (21.9%), kas liecina par brūnās trupes sēņu dominējošo lomu izplatības biežuma ziņā.

Visbiežāk ēkās atrasta brūnās trupes sēne *Serpula lacrymans* – 46.7% gadījumu. Brūnās trupes sēņu biežā izplatība Latvijas celtniecības koksne galvenokārt izskaidrojama ar skujkoku materiālu izmantošanu.

Latvijas celtnēs identificētas 60 koksnes trupes bazīdijsēņu sugas, no kurām 39 sugas izraisīja balto trupī, bet 21 suga – brūno trupī, kas liecina par baltās trupes sēņu ievērojamu pārsvaru sugu daudzveidības ziņā. Vairums identificēto baltās trupes sēņu piederēja kortīciju grupai (25 sugas).

Iekštelpu koksne trupes sēnes atrastas daudz biežāk (83%) nekā ārējo konstrukciju koksne (17%), kas skaidrojams ar labvēlīgākiem iekštelpu klimata apstākļiem (temperatūra, mitrums) sēņu attīstībai nekā ārējā vidē.

Latvijas celtnēs 55 gadījumos konstatētas mikroskopiskās pelējuma un zilējuma sēnes, no kurām visbiežāk sastopamās bija *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus* un *Trichoderma* ģintis.

Koksnes trupes un krāsojošo sēņu ieviešanas ēkās uz konstrukciju vai dekoratīviem materiāliem izraisīja regulāri palielināts materiālu mitrums (>20%), kas veidojās ēku sliktas uzturēšanas, neprofesionālas rekonstrukcijas/remonta vai nepareizas konstrukcijas rezultātā.

Iegūtie rezultāti ir praktiski izmantojami rekomendāciju un aizsardzības paņēmieni izstrādei koksnes kalpošanas laika pagarināšanai un ēku ilglaicīgai saglabāšanai.

## Literatūra

1. Ainsworth and Bisby's *Dictionary of the Fungi*. (2001) 9th ed. CAB International, Wallingford, UK, 655 pp.
2. Alfredsen, G., Solheim, H., Jenssen, K.M. (2005) Evaluation of decay fungi in Norwegian buildings. *Document IRG/WP/05-10562*. IRG Secretariat, Stockholm, 12 pp.
3. Bech-Andersen, J. (1995) *The dry rot fungus and other fungi in houses*. Hussvamp Laboriet ApS, Holte, Denmark, 139 pp.
4. Bech-Andersen, J. (2004) *Indoor climate and moulds*. Hussvamp Laboriet ApS, Holte, Denmark, 89 pp.
5. Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1984-2000) *Fungi of Switzerland*. Vols 1-5. Verlag Mykologia, Lucerne, Switzerland.
6. Eriksson, K. E., Blanchette, R. A., Ander, P. (1990) *Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components*. Springer Verlag, Berlin, 407 pp.
7. Eriksson, J., Hjortstam, K., Ryvarde, L. (1978-1984) *The Corticiaceae of North Europe*. Vols 2-4. Fungiflora, Oslo.
8. Eriksson, J., Ryvarde, L. (1973-1976) *The Corticiaceae of North Europe*. Vols 5-7. Fungiflora, Oslo.
9. *European Standard LVS EN 113*. (2000) Wood preservatives. Method of test for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes. CEN, Brussels, 32 pp.
10. Goodell, B., Nicholas, D.D., Schultz, T.P. (2003) *Wood Deterioration and Preservation. Advances in Our Changing World*. American Chemical Society, Washington DC, 465 pp.
11. Green, F., Highley, T. L. (1995) The long road to understanding brown-rot decay – a view from the ditch. *Document IRG/ WP 95-10101*. IRG Secretariat, Stockholm, 18 pp.
12. Hjortstam, K., Larsoon, K., Ryvarde, L. (1987-1988) *The Corticiaceae of North Europe*. Vols 1 and 8. Fungiflora, Oslo.
13. Holos, S. B., Mattsson, J. (1994) *Muggsopp, biology, analyse og skadevurdering*. Mycoteam, Oslo, 121 pp.
14. Irbe, I., Andersone, I., Andersons, B. (2001) Distribution of the true dry rot fungus *Serpula lacrymans* in Latvia. *Folia Cryptogamica Estonia*, 38, 9-12.
15. Irbe, I., Andersons, B., Chirkova, J., Kallavus, U., Andersone, I., Faix, O. (2006a) On the changes of pinewood (*Pinus sylvestris* L.) chemical composition and ultrastructure during the attack by brown-rot fungi *Postia placenta* and *Coniophora puteana*. *Int. Biodet. Biodegrad.*, 57, 99-106.
16. Irbe, I., Noldt, G., Koch, G., Andersone, I., Andersons, B. (2006b) Application of scanning UV microspectrophotometry for the topochemical detection of lignin within individual cell walls of brown-rotted Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood. *Holzforchung*, 60, 601-607.
17. Jennings, D.H., Bravery, A.F. (1991) *Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*. J. Wiley & Sons Ltd., England, 217 pp.
18. Jin, L., Schultz, T. P., Nicholas, D. D. (1990) Structural characterisation of brown-rotted lignin. *Holzforchung*, 44, 133-138.
19. Jülich, W. (1984) *Die Nichtblätterpilze, Galertpilze und Bauchpilze*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 626 pp.
20. Karadelev, M., Irbe, I., Meiere, D., Daniele, I. (2005) Diversity of lignicolous fungi in selected ecosystems of Latvia. *Proceedings of the XVI Symposium of Mycologists and Lichenologists of Baltic States*. Cesis, Latvia, 90-97.

21. Kultūras mantojums. Valsts kultūras pieminekļu aizsardzības inspekcijas (VKPAI) resurss: [http://www.mantojums.lv/\\_rict\\_text/docs/km\\_kulturas\\_mantojums.pdf](http://www.mantojums.lv/_rict_text/docs/km_kulturas_mantojums.pdf) – Resurss aprakstīts 2009. gada 14. aprīlī.
22. Meiere, D. (2002) Latvijas piepju konspekts. *Latvijas veģetācija*, 5, 7- 41.
23. Moser, M. (1984) *Die Roehrlinge und Blaetterpilze*. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena, 532 pp.
24. Paaianen, L., Viitanen, H. (1989) Decay fungi in Finnish houses on the basis of inspected samples from 1978 to 1988. *Document IRG/WP/1401*. IRG Secretariat, Stockholm, 4 pp.
25. Rayner, A. D., Boddy, L. (1988) *Fungal decomposition of wood*. Wiley & Sons Ltd., England, N.Y., 586 pp.
26. Ryvarden, L. (1991) *Genera of Polypores*. Fungiflora, Oslo, 363 pp.
27. Ryvarden, L., Gilbertson, R. L. (1993-1994) *European Polypores*. Vols 1-2. Fungiflora, Oslo.
28. Samson, A. R., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., Filtenborg, O. (2002) *Introduction to food and airborne fungi*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands, 389 pp.
29. Schmidt, O. (2006) *Wood and tree fungi*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 334 pp.
30. Schmidt, O., Moreth-Kebernik, U. (1990) Old and new facts on the dry rot fungus *Serpula lacrymans*. *Document IRG/WP/1470*. IRG Secretariat, Stockholm, 17 pp.
31. Singh, J. (1994) *Building mycology. Management of decay and health in buildings*. E & FN Spon, UK, 326 pp.
32. Viitanen, H. (2001) Biodegradation of cultural heritage state of the art, Finland. *ARIADNE Proceedings*, Prague, 8 pp.
33. Wang, Q. (1994) Growth of mould and stain fungi on wood-based boards in relation to temperature and relative humidity. *Material und Organismen*, 28, 2, 81-103.

### **Pateicība**

Pētījums veikts ar daļēju ES INTEGR projekta „Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta integrācija Eiropas pētnieciskajā vidē” (WOODPRO, QLAM-2001-00360) finansiālu atbalstu. Pateicība Sv. Kirila un Metodija Universitātes (Skopje, Maķedonija) prof., Dr. Mitko Karadeļevam par palīdzību un padomiem kortīciju sugu identificēšanā.



## Latvijas Etnogrāfiskā brīvdabas muzeja koka celtnu mikoloģiskā izpēte Mycological Investigation of Wooden Buildings in the Latvian Ethnographic Open-Air Museum

**Ilze Irbe**

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts  
Latvian State Institute of Wood Chemistry  
e-mail: ilzeirbe@edi.lv

**Mitko Karadelev**

Maķedonijas Republikas Sv. Kirila un Metodija Universitātes Bioloģijas institūts  
Institute of Biology, St. Cyril and Methodius University, The Republic of Macedonia  
e-mail: mitkok@iunona.pmf.ukim.edu.mk

**Abstract.** A total of 78 buildings were inspected for wood biodegradation in the Latvian Ethnographic Open-Air Museum, founded in 1924, in Riga. Most of the buildings were in good condition; however, some of them sustained considerable fungal damage. Altogether 58 fungal species belonging to the phyla *Basidiomycota* (51), *Ascomycota* (3) and *Protozoa* (*Myxomycota*) (4) were identified in the wooden constructions. The majority of the fungi (64 cases) were recorded on outdoor wood, including roofs, outer walls, doorsteps, fences, poles, logs, benches, beehives, etc., whereas only 13 cases of fungal damage were observed indoors. The most common genera found in the buildings were *Gloeophyllum*, *Athelia*, *Hyphoderma*, *Antrodia*, *Botryobasidium*, *Hyphodontia*, and *Mycena*. The majority of the identified fungi were corticoid species (28). Nine corticoids such as *Aleurodiscus fennicus*, *Athelia decipiens*, *Botryobasidium vagum*, *Crustoderma dryinum*, *Hyphoderma obtusifforme*, *Hyphodontia detritica*, *Trechispora farinacea*, *Tubulicrinis gracillimus*, and *Tubulicrinis subulatus* were new for the Latvian mycobiota. The diversity of white-rot species as well as the frequency of white-rot damage prevailed over the brown-rot more than twice. The research suggests that fungal diversity and frequency in the construction wood were affected by substrate (softwood/hardwood) and decay localization (indoors/outdoors).

**Key words:** Latvian Ethnographic Open-Air Museum, mycodiversity, ecology, brown-rot, white-rot.

### Ievads

Koksne kā celtniecības materiāls ir pakļauta vides kaitīgai ietekmei, ieskaitot mikroorganismu izraisīto bionoārdīšanos. Visbīstamākās koksnei ir trupes sēnes, kas noārda sarežģītus koksnes polimērus līdz vienkāršiem produktiem, kurus asimilē sēņu hifas. Koksnes noārdīšanas rezultātā novērojami masas un stiprības zudumi. Tipisks trupēšanas cikls sākas ar koksnes substrāta inficēšanu – sēnes hifas iespiežas un izplatās kokaudos, izraisot koksnes šūnu bojājumus. Piemērotos apstākļos micēlijs attīstās, veidojot dažādu formu augļķermeņus. Augļķermeņu parādīšanās parasti liecina par progresējušu koksnes trupes stadiju (Singh, 1994).

Vairums koksnes trupes sēņu pieder bazīdijsēņu nodalījumam. Parastākās iekšējo un ārējo konstrukciju noārdītājas ir brūnās trupes sēnes *Serpula lacrymans*, *Coniophora puteana*, *Antrodia* spp., *Gloeophyllum* spp., *Lentinus lepideus*, *Paxillus panuoides* (Rayner, Boddy, 1988; Singh, 1994; Schmidt, 2006) un baltās trupes sēnes *Donkioporia*

*expansa*, *Asterostroma* spp., *Phellinus contiguus* un *Pleurotus ostreatus* (Singh, 1994).

Koksnes mikroskopisko un makroskopisko sēņu izraisīto celtniecības koksnes bojājumu izpēte Latvijā veikta no 1996. līdz 2007. gadam, kad tika apsektas 300 privātas un publiskas ēkas, kā arī vairāk nekā 20 kultūras pieminekļi un senas celtnes, ieskaitot pilis, muižas un baznīcas (Irbe u.c., 2009).

Šī pētījuma mērķis bija izpētīt koksnes sēņu daudzveidību un izplatību Latvijas Etnogrāfiskajā brīvdabas muzejā, Rīgā. Muzejs kā izcila Latvijas kultūras vērtība ir viens no vecākajiem brīvdabas muzejiem Eiropā, dibināts 1924.gadā. Muzeja teritorijā ir saglabātas 118 koka senceltnes – zemnieku, amatnieku un zvejnieku dzīvojamās, saimniecības un sabiedriskās ēkas, kuras savulaik celtas Vidzemē, Kurzemē, Zemgalē, Latgalē un Augšzemē (17. gs. – 20. gs. sākums). Mūsu pētījums ietvēra (i) muzeja objektu mikoloģisko apsekošanu, (ii) materiālu ievākšanu un (iii) koksnes sēņu identificēšanu laboratorijā.



1. att. Ostas noliktava, Kurzeme, Liepāja, 1697. g.; objektā identificētas deviņas koksnes sēņu sugas.  
Fig. 1. Harbour warehouse, Kurzeme, Liepāja, 1697; nine fungal species were identified in the object.



2. att. Vārāmais namiņš – slietenis, Ainaži, 1850.g., Vidzemes zemnieka sēta;  
objektā identificētas septiņas koksnes sēņu sugas.  
Fig. 2. Summer kitchen, Ainaži, 1850, a peasant's homestead in Vidzeme;  
seven fungal species were identified in the object.



3. att. Seni bišu stropi pie dzīvojamās rijas, Jeri, 19. gs., Vidzemes zemnieka sēta;  
objektā identificētas sešas koksnes sēņu sugas.

Fig. 3. Old beehives at the threshing-dwelling house, Jeri, 19th cent., a peasant's homestead in Vidzeme;  
six fungal species were identified in the object.



4. att. Kalpu rinka – atjaunota pēc ugunsgrēka, Sīpele, no 2005. g., Zemgales zemnieka sēta;  
objektā identificētas četras koksnes sēņu sugas.

Fig. 4. A renewed farm labourer's outbuilding, Sīpele, from the year 2005, a peasant's homestead in Zemgale;  
four fungal species were identified in the object.

## Materiāli un metodes

### Muzeja celtnu mikoloģiskā apsekošana

Latvijas Etnogrāfiskajā brīvdabas muzejā apsekotas 78 senceltnes ar apkārt esošajiem koksnes objektiem (sētām, akām, bišu stropiem u.c.), ieskaitot Lībiešu zvejnieku sētu, Kurzemes zvejnieku ciemu, Vidzemes zemnieku un jaunsaimnieku sētas, Latgales ciemu, Zemgales zemnieku sētu u.c.

Ēku celtniecībā izmantoti skujkoku (priede un egle) materiāli, bet atsevišķas konstrukcijas, piemēram, sētas, dažviet veidotas no lapu koksnes. Mikoloģiskais materiāls ievākts no ēku sienām, griestiem, grīdām, jumtu konstrukcijām, trepēm, sētām, seniem bišu stropiem. Inficētais objekts vispirms tika atzīmēts kartē un aprakstīta bojājuma lokalizācija, tad bojājumu vieta tika nofotografēta un sēnes auglķermeņi ar nazi atdalīti no substrāta, ievietoti plastmasas maisiņos un sanumurēti. Pētījumā reģistrēti tikai tie bojājumu gadījumi, kuros uz koksnes bija izveidojušies sēņu auglķermeņi, kas liecināja par sēņu aktīvu attīstību. Vairākos gadījumos ārējās konstrukcijās konstatēta veca koksnes trupe bez redzamām sēņu attīstības stadijām. Šajās vietās nebija atrodams ne sēņu micēlijs, ne auglķermeņi, tādēļ nebija iespējams noteikt trupes izraisītāju sugas. Šie gadījumi pētījumā netika iekļauti.

### Sēņu identificēšana

Ievākie sēņu paraugi tika nogādāti laboratorijā, izžāvēti istabas temperatūrā un sagatavoti mikroskopēšanai. Sēņu identificēšana veikta ar stereomikroskopu M8 (*Leica*) (paliel. 50×) un gaismas mikroskopu DMLB (*Leica*) (paliel. 200×; 400×; 1000×). Trupes sēņu sugas noteiktas pēc raksturīgām morfoloģiskām pazīmēm. Sēņu mikroskopiskie attēli uzņemti ar videokameru „Leica DFC490” un apstrādāti ar attēlu analīzes programmu “Image-Pro Plus”. Mikroskopijas attēli saglabāti kompjūtera datu bāzē.

Sēņu preparātu iekrāsošanai izmantoti reaģenti: Melcera reaģents, 5% KOH, kokvilnas zilais un sulfovanilīns. Bazīdijsēnes identificētas pēc šādiem noteicējiem un rokasgrāmatām: Eriksson and Ryvarden (1973-1976), Eriksson et al. (1978-1984), Jülich (1984), Moser (1984), Breitenbach and Kränzlin (1986-2005), Hjortstam et al. (1987-1988), Ryvarden (1991), Ryvarden and Gilbertson (1993-1994), Bech-Andersen (1995). Visas kortīciju sugas attiecinātas uz *Corticaceae* s. lat. grupu (Breitenbach, Kränzlin, 1986). Glotsēnes identificētas pēc Neubert et al. (1993-2000), askusēnes – pēc Hansen and Knudsen (2000), Breitenbach and Kränzlin (1984), un anamorfās sēnes – pēc Samson et al. (2002). Sēņu nosaukumi doti saskaņā ar *Index Fungorum* (2004) interneta datubāzes nosaukumiem. Sēņu paraugi saglabāti LV Koksnes ķīmijas institūta

Koksnes bionoārdīšanās un aizsardzības laboratorijas sēņu kolekcijā.

### Skenējošā elektronu mikroskopija (SEM)

Koksnes paraugi piestiprināti paraugu turētājam ar speciālo līmi, apputīnāti ar zeltu un pētīti ar JEOL skenējošo elektronu mikroskopu JSM 840 A, 15 kV pieaugošā spriegumā. Elektronu mikrogrāfijas saglabātas PC datu bāzē kā TIF faili. Šajā pētījumā iekļauti tikai vēlīnās koksnes šūnu attēli, jo to biežajām šūnu sienām bija izteiktākas strukturālās izmaiņas pēc sēņu iedarbības, salīdzinot ar agrīno šūnu plānajām sienām.

## Rezultāti un diskusija

### Koksnes sēņu izplatība muzeja celtnēs

Latvijas Etnogrāfiskajā brīvdabas muzejā uz koka konstrukcijām ievāktas un identificētas 58 koksnes sēņu sugas. Visas reģistrētās sugas, to ekoloģiskais statuss, trupes veids un taksonomija parādīti 1. tabulā. Vairums sugu pieder *Basidiomycota* (51) nodalījumam, ar biežāk pārstāvētām *Polyporales*, *Hymenochaetales* un *Agaricales* rindām. Pārējās sugas pieder *Ascomycota* (3) un *Protozoa* (*Myxomycota*) (4) nodalījumiem. Visas sugas bija saprobi, kas auga uz iekštelpu un ārējām koka konstrukcijām. Vairums reģistrēto sugu ir tipiskas skujkoksnes noārdītājas, kas arī bija sagaidāms, jo priedes un egles koksne izmantota kā galvenais celtniecības materiāls. Atsevišķas konstrukcijas, kas veidotas no lapu koksnes, bija inficētas ar šiem kokiem raksturīgām sēnēm. Piemēram, uz ratu lokāmās ierīces atrasta bazīdijsēne *Coriopsis gallica*, kas ir tipiska lapu koksnes noārdītāja.

Dažos gadījumos ēkas un citas koka konstrukcijas bija nopietni cietušas no koksnes trupes sēņu bojājumiem. Visvairāk bojātie muzeja koka objekti bija:

- 1) ostas noliktava, Kurzeme, Liepāja, 1697. g. (deviņas sēņu sugas) (1. att.);
- 2) vārāmais namiņš – slietenis, Ainaži, 1850. g. (septiņas sugas) (2. att.);
- 3) seni bišu stropi pie dzīvojamās rījas, Vidzeme, Jeri, 19. gs. (sešas sugas) (3. att.);
- 4) kalpu rinka – atjaunota pēc ugunsgrēka, no 2005. g., Zemgale, Sīpele (četras sugas) (4. att.);
- 5) pirts jumta konstrukcija, Vidzeme, Tirza, 1840. g. (trīs sugas).

Vairumā gadījumu (64) sēņu materiāls ievākts no ārējām koka konstrukcijām – jumtiem, ārsienām, sliekšņiem, sētām, mietiem, bluķiem, soliem, bišu stropiem u.c., bet iekštelpās sēnes atrastas tikai 13 gadījumos.

Iekštelpās visbiežāk bija bojātas griestu sijas, uz kurām atrastas astoņas sugas, galvenokārt

I. tabula / Table 1

Latvijas Etnogrāfiskā brīvdabas muzeja celtniecības objektos identificēto sēņu taksonomija, ekoloģija un trupes veids  
 Taxonomy, ecology and decay type of fungi identified in wooden objects of the Latvian Ethnographic Open-Air Museum

Ģints / Genus	Suga / Species	Autori / Authors	Taksonomija: rinda/dzimta / Taxonomy: order/family	Iekšējpu koksne / Interior wood	Ārējā koksne / Exterior wood	Trupe: B/W** Rot: B/W**
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>Agaricus</i>	<i>bisporus</i>	(J.E. Lange) Imbach	<i>Agaricales,</i> <i>Agaricaceae</i>	ķieģeļu grīda / brick floor	–	–
<i>Aleurodiscus*</i>	<i>fennicus</i>	Laurila	<i>Russulales,</i> <i>Stereaceae</i>	–	sēta / fence	W
<i>Antrodia</i>	<i>sinuosa</i>	(Fr.) P. Karst.	<i>Polyporales,</i> <i>Fomitopsidaceae</i>	–	jumta konstrukcija / roof construction	B
<i>Antrodia</i>	sp.		<i>Polyporales,</i> <i>Fomitopsidaceae</i>	–	sliksnis / doorstep	B
<i>Antrodia</i>	<i>xantha</i>	(Fr.) Ryvarden	<i>Polyporales,</i> <i>Fomitopsidaceae</i>	–	bluķis / log	B
<i>Arctomyces</i>	<i>pyxidatus</i>	(Pers.) Jülich	<i>Russulales,</i> <i>Auriscalpiaceae</i>	–	bišu strops / beehive	W
<i>Athelia*</i>	<i>decepiens</i>	(Höhn. & Litsch.) J. Erikss.	<i>Atheliales,</i> <i>Atheliaceae</i>	–	bišu strops / beehive	W
<i>Athelia</i>	<i>epiphylla</i>	Pers.	<i>Atheliales,</i> <i>Atheliaceae</i>	–	guļbūves siena / loghouse wall	W
<i>Athelia</i>	<i>neuhoffii</i>	(Bres.) Donk	<i>Atheliales,</i> <i>Atheliaceae</i>	–	sienas dēlis, mālu mīcāmā ierīce, jumta dēji / wall, pug mill, roof boards	W
<i>Botryobasidium</i>	<i>candicans</i>	J. Erikss.	<i>Cantharellales,</i> <i>Botryobasidiaceae</i>	–	jumta dēji / roof boards	W
<i>Botryobasidium</i>	<i>laeve</i>	(J. Erikss.) Parnasto	<i>Cantharellales,</i> <i>Botryobasidiaceae</i>	–	sēta / fence	W
<i>Botryobasidium</i>	<i>subcoronatum</i>	(Höhn. & Litsch.) Donk	<i>Cantharellales,</i> <i>Botryobasidiaceae</i>	–	jumta dēlis / roof board	W
<i>Botryobasidium*</i>	<i>vagum</i>	(Berk. & M.A. Curtis) D.P. Rogers	<i>Cantharellales,</i> <i>Botryobasidiaceae</i>	–	slieteņa kārts / pole	W

1. tabulas turpinājums / Table 1 (continued)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>Comariclia</i>	<i>nigra</i>	(Pers.) J. Schröt.	Protozoa ( <i>Myxomycota</i> ), <i>Stemonitales</i> , <i>Stemonitidaceae</i>	griestu sija / ceiling beam	–	–
<i>Coniophora</i>	<i>puteana</i>	(Schumach.) P. Karst.	<i>Boletales</i> , <i>Coniophoraceae</i>	griestu sija / ceiling beam	sienas dēlis / wall board	B
<i>Coriopsis</i>	<i>gallica</i>	(Fr.) Ryvarden	<i>Polyporales</i> , <i>Polyporaceae</i>	ratu lokāmā, ierīce / wheel making device	–	W
<i>Crustoderma*</i>	<i>dryinum</i>	(Berk. & M.A. Curtis) Parmasto	<i>Polyporales</i> , <i>Meruliaceae</i>	griestu sija / ceiling beam	bluķis / log	B
<i>Dacryobolus</i>	<i>sudans</i>	(Alb. & Schwein.) Fr.	<i>Polyporales</i> , <i>Fomitopsidaceae</i>	–	sēta / fence	W
<i>Dasycephalus</i>	sp.		<i>Ascomycota</i> , <i>Helotiales</i> , <i>Hyaloscyphaceae</i>	–	jumta skaida / roof shingle	–
<i>Enteridium</i>	<i>lycoperdon</i>	(Bull.) M.L. Farr	Protozoa ( <i>Myxomycota</i> ), <i>Liceales</i> , <i>Reticulariaceae</i>	–	aka / well	–
<i>Fibroporia</i>	<i>vaitilantii</i>	(DC.) Parmasto	<i>Polyporales</i> , <i>Polyporaceae</i>	–	sols / bench	B
<i>Galerina</i>	<i>hypnorum</i>	(Schrank) Kühner	<i>Agaricales</i> , <i>Cortinariaceae</i>	–	slieteņa kārts / pole	W
<i>Gloeocystidiellum</i>	<i>luridum</i>	(Bres.) Boidin	<i>Russulales</i> , <i>Stereaceae</i>	bišu strops / beehive	–	W
<i>Gloeophyllum</i>	<i>abietinum</i>	(Bull.) P. Karst.	<i>Gloeophyllales</i> , <i>Gloeophyllaceae</i>	–	sēta, slieteņa kārts / fence, pole	B
<i>Gloeophyllum</i>	<i>sepiarium</i>	(Wulfen) P. Karst.	<i>Gloeophyllales</i> , <i>Gloeophyllaceae</i>	–	sēta, lievenis, jumta kārtis / fence, porch, roof poles	B
<i>Gloeophyllum</i>	<i>trabeum</i>	(Pers.) Murrill	<i>Gloeophyllales</i> , <i>Gloeophyllaceae</i>	–	bišu stropa balsti / support for beehive	B
<i>Gloiothele</i>	<i>citrina</i>	(Pers.) Ginns & G.W. Freeman	<i>Russulales</i> , <i>Peniophoraceae</i>	griestu dēlis / ceiling board	sēta / fence	W
<i>Haplotrichum</i>	<i>capitatum</i>	(Link) Link	<i>Cantharellales</i> , <i>Botryobasidiaceae</i>	–	sēta / fence	W

1. tabulas turpinājums / Table 1 (continued)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>Hyphodema</i> *	<i>obtusiforme</i>	J. Erikss. & Å. Strid	<i>Polyporales, Meruliaceae</i>	–	jumta skaida, jumta dēlis / roof shingle, roof board	W
<i>Hyphoderma</i>	<i>praetermissum</i>	(P. Karst.) J. Erikss. & Å. Strid	<i>Polyporales, Meruliaceae</i>	–	guļbūves siena / loghouse wall	W
<i>Hyphoderma</i>	<i>puberum</i>	(Fr.) Wallr.	<i>Polyporales, Meruliaceae</i>	–	sēta / fence	W
<i>Hyphodontia</i>	<i>alutaria</i>	(Burt) J. Erikss.	<i>Hymenochaetales, Schizoporaceae</i>	–	jumta konstrukcija / roof construction	W
<i>Hyphodontia</i>	<i>arguta</i>	(Fr.) J. Erikss.	<i>Hymenochaetales, Schizoporaceae</i>	griestu sija / ceiling beam	–	W
<i>Hyphodontia</i>	<i>aspera</i>	(Fr.) J. Erikss.	<i>Hymenochaetales, Schizoporaceae</i>	–	siena, koka noteka / wall, drainpipe	W
<i>Hyphodontia</i> *	<i>detritica</i>	(Bourd.) J. Erikss.	<i>Hymenochaetales, Schizoporaceae</i>	–	jumta dēļi / roof boards	W
<i>Hypochnicium</i>	<i>punctulatum</i>	(Cooke) J. Erikss.	<i>Polyporales, Meruliaceae</i>	–	jumta konstrukcija / roof construction	W
<i>Lycogala</i>	<i>epidendrum</i>	(L.) Fr.	<i>Protozoa (Myxomycota), Liceales, Reticulariaceae</i>	–	sēta, bišu strops / fence, beehive	–
<i>Mycena</i>	<i>silvae-nigrae</i>	Maas Geest.	<i>Agaricales, Mycenaceae</i>	–	slīeteņa kārts / pole	W
<i>Mycena</i>	<i>stipitata</i>	Maas Geest. & Schwöbel	<i>Agaricales, Mycenaceae</i>	griestu sija / ceiling beam	lieveņa balkis, slīeteņa kārts / log, pole	W
<i>Phlebiopsis</i>	<i>gigantea</i>	(Fr.) Jülich	<i>Polyporales, Phanerochaetales</i>	griestu sija / ceiling beam	guļbūves siena / loghouse wall	W
<i>Postia</i>	<i>fragilis</i>	(Fr.) Jülich	<i>Polyporales, Fomitopsidaceae</i>	–	slīeteņa kārts / pole	B
<i>Postia</i>	<i>guttulata</i>	(Peck) Jülich	<i>Polyporales, Fomitopsidaceae</i>	–	sēta / fence	B
<i>Postia</i>	<i>tephroleuca</i>	(Fr.) Jülich	<i>Polyporales, Fomitopsidaceae</i>	–	bišu strops / beehive	B
<i>Resinicium</i>	<i>bicolor</i>	(Alb. & Schwein.) Parmasto	<i>Hymenochaetales, Rickenellaceae</i>	–	sēta / fence	W

1. tabulas nobeigums / Table 1 (concluded)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>Schizophyllum</i>	<i>commune</i>	Fr.	<i>Agaricales, Schizophyllaceae</i>	–	guļbūves siena, bišu strops / loghouse wall, beehive	W
<i>Scleroderma</i>	<i>areolatum</i>	Ehrenb.	<i>Boletales, Sclerodermataceae</i>	ķieģeļu grīda / brick floor	–	–
<i>Sebacina</i>	<i>calcea</i>	(Pers.) Bres	<i>Sebacinales, Sebacinaceae</i>	–	sēta / fence	W
<i>Serpula</i>	<i>lacrymans</i>	(Wulfen) J. Schröt.	<i>Boletales, Serpulaceae</i>	grīda / floor	–	B
<i>Stereum</i>	<i>sanguinolentum</i>	(Alb. & Schwein.) Fr.	<i>Russulales, Stereaceae</i>	–	koka noteka / wood drainpipe	W
<i>Tapesia</i>	sp.		<i>Ascomycota, Helotiales, Dermataceae</i>	–	jumta skaida / roof shingle	–
<i>Tapinella</i>	<i>panuoides</i>	(Fr.) E.-J. Gilbert	<i>Boletales, Tapinellaceae</i>	griestu sija / ceiling beam	jumta dēji / roof boards	B
<i>Tomentella</i>	<i>cf. cinerascens</i>	(P. Karst.) Höhn. & Litsch.	<i>Thelephorales, Thelephoraceae</i>	–	sēta / fence	–
<i>Tomentella</i>	<i>terrestris</i>	(Berk. & Broome) M.J. Larsen	<i>Thelephorales, Thelephoraceae</i>	–	sienas dēlis / wall board	–
<i>Trechispora*</i>	<i>farinacea</i>	(Pers.) Liberta	<i>Trechisporales, Hydnodontaceae</i>	–	jumta dēlis / roof board	W
<i>Trichaptum</i>	<i>fuscoviolaceum</i>	(Ehrenb.) Ryvarden	<i>Polyporales, Polyporaceae</i>	–	guļbūves ārsiena / loghouse wall	W
<i>Trichoderma</i>	<i>viride</i>	Pers.	<i>Ascomycota, Hypocreales, Hypocreaceae</i>	–	bluķis / log	–
<i>Tubifera</i>	<i>ferruginosa</i>	(Batsch) J.F. Gmel.	<i>Protozoa (Myxomycota), Liceales, Reticulariaceae</i>	–	sēta, siena / fence, wall	–
<i>Tubulicrinis*</i>	<i>gracillimus</i>	(Ellis & Everh. ex D.P. Rogers & H.S. Jacks.) G. Cunn.	<i>Polyporales, Tubulicrinaceae</i>	–	slieteņa kārts, koka noteka / pole, wood drainpipe	W
<i>Tubulicrinis*</i>	<i>subulatus</i>	(Bourdot & Galzin) Donk	<i>Polyporales, Tubulicrinaceae</i>	–	jumta skaida / roof shingle	W

\* Pirmo reizi Latvijā reģistrētās sēņu sugas. / New fungal species for Latvian mycobiota.

\*\* B – brūnā trupe / brown-rot; W – baltā trupe / white-rot.



bazīdijsēnes. Griestu bojājumus izraisīja augsts mitruma saturs, kas veidojās no tekošiem jumtiem. Visplašākie koksnes bojājumi atklāti ostas noliktavas ēkā (Kurzeme, Liepāja, 1697. g.) (1. att.), kur griestu konstrukcijā identificētas septiņas sugas: kortikoīdās sēnes *Coniophora puteana*, *Crustoderma dryinum*, *Hyphodontia arguta*, *Phlebiopsis gigantea*, gļotsēne *Comatricha nigra*, cepurišu sēnes *Mycena stipata* un *Tapinella panuoides* kā augstas destruktīvas pakāpes indikatori (5. att.). Turklāt noliktavas grīdā konstatētas divas bazīdijsēņu sugas – *Agaricus bisporus* un *Scleroderma areolatum*.

No ārējām koka konstrukcijām visbiežāk bijainficēti ēku jumti, sienas un sētas. Uz jumta konstrukcijām (dēļiem, latām, skaidām) atrastas 15 koksnes sēnes. Vairums no reģistrētajām sugām (9) bija kortīcijas, parastākās no tām – *Botryobasidium subcoronatum*, *Hyphoderma obtusifforme*, *Hyphodontia alutaria* un *Trechispora farinacea*. Poroīdās sugas *Antrodia sinuosa* un *Gloeophyllum sepiarium* bija raksturīgas jumta struktūru noārdītājas. Abas sugas ir bīstamas celtniecības koksnei, jo izraisa brūno trupi, kuras rezultātā koksne ātri zaudē izturību.

Uz koka sētām atrastas 14 sēņu sugas, no tām 12 bazīdijsēnes (galvenokārt kortīcijas), un divas gļotsēnes. Parastākās sugas uz sētām bija kortīcijas *Dacryobolus sudans*, *Gloiothele citrina* un *Resinicium bicolor*, kā arī poroīdās sugas *Gloeophyllum abietinum* un *G. sepiarium*. Bazīdijsēne *Aleurodiscus fennicus*, kas parasti aug uz egles koksnes, Brīvdabas muzejā atrasta uz lapu koku sētas.

Uz Brīvdabas muzeja ēku ārsienām savāktas un identificētas 11 koksnes sēņu sugas, galvenokārt kortīcijas. Brūnās trupes bazīdijsēne *Coniophora puteana*, viena no visbiežāk sastopamām ēku sēnēm, atrasta gan ārsienās, gan iekštelpu struktūrās.

### Nozīmīgākās sēnes Brīvdabas muzeja koka objektos

Visbiežāk muzeja koka konstrukcijās reģistrētas *Gloeophyllum* ģints sugas (septiņi gadījumi), *Athelia* un *Hyphoderma* (pieci gadījumi), *Antrodia*, *Botryobasidium*, *Hyphodontia* un *Mycena* (četri gadījumi), bet *Postia* un *Tubulicrinis* ģintis – trīs gadījumos. Pārējās sēnes celtniecības koksne



5. att. Ostas noliktavas ēkas (Kurzeme, Liepāja, 1697. g.) griestu sijās identificētas koksnes sēnes *Coniophora puteana*, *Crustoderma dryinum*, *Hyphodontia arguta*, *Phlebiopsis gigantea*, *Comatricha nigra*, *Mycena stipata* un *Tapinella panuoides*.

Fig. 5. Wood inhabiting fungi *Coniophora puteana*, *Crustoderma dryinum*, *Hyphodontia arguta*, *Phlebiopsis gigantea*, *Comatricha nigra*, *Mycena stipata* and *Tapinella panuoides* were identified in the ceiling beams of harbour warehouse (Kurzeme, Liepāja, 1697).

reģistrētas retāk. *Serpula lacrymans* jeb īstā mājassēne, kas ir bīstamākā celtniecības koksnes noārdītāja Eiropas mērenā klimata joslā, Latvijas Brīvdabas muzejā atrasta 17. gs. muižas dzīvojamās ēkas (Baložu muiža) grīdā. Šī ēka nav paredzēta apmeklētāju apskatei. No 1937. gada līdz 2005. gadam tā kalpojusi kā saimnieciska ēka, kurā bija izveidojušies piemēroti apstākļi (tekoši ūdensvadi u.c.) īstās mājassēnes attīstībai. Mūsu iepriekšējie pētījumi (Irbe et al., 2001; Irbe u.c., 2009) parādīja, ka kopumā *S. lacrymans* ir plaši izplatīta Latvijā. Līdz šim sēne atrasta gandrīz visos Latvijas rajonos, un ēkās tā bija sastopama 47% gadījumā.

Vairums identificēto koksnes sēņu piederēja kortīciju grupai (28). Ar *Corticaceae* s.lat. saprot kortīciju grupu plašākā nozīmē, kura nav dabisks taksons, bet sugu kopums ar līdzīgām īpašībām (Hjortstam et al., 1987-1988). Kortīcijas ir bazīdijsēnes ar vienkāršiem garozveida auglķermeņiem. Vairums sugu pieder koksni noārdošiem organismiem, kas enerģiju iegūst, noārdot koksnes substrātu – celulozi vai lignīnu. Kortīcijām ilgu laiku piešķir sekundāru lomu koksnes noārdīšanā, bet pēdējā laikā pierādīts, ka tās aktīvi noārda koksni, galvenokārt izraisot koksnes balto trupi (Bech-Andersen, 1995). Mūsu pētījumā kortīcijas identificētas līdz sugai, lai parādītu šo sēņu lielo daudzveidību celtniecības koksne.

Deviņas kortīciju sugas Latvijā reģistrētas pirmo reizi: *Aleurodiscus fennicus*, *Athelia decipiens*, *Botryobasidium vagum*, *Crustoderma dryinum* (6. att.), *Hyphoderma obtusifforme*, *Hyphodontia detritica* (7. att.), *Trechispora farinacea*, *Tubulicrinis gracillimus* un *Tubulicrinis subulatus* (8. att.).

Brīvdabas muzeja ārējās konstrukcijās atrastas trīs *Gloeophyllum* sugas: *G. sepiarium*, *G. abietinum* un *G. trabeum*. *Gloeophyllum* sugas neatradām logu struktūrās, lai gan citās Eiropas valstīs tās ir bīstamākās mūsdienu logu rāmju noārdītājas. Sēnes inficē logu rāmjus, kuri regulāri uzkrāj mitrumu nepareizas konstrukcijas dēļ. Modernie logi ar koka apmalēm, kas nostiprina loga rūtī, tiek pilnībā noārdīti piecu gadu laikā (Bech-Andersen, 1995; Schmidt, 2006). *Gloeophyllum trabeum*, kas iekļauta Eiropas standarta LVS EN 113 (European Standard EN 113, 2000) obligāto sēņu sarakstā, pirmo reizi konstrukciju koksne (uz senu bišu stropu balstiem) atrasta Latvijas Brīvdabas muzeja teritorijā. Uzskata (Meiere, 2002), ka šī suga ir ļoti reta Latvijā. *G. trabeum* attīstās skuju un lapu koku kodolkoksnē, tādēļ par sēnes klātbūtni bieži liecina vienīgi auglķermeņi, kuri parādas, kad koksne iekšpusē ir pilnīgi noārdīta. *G. trabeum* veido sēdošus, puslokveida, kanēļa brūnus auglķermeņus ar bālu apmali. Atšķirībā no pārējām *Gloeophyllum* sugām, *G. trabeum* raksturīga morfoloģiskā pazīme ir apaļas vai dažkārt iegarenas poras. Koksnes mikroskopija (SEM) parādīja, ka sēne koksnes

šūnu dobumos veido bezkrāsainas hifas ar parastām un medaljonu sprādzēm (9. att.).

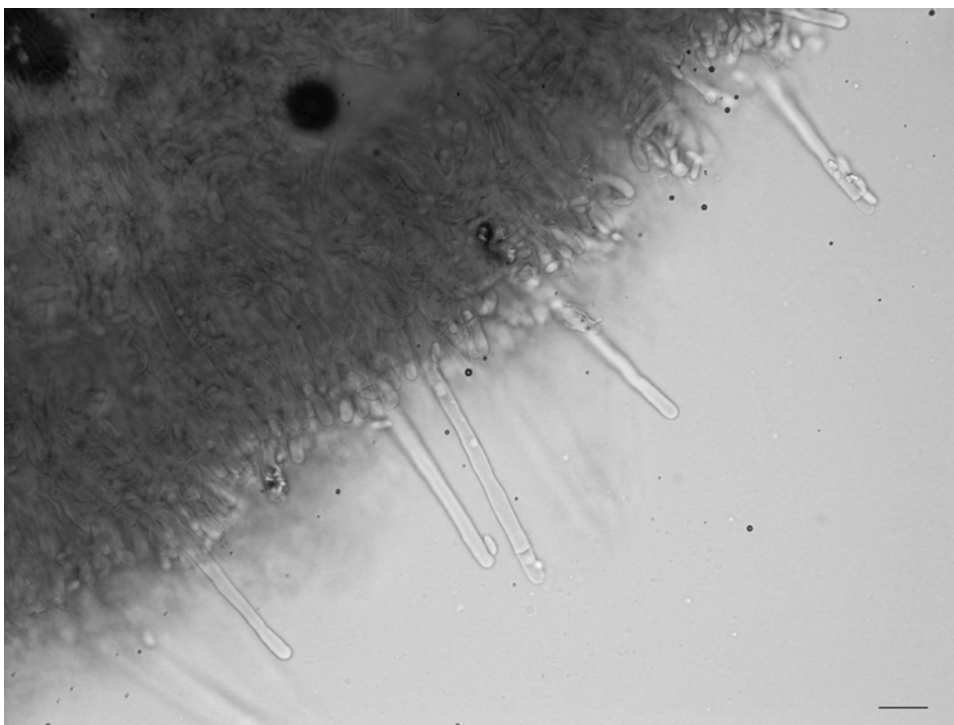
### Baltās un brūnās trupes sēnes muzeja konstrukcijās

Brīvdabas muzeja koka konstrukcijās reģistrētas 13 brūnās trupes un 34 baltās trupes sēņu sugas. Brūnās trupes sēnes noārda koksnes polisaharīdus – celulozi un hemicelulozes –, izraisot strauju koksnes stiprības zudumu. Savukārt baltās trupes sēnes noārda gan lignīnu, gan polisaharīdus. Brūnā trupe ir raksturīga skujkokiem, bet baltā trupe – lapu kokiem (Eriksson et al., 1990).

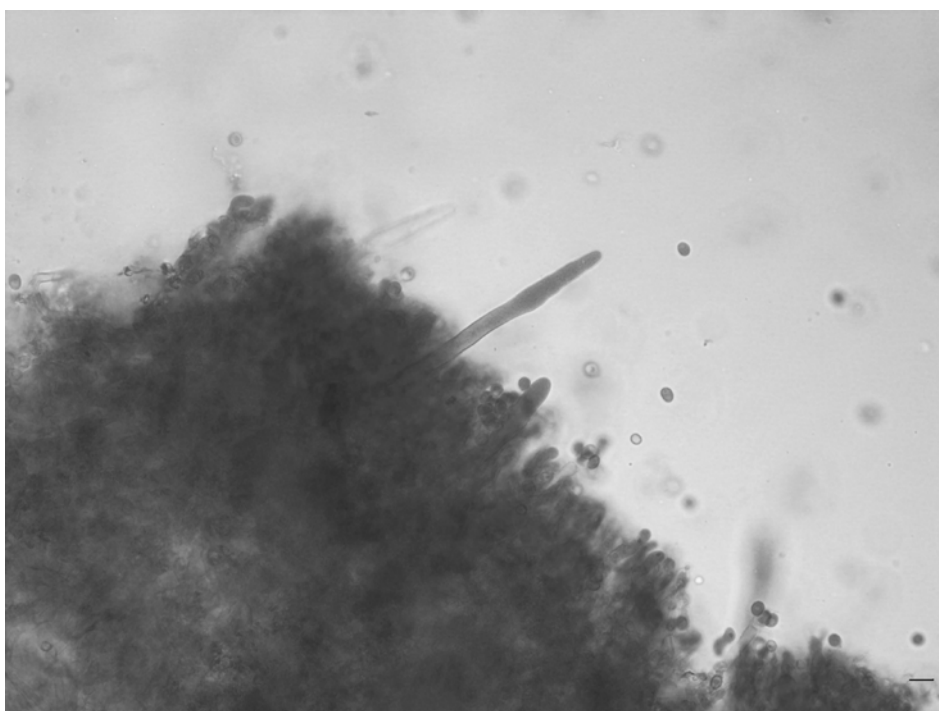
1. tabulā redzams, ka lielāka sugu daudzveidība ir baltās trupes sēnēm, kas Brīvdabas muzejā atrastas divarpus reizes vairāk nekā brūnās trupes sēnes. Arī mūsu iepriekšējā pētījuma rezultāti (Irbe u.c., 2009) apstiprināja baltās trupes sēņu ievērojamu pārsvaru pār brūnās trupes sēnēm Latvijas celtnēs. Taču pēc reģistrēto bojājumu gadījumu skaita brūnās trupes sēnes Latvijas celtniecības objektos iepriekš konstatētas daudz biežāk (78.1%) nekā baltās trupes sēnes (21.9%). Brūnās trupes sēnes iekšpāpās bija sastopamas daudz biežāk (83%) nekā ārējā koksne (17%), un vairums iekšpāpās sastopamo sēņu izraisīja koksnes brūno trupi. Pēc literatūras (Green, Highley, 1995), nozīmīgākās koksni noārdošās sēnes Eiropas un Ziemeļamerikas ēkās ir brūnās trupes izraisītājas skujkokiem. Savukārt baltās trupes sēnes, kuras galvenokārt noārda lapu kokus, ēkās ir sastopamas retāk (Singh, 1994).

Brūnās trupes bīstamību celtniecības koksnes noārdīšanā saista ar sēņu metabolītu destruktīvo iedarbību uz celulozi. Celulozes mikrofibrillas nodrošina koksnes stiprību un lielā mērā nosaka tās mehāniskās un fizikālās īpašības. Brūnās trupes sēnes *Coniophora puteana* noārdītas priedes koksnes mikromorfoloģija parādīta 10. attēlā. Redzams, ka koksnes šūnu apjoms samazinājies, šūnu sienīgas sarāvušas un kļuvušas viļņainas. Koksne pēc celulozes noārdīšanas galvenokārt satur modificētu lignīnu, kas piešķir brūnai trupei raksturīgās makromorfoloģiskās pazīmes – brūnu, saplaisājušu, trauslu koksnes atlikuma masu.

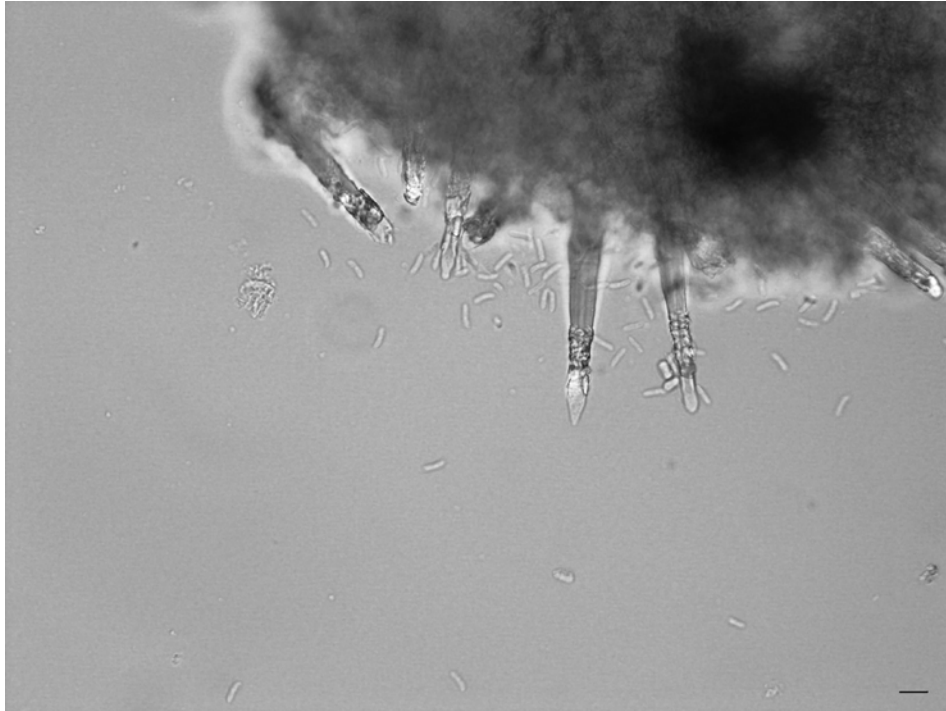
Latvijas Etnogrāfiskajā Brīvdabas muzejā brūnās trupes sēņu bojājumi reģistrēti divas reizes retāk (21 gadījums) nekā baltās trupes bojājumi (43 gadījumi). Šī atšķirība skaidrojama ar to, ka Brīvdabas muzejā vairums sēņu atrastas ārējās koka konstrukcijās, kur parasti dominē baltās trupes sēnes. Vairums baltās trupes sēņu sugu piederēja kortīcijām, kas atrastas uz skuju koksnes – galvenā celtniecības materiāla Brīvdabas muzejā. Uzskata (Hjortstam et al., 1987-1988), ka Ziemeļeiropā lielākā kortīciju daudzveidība ir sastopama uz skuju kokiem, biežāk uz egles nekā priedes. Pēc literatūras (Hjortstam et al., 1987-1988), kortīcijas mežu ekosistēmās parasti



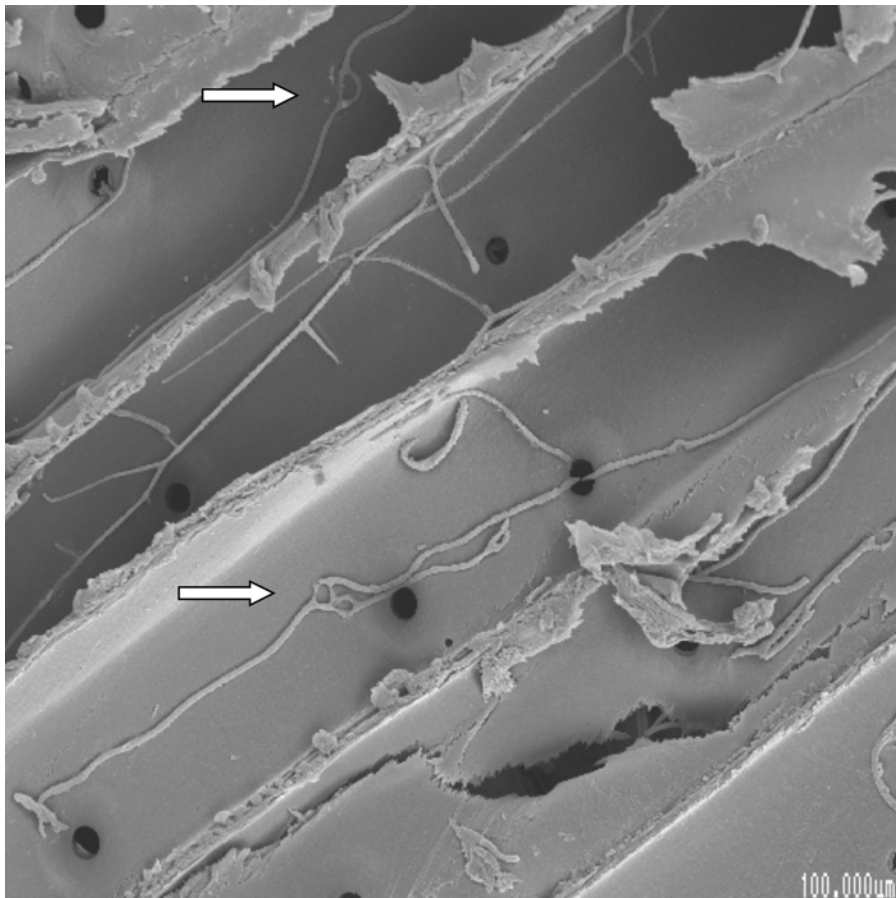
6. att. Kortīcijas *Crustoderma dryinum* cistīdijas un sporas (mēroga līnija – 20  $\mu$ m).  
Fig. 6. Cystidia and spores of the corticoid species *Crustoderma dryinum* (bar – 20  $\mu$ m).



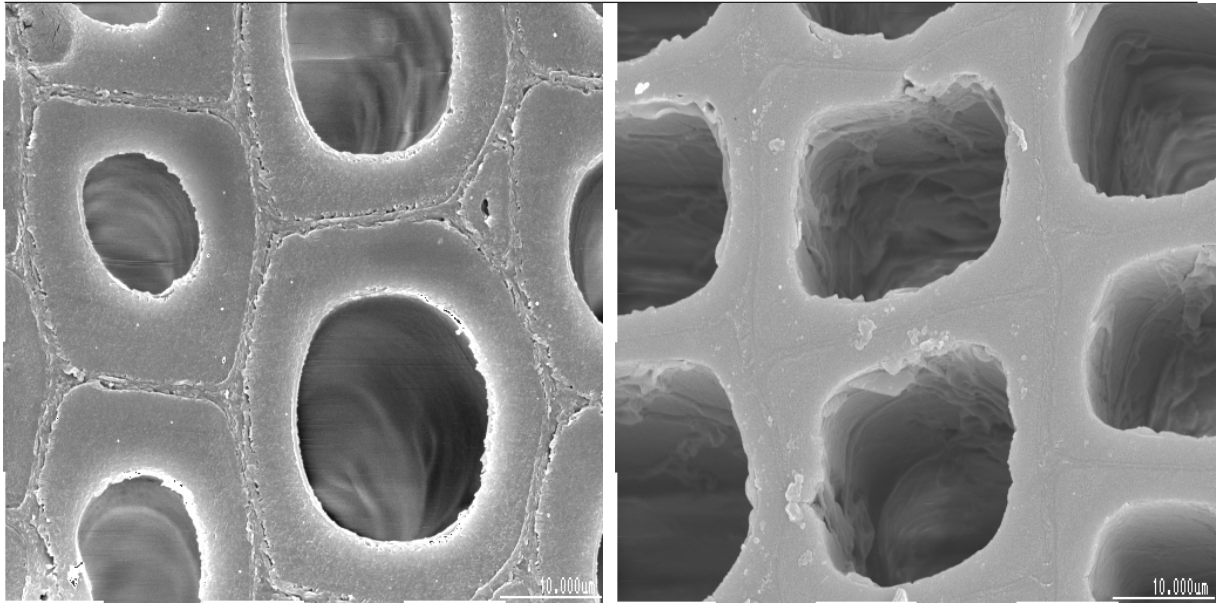
7. att. Kortīcijas *Hyphodontia detritica* cistīdijas un sporas (mēroga līnija – 10  $\mu$ m).  
Fig. 7. Cystidia and spores of the corticoid species *Hyphodontia detritica* (bar – 10  $\mu$ m).



8. att. Kortīcijas *Tubulicrinis subulatus* liocistīdijas un sporas (mēroga līnija – 10 μm).  
Fig. 8. Lyocystidia and spores of the corticoid species *Tubulicrinis subulatus* (bar – 10 μm).



9. att. *Gloeophyllum trabeum* hifas ar medaljonu sprādzēm (bultiņas) koksnes šūnu dobumos (SEM).  
Fig. 9. *Gloeophyllum trabeum* hyphae with medallion clamps (arrows) in the lumina of wood cells (SEM).



10. att. Priedes koksnes šķēsgriezums: (a) veselas koksnes šūnas un (b) brūnās trupes sēnes *Coniophora puteana* noārdītas koksnes mikromorfoloģija, SEM.  
Fig. 10. Cross section of the pine wood: (a) sound wood cells, and (b) micromorphology of decayed wood after attack of brown-rot fungus *Coniophora puteana*, SEM.

atrodams uz kritušiem kokiem, bet kā piemērots substrāts šo sēņu attīstībai tiek minēti arī dažādi konstrukciju materiāli. Uz konstrukcijām atrastā mikrobiota ir diezgan līdzīga tai, kas attīstās uz kritušiem bezmizas stumbriem klajās, saulainās vietās, kur substrāts ātri apžūst pēc lietus. Ir zināms (Ryvarden, 1991), ka mežu ekosistēmās tikai maza daļa no zināmajām trupes sēnēm izraisa brūno trupi. Eiropā brūnās trupes sēņu sugas veido 22%, bet Ziemeļamerikā – 18% no kopējā trupes sēņu sugu skaita. Domājams, ka Brīvdabas muzejā, kas atrodas mežainā vidē, veidojušies labvēlīgi apstākļi kortīciju attīstībai koka konstrukcijās, it īpaši ārējā koksne. Arī mūsu iepriekš apsekotajās Āraišu un Lielvārdes koka pilīs, kas būvētas no skujkokiem, ārējās koka konstrukcijas bija noārdītas biežāk, un tajās, tāpat kā Brīvdabas muzejā, dominēja baltās trupes sēnes.

No iepriekš minētā var secināt, ka skujkoku izmantošana celtniecībā vēl nenorāda, ka šajā koksne dominēs brūnās trupes sēnes, kas raksturīgas skujkokiem. Lai raksturotu koksnes sēnes un to izraisītos bojājumus pētāmajos objektos, ir jāizvērtē vairāki kritēriji: sugu daudzveidība, sugu sastopamības biežums, bojājumi iekšējā un ārējā koksne.

### Secinājumi

1. Latvijas Etnogrāfiskajā brīvdabas muzejā apsektas 78 senceltnes, no kurām vairums bija labi saglabājušas, izņemot atsevišķas ēkas un

konstrukcijas (sētas), kurās konstatēti būtiski koksnes trupes sēņu bojājumi. Ārējās koka konstrukcijās sēnes atrastas piecas reizes biežāk nekā iekšējo konstrukciju koksne.

2. Brīvdabas muzeja koka konstrukcijās identificētas 58 koksnes sēņu sugas no *Basidiomycota*, *Ascomycota* un *Protozoa* (*Myxomycota*) nodalījumiem. Vairums koksnes sēņu piederēja kortīciju grupai. Deviņas kortīciju sugas Latvijā reģistrētas pirmo reizi.
3. Brīvdabas muzeja objektos identificēto baltās trupes sēņu sastopamības biežums bija divas reizes un daudzveidība – divarpus reizes lielāka, salīdzinot ar brūno trupi, kas skaidrojams ar baltās trupes sēņu plašo izplatību ārējo konstrukciju koksne.
4. Sēņu daudzveidību un sastopamības biežumu celtniecības koksne ietekmēja substrāts (skuju vai lapu koksne) un bojājumu lokalizācija iekšējā vai ārējā koksne.

### Literatūra

1. Bech-Andersen, J. (1995) *The dry rot fungus and other fungi in houses*. Hussvamp Laboratoriet ApS, Holte, Denmark, 139 pp.
2. Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1984-2005) *Fungi of Switzerland*. Vols 1-6. Verlag Mykologia, Lucerne, Switzerland.
3. Eriksson, J., Hjortstam, K., Ryvarden, L. (1978-1984) *The Corticiaceae of North Europe*. Vols 2-4. Fungiflora, Oslo.

4. Eriksson, J., Ryvardeen, L. (1973-1976) *The Corticiaceae of North Europe*. Vols 5-7. Fungiflora, Oslo.
5. Eriksson, K. E., Blanchette, R. A., Ander, P. (1990) *Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components*. Springer Verlag, Berlin, 407 pp.
6. *European Standard EN 113*. (2000) Wood preservatives. Method of test for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes. CEN, Brussels, 32 pp.
7. Green, F., Highley, T. L. (1995) The long road to understanding brown-rot decay – a view from the ditch. *Document IRG/ WP 95-10101*. IRG Secretariat, Stockholm, 18 pp.
8. Hansen, L., Knudsen, H. (2000) *Nordic Macromycetes. I. Ascomycetes*. Nordswamp, Copenhagen, 309 pp.
9. Hjortstam, K., Larsoon, K., Ryvardeen, L. (1987-1988) *The Corticiaceae of North Europe*. Vols 1 and 8. Fungiflora, Oslo.
10. *Index Fungorum* database (2004): <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> – Resurss apraksts 27.08.2009.
11. Irbe, I., Andersone, I., Andersons, B. (2009) Koksnes trupes sēņu un krāsojošo sēņu daudzveidība un izplatība Latvijas ēkās. *LLU Raksti*, Nr. 23 (318), 91-102.
12. Irbe, I., Andersone, I., Andersons, B. (2001) Distribution of the true dry rot fungus *Serpula lacrymans* in Latvia. *Folia Cryptogamica Estonia*, 38, 9-12.
13. Jülich, W. (1984) *Die Nichtblätterpilze, Galertpilze und Bauchpilze*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 626 pp.
14. Meiere, D. (2002) Latvijas piepju konspekts. *Latvijas veģetācija*, 5, 7-41.
15. Moser, M. (1984) *Die Roehrlinge und Blaetterpilze*. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena, 532 pp.
16. Neubert, H., Nowotny, W., Baumann, K. (1993-2000) *Die Myxomyceten*. Band 1-3. Karlheinz Baumann Verlag, Gomaringen, Deutschland.
17. Rayner, A. D., Boddy, L. (1988) *Fungal decomposition of wood*. Wiley & Sons Ltd., England, N.Y., 586 pp.
18. Ryvardeen, L., Gilbertson, R. L. (1993-1994) *European Polypores*. Vols 1-2. Fungiflora, Oslo.
19. Ryvardeen, L. (1991) *Genera of Polypores*. Fungiflora, Oslo, 363 pp.
20. Samson, A. R., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., Filtenborg, O. (2002) *Introduction to food and airborne fungi*. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Utrecht, The Netherlands, 389 pp.
21. Schmidt, O. (2006) *Wood and tree fungi*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 334 pp.
22. Singh, J. (1994) *Building mycology. Management of decay and health in buildings*. E & FN Spon, UK, 326 pp.

### **Pateicība**

*Pētījuma veikšanai finansējums saņemts, piedaloties Eiropas Kopienas Septītajā pamatprogrammā (FP7/2007-2013), uz ko attiecas piešķiruma nolīgums Nr. 203459 (Dr. B. Andersons).*

*Pateicamies Latvijas Etnogrāfiskā brīvdabas muzeja galvenajam krājuma glabātājam Dr. hist. Mārtiņam Kuplajam par atbalstu ēku mikoloģiskās apsekošanas veikšanai.*

*Pateicība Tallinas Tehniskās universitātes Materiālu pētījumu centra vadītājai, profesorei, Dr. habil. Urvei Kallavus par iespēju izmantot skenējošo elektronu mikroskopiju (SEM) bioloģiski noārdītas koksnes pētījumiem.*

*LLU Raksti* Nr. 23 (318)  
Atbildīgais redaktors Aldis Kārklīņš  
Iespiests Jelgavas tipogrāfijā  
Langervaldes iela 1a, Jelgava

# LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTES RAKSTI

## AUTORU IEVĒRĪBAI

**Latvijas Lauksaimniecības universitātes Raksti** ievieto publikācijas par nozīmīgiem oriģināliem, teorētiskiem un eksperimentāliem pētījumiem, kas interesē zinātnieku un nozares speciālistu auditoriju. Publicē arī nozares zinātnes pārskatus un hronikas rakstura materiālus.

Manuskriptus autori iesniedz tehniskajam redaktoram vai nu latviešu, vai angļu valodā. Personas, kas iesniedz manuskriptu, to paraksta un pilnībā atbild par iesniegtā manuskripta īpašuma tiesībām un zinātnisko līmeni. Redkolēģijai ir tiesības pakļaut manuskriptus tālākai izvērtēšanai un izņēmuma gadījumos arī noraidīt, ja tie neatbilst vispārējiem publikācijas kritērijiem vai tiek uzskatīti kā nepiemēroti *LLU Rakstiem*. Iesniedzot manuskriptus publicēšanai, autors(i) apliecinā, ka darbs nav iepriekš publicēts, nav paredzēts publicēšanai citos izdevumos, un to izlasījuši un atzinuši par labu visi autori. Autori piešķir ekskluzīvas tiesības Latvijas Lauksaimniecības universitātei iesniegtā raksta publicēšanai.

Vēlamā rakstu struktūra: **virsraksts** (raksta valodā un angļu valodā); **autors** vai autori – pilni vārdi un uzvārdi, darba vietas nosaukums (raksta valodā un angļu valodā), pilna pasta adrese, tālruna numurs, fakss, e-pasta adrese; **abstract** – kopsavilkums angļu valodā līdz 250 vārdiem vienā rindkopā izsmēļoši informē par rakstā iekļauto datu būtību; **key words** – ne vairāk kā 5 (angļu valodā); angļu valodā iesniegtiem rakstiem **kopsavilkums** – latviešu valodā vienā rindkopā; **ievads** – situācija un hipotēze; **materiāli un metodes** – pētījuma objekts, metodes un metodika, lai ikviens gūtu priekšstatu par pētījumu gaitu; **rezultāti** – teksta, tabulu, attēlu veidā ar atbilstošu datu ticamības novērtējumu un rezultātu analīzi; **diskusija** – pētījumu rezultātu interpretācija, salīdzinājums ar citu autoru līdzīgiem pētījumiem, jaunākajām zinātnes atziņām; **secinājumi**; **literatūras saraksts**. Manuskriptu apjomam nevajadzētu pārsniegt 15 lappuses – oriģinālrakstam, 20 lappuses – apskata rakstam un 6 – īsiem ziņojumiem. Manuskriptā jānumurē lappuses, attēli, tabulas un formulas.

### Teksts

Darbs jānoformē datorsalikumā programmā *MS Word* uz A4 formāta lapām, lietojot *Unicode* fontu *Times New Roman* ar izmēru 12. Pamatteksts sastāv no rindkopām. Sarežģītu un optiski grūti uztveramu burtu veidu lietošana pamattekstā nav pieļaujama. Teksta attālums no kreisās lapas malas 30 mm, no pārējām – 25 mm. Rindstarpu attālums – 1.5. Skaitļos kā decimāldalītājs jālieto punkts, nevis komats. Manuskriptā lietojamas SI sistēmas mērvienības un arī attiecīgi saīsinājumi.

### Tabulas

Tabulām jābūt veidotām programmā *MS Word* vai *Excel* un tās novietojamas teksta beigās uz atsevišķām lapām. Teksta izmērs tabulās – ne lielāks par 10 punktiem. Tabulu virsraksti, teksts tajās un paskaidrojumi pie tām tulkojami arī angļu valodā. Tabulām jābūt saprotamām arī tad, ja teksts nav lasīts. Tabulu numuri rakstāmi ar arābu cipariem labajā pusē virs tabulas virsraksta. Tās nedrīkst pārsniegt apdrukai paredzēto lapas laukumu, un tabulu zemteksta piezīmēm jābūt uz tās pašas lapas. Ja tabula turpinās uz vairākām lappusēm, tabulas galva bez virsraksta jāatkārto katrā lapā, virsraksta vietā rakstot «...tabulas turpinājums» vai «...tabulas nobeigums». Nav ieteicams veidot tabulas, kurām rindu vai kolonnu skaits mazāks par trīs. Kolonnās skaitļiem jābūt nolīdzinātiem. Daudzzīmju skaitļi jāsadala grupās pa trim. Ja kolonnā uz leju atkārtojas tas pats skaitlis vai teksts, tas jāraksta atkārtoti, nedrīkst likt atkārtojuma simboliku.

### Attēli

Diagrammas, zīmējumus un fotogrāfijas uzskata par attēliem. Attēliem jābūt melnbaltā izpildījumā un tie novietojami teksta beigās uz atsevišķām lapām. Skanētos attēlus, digitālās fotogrāfijas un zīmējumus var veidot jebkurā grafiskajā programmā, bet ievietot tos *MS Word* kā attēlus (*Picture*), nevis kā attiecīgās programmas objektus. Diagrammas ieteicams veidot *MS Excel* vai *MS Word*, izmantojot *Microsoft Graph*. Diagrammās vēlams izvairīties no fona tonējuma un ierāmējuma līniju lietošanas, tīklu līniju biezums – ½ pt, rakstzīmju izmērs – ne lielāks par 10 punktiem. Attēlos jāizvairās no uzrakstiem uz tiem. Uzrakstu vietā lietojami simboli vai cipari, kas atšifrējami zem attēla. Paraksts zem attēla sākas ar attēla numuru, tad seko nosaukums, kas atklāj vai raksturo attēlā redzamo, un tad attēlā lietoto ciparu, simbolu atšifrējums. Attēla nosaukums un visi paskaidrojumi tajā tulkojami arī angļu valodā.

### Formulas

Formulas jāraksta *MS Equation* programmā. Formulas tekstā raksta atsevišķā rindā pa vidu. Formulas numurē, numuru rakstot tajā pašā rindā starp divām apaļajām iekavām lapas labajā pusē. Formulās lietotajam pamatvienību lielumam jābūt tādām pašām kā pamattekstā. Kursīvā rakstāmi pieņemto apzīmējumu simboli. Formulās ietvertu lielumu mērvienības raksta aiz to nosaukumiem vai skaitliskajām vērtībām tekstā. Formulu paskaidrojumi rakstāmi aiz formulas, katrs savā rindā. Starp paskaidrojumu un mērvienību liek defisi, bet aiz mērvienības – semikolu, un aiz pēdējās mērvienības paskaidrojuma – punktu.

### Citējumi

Atsauces tekstā pieraksta, apaļajās iekavās ierakstot izmantotā izdevuma autoru un izdošanas gadu, piem. (Monod, 1963).

**Literatūras saraksts** darba beigās jānoformē alfabēta kārtībā, atsevišķus darbus pierakstot šādi: **žurnālu raksti** – Hahey, R., Senseman, S., Krutz, L., Hons, F. (2002) Soil carbon and nitrogen mineralization as affected by atrazine and glyphosphate. *Biol. Fertil. Soils*, 35, pp. 35-40; **grāmatas** – *Lauksaimniecības ilgtermiņa investīciju kreditēšanas programma*. (2001) LR Zemkopības ministrija, Rīga, 20 lpp.; **grāmatu nodaļas** – Carrey, E. A. (1989) Peptide mapping. In: *Protein Structure*. Creighton, T. E. (ed.) ILR Press, Oxford, pp. 191-224.; **INTERNET resursu apraksts** – Veselību noteicošie faktori. Vide kā dzīvības un veselības resurss: [http://www.liis.lv/vid\\_ves/faktori.htm](http://www.liis.lv/vid_ves/faktori.htm) – Resurss apraksts 2009. gada 9. jūnijā.

Atsauces tekstā jāsakrīt ar literatūras sarakstā minētajiem avotiem, un tiem jābūt publiski pieejamiem.

### Fināls

Recenzēto un attiecīgi papildināto manuskripta pēdējo versiju autors(i) elektroniskā veidā kopā ar izdruku iesniedz tehniskajam redaktoram.

Tikai precīza visu iepriekš minēto prasību ievērošana sekmēs sagatavoto manuskriptu ātrāku publicēšanu.

Atkāpes no šo noteikumu prasībām pieļaujamas, iepriekš saskaņojot ar *LLU Rakstu* redkolēģiju.

*LLU Rakstu* redkolēģijas adrese:

Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001

Telefons: 630 05671; fakss: 630 05685;

e-pasts: Inga.Skuja@llu.lv

Papildu informācija par *LLU Rakstiem*

pieejama *LLU* mājas lapā <http://www.llu.lv>

sadaļā *Pētniecība: Raksti un publikācijas: LLU Raksti*.



## INSTRUCTIONS TO AUTHORS

**Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti (Proceedings of the Latvia University of Agriculture)** publishes reports that describe the results of original theoretical or experimental research of importance and interest to diverse groups of scientists. The scientific articles should be intelligible to a broad scientific audience. The journal publishes also information on events pertaining to science life.

**Submission of manuscripts.** The persons who submit manuscripts assume responsibility for the intellectual property and scientific standards of the manuscripts they submit. However, the Editorial Board reserves the right to subject manuscripts to further review and when necessary to reject those that do not meet the general criteria for publication or are regarded as inappropriate in some another way. The Editorial Board also reserves the right to edit all manuscripts linguistically and stylistically. Authors submitting a paper do so on the understanding that the work has not been published before, is not considered for publication elsewhere and has been read and approved by all authors. The submission of the manuscript means that the authors automatically agree to assign exclusive copyright to the Latvia University of Agriculture if and when the manuscript is accepted for publication. The work shall not be published elsewhere in any language without the written consent of the Latvia University of Agriculture.

**The manuscript**, two copies, should be printed out with standard-size (12 points) letters, the font *Times New Roman* or equivalent, on one side of good white paper of A4 format, with margins of at least 25 mm and left-hand margin – 30 mm. 1.5 line spacing should be throughout, including references, tables, figures, and footnotes. Reviews should not exceed 20 pages, original papers – 15 pages, and short communications – 6 pages. The pages should be numbered throughout, including tables and figures. The structure of original paper should be arranged in the following succession:

**Title** should reveal precisely, in a few words, the subject matter in the shortest possible form; the **Author**, or authors, should type their full names, followed by the names of the department and institution where the investigation was conducted, including a complete postal address. Co-authors from other departments or institutions should be named in the sequence of authorship. The telephone number and e-mail of the corresponding author should be provided; **Abstract** is in one paragraph – up to 250 words should adequately summarize the essential findings described in the paper; **Key words** – not more than five, should be presented in a separate line; **Introduction** outlines the purpose, scope and methods of the investigation and its relation to other research in the same field; **Materials and Methods** should be described in detail, so that one might follow the procedures. Standard laboratory procedures should be mentioned only, but reference citation is necessary; **Results** are presented in textual, tabular, or figure form. Data analysis, plausibility and certainty criteria should be added; **Discussion** provides interpretation of the

results. One should not avoid discussion of controversial or unsettled points or of data obtained by the authors, or any evidence for drawing **Conclusions**; those whose role is limited to providing materials, financial support or review should be recognized in the **Acknowledgements** section of the paper; **References**, when cited in the text, should be written as follows: (Carrey, 1989; Hahey et al., 2002; Naturalizing ..., 2007). In the list at the end of the manuscript, they should be arranged in alphabetical order and each reference should be described as in the following examples: **journal article** – Hahey, R., Senseman, S., Krutz, L., Hons, F. (2002) Soil carbon and nitrogen mineralization as affected by atrazine and glyphosphate. *Biol. Fertil. Soils*, 35, 35-40; **a book** – Chard, T. (1995) *An Introduction to Radioimmunoassay*. Amsterdam, Elsevier, 534 pp.; **chapter from a book** – Carrey, E. A. (1989) Peptide mapping. In: *Protein Structure*. Creighton, T. E. (ed.) Oxford, ILR Press, 191-224; **INTERNET resources** – Naturalizing with flower bulbs: <http://www.flower-gardening-made-easy.com/naturalizing.html> – Accessed on 09.06.2009.

**Tables and figures.** Tables should be intelligible by them, without reference to the text. Table headings should be concise and should adequately represent the subject matter and be part of the table. Footnotes to the tables should be placed on the same page and designated by superscripts <sup>1</sup>, <sup>2</sup>, etc. Graphs, diagrams, drawings and photographs are considered as figures. Both tables and figures should be numbered with Arabic numerals in the order of appearance in the text and typed on separate pages at the end of the manuscript. Font size in tables and figures – 10 points or smaller. Equations should be written in *MS Equation* program or similar, graphs and diagrams – in *Excel*, without toning in background, and in black-and-white version.

**Units of measurement and abbreviations.** Use of the International System of Units (SI) is required. In decimals, use the decimal point, not the comma. In the text and tables, use the minus exponential (e.g. g m<sup>-2</sup>) instead of a slash, and use SI abbreviations. The conventional designation of the authority of a binomial scientific name of organism should be added the first time the name is introduced in the main text.

**Paper submission.** Authors are encouraged to provide the final version of accepted manuscripts as a hard copy and electronically, e.g. by e-mail.

Scrupulous adherence to these instructions can speed up publication.

### Address of the Editorial Board:

LLU Raksti  
Lielā iela 2, Latvia University of Agriculture  
Jelgava, LV-3001, Latvia  
phone: +371-630 05671; fax: +371-630 05685;  
e-mail: Inga.Skuja@llu.lv