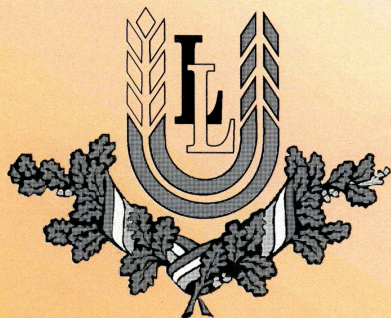




ISSN 1407-4427

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

RAKSTI

PROCEEDINGS OF THE
LATVIA UNIVERSITY OF
AGRICULTURE

Nr. 20 (315), 2008
JELGAVA

SATURS / CONTENTS

Augu sugu socioloģisko grupu ekoloģija un ģeogrāfija Latvijas skujkoku mežos / Ecology and Geography of the Plant Species Sociological Groups in Needle-Leaved Forests of Latvia: <i>M. Laiviņš, B. Bambi, S. Rūsiņa, D. Piliksere, V. Kreile</i>	1
Ievesto parastās priedes (<i>Pinus sylvestris</i> L.) provenienču augšana un kvalitāte Latvijā / Growth and Quality of Transferred Scots Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Provenances in Latvia: <i>Ā. Jansons, I. Baumanis</i>	22
Latvijas egļu mežu koku biomasas struktūra / Tree Biomass Structure of Spruce Forests in Latvia: <i>I. Liepa, T. Blija</i>	32
Kopšanas ciršu režīms egļu jaunaudzēs / Thinning Regime in Young Spruce Stands: <i>P. Zālītis, Z. Lībiete</i>	38
Latvijas skujkoku mežu krājas pieaugums / Annual Volume Increment of Coniferous Forests in Latvia: <i>I. Liepa</i>	46
Meža resursu monitoringa datu izmantošana priedes un egles audžu ražības reģionālo atšķirību analīzē Latvijā / The Use of Forest Resource Inventory Data in the Analysis of Regional Productivity Differences in Pine and Spruce Stands in Latvia: <i>Z. Lībiete</i>	53
Parastās priedes (<i>Pinus sylvestris</i> L.) fenotipiskie parametri atkarībā no audzes biezuma juvenīlā vecumā / Scots Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Stand Phenotypic Parameters Depending on its Juvenile Stand Density: <i>Ā. Jansons, A. Džeriņš</i>	66
Piemistrojuma ietekme uz ražības un stumbra kvalitātes rādītājiem priedes, bērza un egles audzēs Latvijā: Meža resursu monitoringa datu analīze / The Impact of Admixture on the Productivity and Stem Quality Indices of Pine, Birch and Spruce Stands in Latvia: Analysis of the Forest Resource Inventory Data: <i>T. Zālītis</i>	76
Skujkoku zāgbaļķu raukums Latvijā / Taper of coniferous saw logs in Latvia: <i>I. Liepa, A. Drēska, V. Grunda, L. Līpiņš, G. Roga, Z. Sarmulis</i>	84
Sūnu izplatību ietekmējošie faktori uz trupošas skujkoku koksnes / Factors Influencing Distribution of Bryophytes on Dead Coniferous Wood: <i>B. Bambi</i>	93
Sūnas uz trupošas koksnes Latvijā / Bryophytes Found on Decaying Wood in Latvia: <i>A. Āboliņa</i>	103
<i>Heterobasidion annosum</i> attīstību ietekmējošo faktoru novērtējums egļu audzēs / Estimation of Factors Influencing Development of <i>Heterobasidion annosum</i> in Spruce Stands: <i>N. Arhipova, T. Gaitnieks, L. Vulfa, V. Nikolajeva, I. Balašova</i>	117
Skujkoku zaleņa piesārņojums ar pesticīdiem un smagajiem metāliem / Pollution of Coniferous Foliage with Pesticides and Heavy Metals: <i>M. Daugavietis, A. Korica, O. Polis, V. Bartkevičs</i>	128
Priedes un egles koksnes kravas paliktņu lieces noturība / Bending Stiffness of Traffic Pallets of the Pine and Spruce Wood: <i>U. Spulle, V. Pušinskis, H. Tuherm</i>	136
Priedes ieaugums un augšana dažādos termiņos stādītu ietvarsējeņu HIKO stādījumos vidēji auglīgos meža augšanas apstākļu tipos / The Growth-in and Growth of Pine Container Seedlings HIKO Planted in Different Planting Periods in Average Fertile Forest Site Types: <i>J. Liepa, J. Liepa</i>	145

REDKOLĒGIJA / EDITORIAL BOARD

Janis Alsins, vad. pētn., Dr.phil., Upsalas universitātē
 Biruta Bankina, asoc.prof., Dr.biol., LLU
 Mārtiņš Beķers, prof., Dr.habil.biol., LU
 Jānis Brauns, prof., Dr.habil.sc.ing., LLU
 Jānis Greivulis, prof., Dr.habil.sc.ing., RTU
 Aleksandrs Jemeljanovs, prof., Dr.habil.agr., Dr.med.vet., LLU
 Daina Kārklīņa, prof., Dr.sc.ing., LLU
 Māris Kļaviņš, prof., Dr.habil.chem., LU
 Rihards Kondratovičs, prof., Dr.habil.biol., LU
 Ēriks Kronbergs, asoc.prof., Dr.sc.ing., LLU
 Maija Kūle, prof., Dr.habil.phil., Filozofijas un socioloģijas institūts, LU

Petrs Lazauskas, prof., Dr.habil.biol., Lietuvas Lauksaimniecības universitātē
 Imants Liepa, prof., Dr.habil.biol., LLU
 Īzāks Rašals, prof., Dr.habil.biol., LU
 Kazimirs Špoģis, prof., Dr.habil.oec., LLU
 Liudvikas Špokas, prof., Dr.habil.sc.ing., Lietuvas Lauksaimniecības universitātē
 Henss Tuherms, prof., Dr.habil.sc.ing., Dr.h.c., LLU
 Jānis Valters, prof., Dr.habil.sc.ing., Ūdenssaimniecības un zemes zinātniskais institūts
 Uldis Viesturs, prof., Dr.habil.sc.ing., Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts, LU
 Pēteris Zālītis, prof., Dr.habil.silv., LVZMI "Silava"

ATBILDĪGAIS REDAKTORS / RESPONSIBLE EDITOR

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

© Latvijas Lauksaimniecības universitātē (LLU) 2008

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: + 371-3005671; fax: + 371-3005685; e-mail: Inga.Skuja@llu.lv

Printed and bound in Riga by *Drukātava Ltd.*

Augu sugu socioloģisko grupu ekoloģija un ģeogrāfija Latvijas skujkoku mežos Ecology and Geography of the Plant Species Sociological Groups in Needle-Leaved Forests of Latvia

Māris Laiviņš, Baiba Bambe

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”
Latvian State Forestry Research Institute „Silava”
e-mail: m.laivins@inbox.lv; baiba@silava.lv

Solvita Rūsina, Dace Piliksere

Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Faculty of Geography and Earth sciences, University of Latvia
e-mail: solvita.rusina@lu.lv; DacePil@no.lv

Vija Kreile

Teiču Dabas rezervāta administrācija
The Administration of Teichi Nature Reserve
e-mail: vija.kreile@teici.gov.lv

Abstract. On the basis of 2332 vegetation relevés, 30 sociological species groups were developed for Latvian needle-leaved forests. All vascular plant, moss and lichen species were used in analysis. Phi coefficient (Φ) was used as a fidelity measure for calculation of sociological groups, and the threshold value was set $\Phi > 45.0$. All 30 sociological groups were divided into three clusters according to their phytosociological characterization: 10 stable (constant) groups, 13 quasistable (semi-constant), and 7 serial groups. Analysis of Ellenberg indicator values revealed that the most important environmental factors explaining differences in species composition among groups are soil fertility (Ellenberg nitrogen value) and climate continentality (Ellenberg continentality value). Analysis of distribution of sociological species groups into different syntaxa confirmed that Latvian needle-leaved forest plant communities belong to three forest vegetation classes of Eurosiberian boreonemoral zone: *Vaccinio-Piceetea*, *Pulsatillo-Pinetea*, and *Quercus-Fagetea*.

Key words: needle-leaved forests, sociological group, dynamic categories, Latvia.

Ievads

Biotas dažādību Latvijā nosaka dabas apstākļu maiņa trīs ģeogrāfisko pamatdimensiju sistēmā. Baltijas jūras austrumu piekrastes samērā plašajā boreonemorālajā starpzonā cauraužas jeb mozaīkveida ainavas zīmējumu veido vasarzaļo platlapju mežu (nemorālais bioms) un mūžzaļo skujkoku mežu (boreālais bioms) struktūras (ģeogrāfiskās zonalitātes dimensija). Attālinoties no Baltijas jūras piekrastes, zemes iekšienē palielinās klimata kontinentalitāte (ģeogrāfiskās sektorialitātes dimensija), bet reljefa lielformu (zemienes, nolaidenumi, augstienes) izvietojums un irdeno nogulumiežu sastāvs nosaka secīgu ainavas maiņu dažādos hipsometriskos līmeņos (augstumjoslojums) (Krauklis, 1999, 2006; Laiviņš, 1994, 2005; Laiviņš, Melecis, 2003; Бун, 1989). Šāda klimatisko un edafisko dabas apstākļu variēšana, kā arī cilvēka ilgstošā darbība nosaka

Latvijas mežu, arī skujkoku mežaudžu (56% no mežu kopplatības), sugu kompozīciju un augu sabiedrību dažādību.

Meža augu sabiedrību daudzveidības analīzei nepieciešama to klasifikācija. Pašlaik objektīvai augāja klasifikācijai izmanto galvenokārt socioloģiskās (floristiski-ekoloģiskās, sinekoloģiskās utt.) sugu kopas, kurās apvieno sugas ar augstu savstarpējo sastopamību. Līdzīgās ekoloģiskās nišās šīs sugas aug kopā, ir uzticīgas viena otrai un veido noteiktu sugu kompozīciju, kas ir raksturīga, augu sabiedrību diagnosticējoša pazīme. Šādas socioloģiskās grupas norobežo intuitīvi, pamatojoties uz ilgstošu pētījumu pieredzi (Scamoni, 1955, 1963; Scamoni, Passarge, 1959; Csapody et al., 1963; Passarge, Hofmann, 1964 u.c.) vai arī izmantojot dažādus sugu asociēšanās algoritmus, kas ir sevišķi aktuāli pēdējos gados (Chytry et al., 2002a; Brulheide, 2000 u.c.).

Latvijā ģeobotāniskajos un meža ekoloģijas pētījumos sugu asociēšanās noteikšanai izmantoti dažādi rādītāji: korelācijas koeficients (Буш, Аболинъ, 1968), Koula sugu asociēšanās koeficients (Vugule, 1970), χ^2 kritērijs (Лайвинъш, 1980) un u koeficients (Rūsiņa, 2005, 2007; Rūsiņa, Piliksere, 2005).

Pētījuma mērķis ir apkopot un unificēt līdz šim Latvijā veikto ģeobotānisko pētījumu materiālus par priežu un egļu mežiem, analizēt augu sugu asociatīvās struktūras jeb augu sugu socioloģiskās (sinekoloģiskās) grupas, lai objektīvi pamatotu skujkoku mežu augu sabiedrību un biotopu klasifikācijas sistēmu.

Materiali un metode

Veģetācijas dati

Pavisam 2332 skujkoku mežu sabiedrību apraksti, kas veikti pēc Brauna-Blankē metodes (Dierschke, 1994) no 1980. līdz 2006. gadam, ir uzkrāti LU Bioloģijas institūta Ģeobotānikas laboratorijas TURBOVEG datu bāzē (Hennekens, 1995). Daļa no šiem aprakstiem (31%) jau ir publicēti (Bambe, 2001, 2002, 2003; Kreile, 1996, 1999, 2001, 2002, 2003, 2005a, b, 2006; Laiviņš, 1986, 1988, 2002; Laiviņš, Laiviņa, 1988, 1991; Laiviņš, Jankevica, 1999; Laiviņš, Kreile, 2006).

Datu bāzē apkopotie skujkoku mežu sabiedrību apraksti aptver visus Latvijas dabas reģionus jeb ainavzemes (1. att.), bet to sadalījums ir nevienmērīgs.

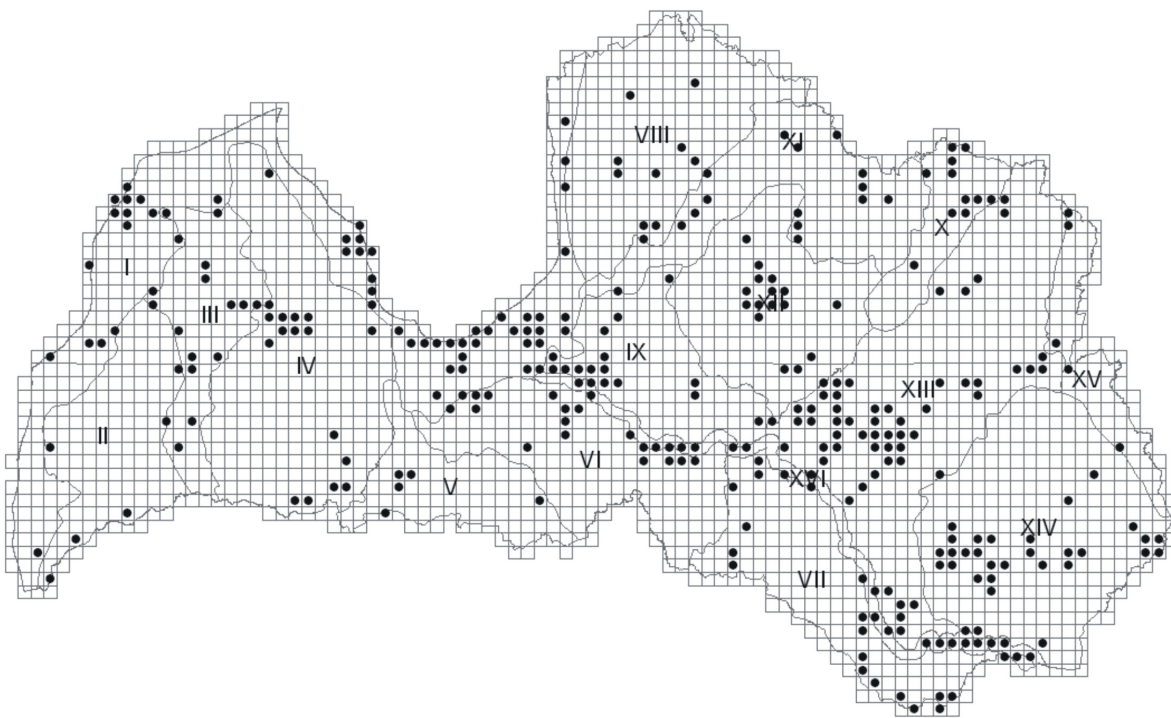
Vairāk aprakstu ir divos reģionos – Piejūras zemienē (22% no aprakstu kopskaita) un Aiviekstes zemē (21%). Piejūras zemienes skujkoku mežus raksturo Ventspils, Jūrmalas un Rīgas pilsētmežu aprakstu kopas, kā arī Rucavas integrālā monitoringa poligona un Engures ezera dabas parka apraksti, bet Aiviekstes zemes mežus – galvenokārt pētījumu dati Krustkalnu un Teiču rezervātā. Samērā liels datu apjoms savākts Daugavas ielejas skujkoku audzēs (13% no aprakstu kopskaita), kas izveidojušās uz smilšainām un arī karbonātiskām augsnēm. Aprakstu skaits katrā no pārējām 13 ainavzemēm nepārsniedz 10% no to kopējā skaita.

Socioloģisko sugu grupu izveide

Socioloģisko sugu grupu veidošanā izmantota klasifikācijas metode COCKTAIL (datu apstrādes pakete JUICE), kuras pamatā ir H. Bruelheides socioloģisko sugu grupu veidošanai ieteiktais matemātiskais algoritms (Bruelheide, 1995, 2000). Divu sugu kopīgas sastopamības tendence (asociēšanās) tika noteikta, izmantojot Φ koeficientu (Chytry et al., 2002b; Tichy, Holt, 2006), kuru aprēķina pēc formulas:

$$\Phi = \frac{N \cdot n_p - n \cdot N_p}{\sqrt{n \cdot N_p \cdot (N - n) \cdot (N - N_p)}}$$

kur N – kopējais aprakstu skaits datu masīvā (datu bāzes apjoms);



1. att. Skujkoku mežu sabiedrību aprakstu izvietojums (5 x 5 km tīklojumā) Latvijā.
Fig. 1. Distribution of needle-leaved forest vegetation descriptions in Latvia (in 5 x 5 km grid net).

- N_p – kopējais aprakstu skaits dotajā veģetācijas vienībā;
 n – visa datu masīva aprakstu skaits, kuros suga ir pārstāvēta;
 n_p – dotās veģetācijas vienības aprakstu skaits, kuros suga ir pārstāvēta.

Φ koeficienta aprēķināšanai tiek ņemti vērā tikai sugu kvalitatīvie dati (suga aprakstā ir/nav). Tāpēc sugu asociēšanās koeficienta vērtības neietekmē sugu projektīvais segums. Φ koeficienta vērtības mainās robežās no -1 līdz 1, bet, analizējot datus, parasti tā lielums tiek reizināts ar 100. Augstākā Φ koeficienta vērtība 1 tiek sasniegta, ja suga ir sastopama visos dotās veģetācijas vienības (aprakstu kopas) aprakstos, bet vispār nav sastopama pārējā datu masīvā. Ja koeficienta vērtība ir 0, tas nozīmē, ka sugai sastopamība dotajā veģetācijas vienībā (aprakstu kopā) ir vienāda ar tās sastopamību atlikušajā datu masīvā, kas norāda, ka starp konkrētajām sugām un noteikto aprakstu kopu jeb veģetācijas vienību nav saistības. Φ koeficienta priekšrocība salīdzinājumā ar dažiem citiem statistiskajiem sugu asociēšanās jeb sugu savstarpējās uzticamības rādītājiem (piemēram, u koeficienta, χ^2) ir tā neatkarība no datu masīva lieluma. Tādējādi grupas, kas atrastas vienā datu masīvā, var tieši salīdzināt ar citā datu masīvā izdalītajām augu sugu socioloģiskajām grupām.

Socioloģisko sugu grupu veidošanas algoritma soli ir aprakstīti ārzemju (Chytry et al., 2002a, b; Tichy, Chytry, 2006) un pašmāju ģeobotāniskajā literatūrā (Rūsiņa 2005, 2007; Rūsiņa, Piliksere, 2005). Pētījumā izmantots H. Bruelheides (Bruelheide, 2000) ieteikums noteikt brīvi izvēlētu Φ koeficienta sliekšni (jo lielāka izvēlēta sliekšņa vērtība, jo lielākas diagnosticējošās spējas ir izveidotajai sugu grupai). Ja sugai Φ koeficienta vērtība ir mazāka par izvēlēto sliekšni, tā netiek pievienota veidojamajai sugu grupai, un grupa tiek atzīta par izveidotu (jeb optimizētu). Šajā pētījumā, analizējot Φ koeficienta vērtību variāciju 482 skujkoku mežu sugām, koeficienta sliekšņa vērtība patstāvīgu sugu grupu veidošanai subjektīvi izvēlēta 45.0.

Ekoloģiskie faktori un izplatības kartes

Vides faktoru vērtēšanai lietotas Ellenberga skalas (Ellenberg et al., 1992), aprēķinot katrai sugu grupai vidējos klimatiskos (gaiss, temperatūra, kontinentalitāte) un edafiskos (mitrums, reakcija un slāpekļis) rādītājus. Datu bāzē katram aprakstam fiksētas metriskās koordinātes X un Y (LKS 92 sistēma), kas dod iespēju sastādīt sugu kopu izplatības kartes 5 x 5 km tīklojumā, kā arī aprēķināt sugu grupu īpatvaru atsevišķās K. Ramana nodalītajās ainavzēmēs (dabas reģionos) (Ramans, 1994).

Nomenklatūra vaskulārajiem augiem: Gavrilova, Šulcs, 1999; sūnaugiem: Āboliņa, 2001; ķērpjiem: Piterāns, 2001.

Rezultāti

Sugu socioloģisko grupu dinamiskās kategorijas

Ņemot vērā sugu savstarpējo asociēšanos (Φ koeficienta vērtība) skujkoku mežu sabiedrību aprakstos, norobežotas 30 augu sugu socioloģiskās grupas (Pielikums). Skujkoku mežu socioloģiskās sugu grupas un to sastāvs atspoguļo Latvijas skujkoku mežu sabiedrību daudzveidību, plašo augšanas apstākļu amplitūdu un dinamisko kontinuitāti. Datu masīvā ir iekļauti un analizēti dažādu dinamisku stadiju (stabilas, sērijveida un to starpstadijas), atšķirīgā pakāpē antropogēni ietekmētu vietu (pilsētmeži un atpūtas vietu meži, ar dažādu intensitāti apsaimniekotas audzes, īpaši aizsargājamo dabas teritoriju meži utt.), kā arī Latvijai raksturīgo skujkoku un platlapju mežu kontaktsabiedrību apraksti. Tāpēc augu sugu socioloģiskās grupas pēc to noturības (stabilitātes) pakāpes un sastopamības norobežotas trijās, pēc audžu stabilitātes (transformācijas intensitātes) atšķirīgās dinamiskās kategorijās: stabilās, kvazistabilās jeb daļēji stabilās un sērijveida augu sugu socioloģiskās grupās.

Stabilas jeb pastāvīgas augu sugu socioloģiskās grupas ir raksturīgas skujkoku mežu ilglaicīgām pamatasociācijām, kas pēc apjoma pielīdzināmas meža tipiem un atspoguļo klimaksa stadijai tuvu augu sabiedrību sugu kompozīcijas. Tās Latvijā raksturīgas zonālajam makroģeogrāfisko dabas apstākļu (klimatisko un edafisko) kopumam (Kiršteins, 1923; Eihe, 1933; Sarma, 1954; Ramans, 1956; Bušs, 1981; Zālītis, 2006 u.c.). Stablas augu sugu grupas ir biežāk sastopamas, tās ir izplatītas visos valsts reģionos un tālād raksturīgas pēc mēroga lielākai dabas reģionu sistēmai (province, apgabals).

Kvazistabilas jeb daļēji stablas augu sugu socioloģiskās grupas raksturīgas boreālā un nemorālā bioma mistraudzēm jeb skujkoku un platlapju kontaktsabiedrībām, nereti tās veidojas ilgstošu traucējumu ietekmētās vietās (piemēram, nosusināšana). Daļēji stabilām augu sugu grupām ir ierobežotāka izplatība (salīdzinot ar stabilām augu sugu grupām), tās parasti ir sastopamas vienā vai dažos reģionos.

Īslaika jeb sērijveida augu sugu grupas raksturīgas galvenokārt sekundārajām, kā arī stipri ietekmētām skujkoku audzēm. Sugu kompozīcijas veidošanās bieži vien ir saistīta ar edafiskajiem faktoriem (nitrātu saturs augtenē, augsnes karbonātskums u.c.) un ar īslaicīgiem traucējumiem (piemēram, nomīdīšana). Sugu grupu izplatība ir lokāla, šādās sabiedrībās

valdošā koku suga kokaudzē savas pozīcijas saglabā tikai vienu paaudzi, un, sasniedzot bioloģisko vecumu, to nomaina cita suga; šajā laikā izmainās arī zemsedzes sugu kompozīcija.

Skujkoku mežu stabilās jeb pastāvīgās augu sugu grupas

Stabilo jeb pastāvīgo socioloģisko augu sugu grupu kategorijā apvienotas 10 grupas.

***Cladina arbuscula* grupu** veido trīs sugas: *Cladina arbuscula*, *Cladina rangiferina* un *Cladina stellaris*. Grupa raksturīga baltā sila meža tipam subkontinentālā vēsa klimata pusgaismas apstākļos, valgās un mitrās, skābās un ar aktīvo slāpekli ļoti nabadzīgās augtenēs. Sastopama Aiviekstes zemes (Ozolsala, Gaigalava, Posolnīca, Driksnas sils) un Piejūras zemienes (Engure, Ropaži) smilšainās augsnēs (grēdveida vaļņi, iekšzemes kāpas) (2. att.).

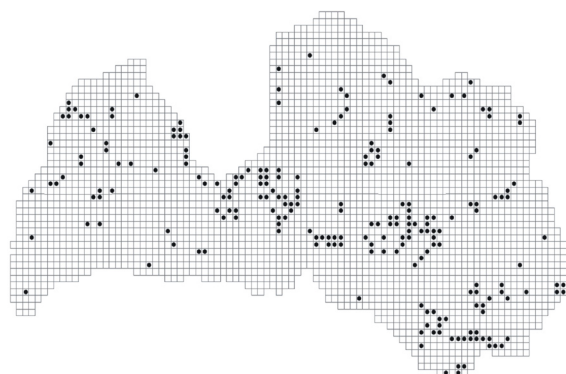
***Vaccinium vitis-idaea* grupa** ir sugām bagāta, to pārstāv 6 sugas: *Pleurozium schreberi*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Dicranum polysetum*, *Calluna vulgaris*, *Melampyrum pratense* un *Hylocomium splendens*. Grupu veido subokeāniska un vēsa klimata pusgaismas

sugas, kas aug valgā, skābā un ar aktīvo slāpekli ļoti nabadzīgā augtenē un ir raksturīgas mētrāja meža tipam. Tā ir visvairāk aprakstos pārstāvētā sugu grupa, kas sastopama visā Latvijā, biežāk zemieņu ainavzemēs – Aiviekstes zemē (Laukezers, Teiči, Gaigalava), Piejūras zemienē (Rucava, Ragakāpa, Engure), retāk augstieņu ainavzemēs – Vidzemes augstienē (Taurene, Krustkalni), kā arī Rietumzemgalē (Tērvete) (3. att.). *Vaccinium vitis-idaea* grupas sugas nereti aug vienkopus ar *Cladina arbuscula* grupas sugām, veidojot zemsedzē mozaīkveida struktūras.

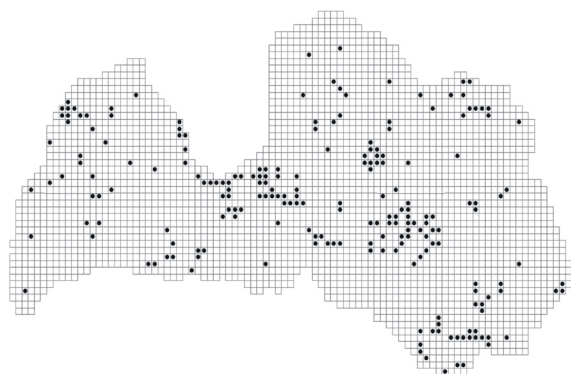
***Vaccinium myrtillus* grupa** sastāv no trīs sugām: *Luzula pilosa*, *Trientalis europaea* un *Vaccinium myrtillus*. Grupai raksturīgi subokeāniska, mēreni silta klimata pusēnas augi, kas sastopami galvenokārt valgās, skābās un ar aktīvo slāpekli nabadzīgās augtenēs. Tie raksturīgi lāna un damakšņa meža tipa augšanas apstākļiem. *Vaccinium myrtillus* grupa izplatīta Piejūras zemienē (Rucava, Engure) un Aiviekstes zemē (Teiči, Mežciems), bet lielāks tās īpatsvars, salīdzinot ar *Vaccinium vitis-idaea* grupu, ir augstieņu ainavzemēs (Vidzemes augstiene, Latgale) (4. att.).



2. att. *Cladina arbuscula* grupas izplatība.
Fig. 2. Distribution of the *Cladina arbuscula* group.



3. att. *Vaccinium vitis-idaea* grupas izplatība.
Fig. 3. Distribution of the *Vaccinium vitis-idaea* group.



4. att. *Vaccinium myrtillus* grupas izplatība.
Fig. 4. Distribution of the *Vaccinium myrtillus* group.



5. att. *Oxalis acetosella* grupas izplatība.
Fig. 5. Distribution of the *Oxalis acetosella* group.

***Oxalis acetosella* grupa** apvieno 4 sugas: *Oxalis acetosella*, *Mycelis muralis*, *Maianthemum bifolium* un *Plagiomnium affine*. Vairāk sastopama augstieņu ainavzemēs (Vidzemes, Austrumzemgales, Alūksnes, Latgales) subokeāniskā mēreni siltā klimatā, ēnainās, valgās, mēreni skābās un ar aktīvo slāpekli vidēji bagātās augtenēs (5. att.). *Oxalis acetosella* grupa ir vēra meža tipa augšanas apstākļu indikators.

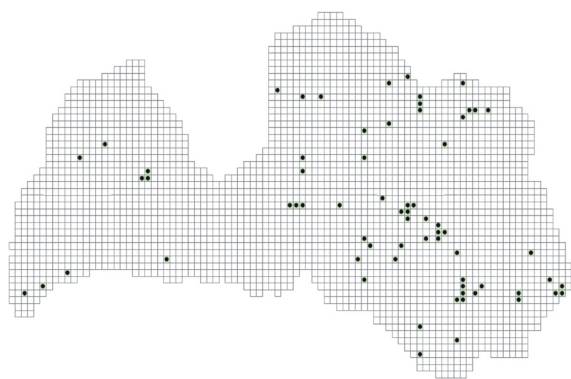
***Galeobdolon luteum* grupa** ir 4 sugas: *Galeobdolon luteum*, *Asarum europaeum*, *Hepatica nobilis* un *Stellaria holostea*. *Galeobdolon luteum* grupa, tāpat kā *Oxalis acetosella* grupa, ir izplatīta vēra un gāršas tipa egles audzēs subokeāniskā mēreni siltā pusēnās klimatā valgās, neitrālās un ar aktīvo slāpekli vidēji bagātās augtenēs Ziemeļaustrumvidzemes (Alūksnes) un Augšzemes augstienē (Pilskalnes Siguldiņa), aizsargājamās teritorijās (Luknas skābaržu audze), ezeru salās (Moricsala, Indzeris, Kāla ezers), upju terašu nogāzēs (Abava, Gauja) u.c. (6. att.).

***Dryopteris filix-mas* grupa** pārstāvēta ar 4 sugām: *Dryopteris filix-mas*, *Eurchynchium angustirete*, *Paris quadrifolia* un *Actaea spicata*. Grupas sugas, tāpat kā *Galeobdolon luteum* grupas sugas, raksturīgas

augstieņu vēra un gāršas tipa egļu audzēm (7. att.), kas veidojas smilšmāla augsnēs subokeāniskā, mēreni siltā klimatā, pusēnās apstākļos valgā, neitrālā un ar augiem aktīvo slāpekli bagātā vidē.

***Pulsatilla patens* grupa** pārstāvēta ar 4 sugām: *Pulsatilla patens*, *Thymus serpyllum*, *Polygonatum odoratum* un *Antennaria dioica*. Tā sastopama galvenokārt Latvijas austrumu reģionos (Aiviekstes zeme, Daugavzeme, Latgales augstiene, Austrumzemgale, Augšzeme) un tikai atsevišķās vietās Piejūras zemienē un Rietumzemgalē (Tērvete), bet pilnīgi iztrūkst Rietum- un Austrumkursā (8. att.). Grupa raksturīga subokeāniska un subkontinentāla pārejas, mēreni silta pusgaismas klimata videi un sausai, mēreni skābai un ar slāpekli nabadzīgai augtenei. Grupa raksturīga mētrāja un lāna augšanas apstākļiem.

***Calamagrostis arundinacea* grupai** raksturīgas divas sugas: *Convallaria majalis* un *Calamagrostis arundinacea*. Tāpat kā *Pulsatilla patens* grupa, arī *Calamagrostis arundinacea* grupa vairāk izplatīta valsts austrumu reģionos (raksturīga Daugavzemei) (9. att.) un tās aspektu veido gaišos, saulainos, mēreni



6. att. *Galeobdolon luteum* grupas izplatība.
Fig. 6. Distribution of the *Galeobdolon luteum* group.



7. att. *Dryopteris filix-mas* grupas izplatība.
Fig. 7. Distribution of the *Dryopteris filix-mas* group.



8. att. *Pulsatilla patens* grupas izplatība.
Fig. 8. Distribution of the *Pulsatilla patens* group.



9. att. *Calamagrostis arundinacea* grupas izplatība.
Fig. 9. Distribution of the *Calamagrostis arundinacea* group.

siltos pieaugušos un pāraugušos, mēreni skābos, ar slāpekli vidēji bagātos priežu mežos. Grupa raksturīga pāraugušām damakšņa tipa priežu audzēm.

Mitrās un pārmitrās augtenēs skujkoku mežiem raksturīgas divas, mūsaprāt, pastāvīgas sugu grupas – *Ledum palustre* un *Oxycoccus palustris*. Abas grupas raksturīgas hipertrofējoša augtenes mitruma apstākļiem, vēsam subokeāniskam un subkontinentālam klimatam, ļoti skābām un skābām, ar slāpekli ļoti nabadzīgām un nabadzīgām augtenēm. Datu bāzē šīs grupas pārstāvētas ar nelielu aprakstu skaitu un ir raksturīgas purvājam.

***Ledum palustre* grupā** ir 3 sugas: *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum* un *Sphagnum capillifolium*. Grupa sastopama pārejas un augsto purvu malās un ir aprakstīta Rucavā, Žīguros, Tīreļos, Ventpilī u.c.

***Oxycoccus palustris* grupā** ir 5 sugas: *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Sphagnum magellanicum* un *Sphagnum angustifolium*, kas sastopamas pārejas un augstajos purvos un pārpurvotās starppauguru ieplakās (Ogres Zilie kalni, Skujene, Taurene u.c.).

Kvazistabilas jeb daļēji stabilas augu sugu socioloģiskās grupas

Latvijas skujkoku mežiem raksturīgas 13 daļēji stabilas augu sugu socioloģiskās grupas.

***Galium album* grupa** šajā dinamiskajā kategorijā ir visplašāk pārstāvētā sugu grupa. Grupu veido 3 sugas: *Galium album*, *Knautia arvensis* un *Fragaria vesca*. *Galium album* grupa izplatīta divos, pēc cilvēka ietekmes atšķirīgos biotopos: tie ir stiprāk ietekmētie pilsētu meži Ogrē, Ventpilī, Valmierā, Rīgā un citās apdzīvotās vietās, kā arī mazāk skartie upju ieleju meži gar Daugavu (Sērene, Sēlpils, Bekuciems), Abavu (Kandava) un pilskalnu (Mārgas, Tigves, Markovas), un arī izstieptu vaļņveida paugurgrēdu (Lielie Kangari, Ogres Zilie kalni, Numerne, Greblakalns) skrajās priežu audzes (10. att.). Grupas sugas ir raksturīgas gaišām un mēreni siltām subokeāniskās

izplatības priežu audzēm (neitrālās un ar slāpekli vidēji bagātās augtenēs), kurās notiek pakāpeniska pļavu un lauču sugu invāzija.

Daļēji stabilas, pēc sugu sastāva savdabīgas priežu audzes ir izveidojušās uz vaļņveida grēdām un upju ielejās smilšainās vai skeletainās augsnēs. Šādām augtenēm raksturīgs mēreni silts, subokeāniskis un subkontinentāls pārejas klimats, neitrāla vai vāji bāziska un ar slāpekli nabadzīga augsne. Priežu mežos šādās augtenēs tiek nodalītas 6 grupas: *Veronica spicata* grupa, *Geranium sanguineum* grupa, *Brachypodium pinnatum* grupa, *Primula veris* grupa, *Potentilla arenaria* grupa un *Pulsatilla pratensis* grupa. Šīs sugu grupas ir raksturīgas Austrumlatvijas priežu audzēm un ir sastopamas galvenokārt augstienēs un tām raksturīgo atšķelšanās vaļņu nogāzēs, kā arī Daugavas ielejā, retāk tās sastopamas Piejūras zemienē (Ventpils, Engure, Jūrmala) un Zemgalē (Tērvete). Vienīgi *Pulsatilla pratensis* grupa vairāk sastopama Piejūras zemienē smilšu sanesumos, kā arī ceļmalās, retāka tā ir Austrumlatvijā.

***Veronica spicata* grupā** ir 4 sugas: *Veronica spicata*, *Chimaphila umbellata*, *Thymus serpyllum* un *Pyrola chlorantha*. *Veronica spicata* grupa izplatīta Daugavas Loku dabas parkā, Taurkalnē, Ogres Zilajos kalnos, Ragaciemā u.c. (11. att.).

***Geranium sanguineum* grupā** ir trīs sugas: *Geranium sanguineum*, *Peucedanum oreoselinum* un *Pimpinella saxifraga*. Grupa raksturīga Daugavas ielejas un paugurgrēdu priežu mežiem.

***Brachypodium pinnatum* grupa** pārstāvēta ar 4 savstarpēji stipri asociētām sugām: *Origanum vulgare*, *Brachypodium pinnatum*, *Galium boreale* un *Clinopodium vulgare*. Grupa lokalizēta galvenokārt Daugavas un Abavas ielejas, kā arī Lielo Kangaru un Greblakalna priežu audzēs.

***Primula veris* grupa** pārstāvēta ar šādām sugām: *Primula veris*, *Agrimonia eupatoria*, *Rhamnus cathartica* un *Anemone sylvestris*. Grupas sugu



10. att. *Galium album* grupas izplatība.
Fig. 10. Distribution of the *Galium album* group.



11. att. *Veronica spicata* grupas izplatība.
Fig. 11. Distribution of the *Veronica spicata* group.

kompozīcija raksturīga Daugavas ielejas priežu audzēm uz seklām dolomīta augsnēm.

Potentilla arenaria grupa sastāv no trīs sugām: *Potentilla arenaria*, *Arenaria serpyllifolia* un *Arenaria procera*. Sugu grupai ir ļoti ierobežota izplatība, un tā ir raksturīga tikai Ogres Zilo kalnu dienvidu nogāzes priežu audzēm ļoti silta subkontinentāla klimata neitrālām un ar slāpekli ļoti nabadzīgām augtenēm.

Pulsatilla pratensis grupā ir trīs sugas: *Pulsatilla pratensis*, *Rosa majalis* un *Silene nutans*. Grupas sugas sastopamas Ragakāpā un Engurē (Piejūras zemienē), kā arī Ogres Zilajos kalnos, Greblakalnā un Posolnīcā.

Egļu un skābaržu kontaktsabiedrībām raksturīga **Galium odoratum grupa** ar trīs sugām: *Carpinus betulus*, *Galium odoratum* un *Festuca altissima*. Grupa raksturīga okeāniska, mēreni silta klimata, mēreni skābām, ar slāpekli vidēji bagātām augtenēm un ir sastopama vienīgi Dienvidkurzemē Luknas skābaržu audzē. Egles līdzdalība kokaudzes veidošanā aprakstītajās sabiedrībās ir lielāka par 50% (no koku sugu indivīdu daudzuma), un nākotnē egles lomai audzes veidošanā ir tendence palielināties.

Skujkoku mežu sabiedrībās slapjās un pārmitrās augtenēs norobežotas piecas, mūsdiā, daļēji stabilas augu sugu socioloģiskās grupas. Katru no šīm grupām reprezentē neliels aprakstu skaits, tāpēc jāaprobežojas tikai ar sugu uzskaitījumu šajās grupās. Neitrālām un ar slāpekli bagātām augtenēm raksturīgas divas grupas – *Galium palustre* un *Impatiens noli-tangere*.

Galium palustre grupu veido 3 sugas: *Galium palustre*, *Lysimachia vulgaris* un *Iris pseudacorus*. Grupa sastopama izklaidus visā Latvijā egļu audžu kontaktsabiedrībās ar melnalkšņiem dumbrāja augšanas apstākļos Rucavā, Taurenē, Teičos.

Impatiens noli-tangere grupa pārstāvēta ar divām sugām: *Impatiens noli-tangere* un *Circaea alpina*. Grupa ir raksturīga nosusinātiem meža tipiem (šaurlapju un platlapju āreņiem un kūdreniem), kā arī liekņas tipa jauktām audzēm; dababāzē tā visvairāk ir pārstāvēta ar Teiču dabas rezervāta aprakstiem.

Neitrālām un ar slāpekli vidēji bagātām augtenēm raksturīga **Carex acutiformis grupa**, kuru veido 4 sugas: *Carex acutiformis*, *Carex flava*, *Thelypteris palustris* un *Dactylorhiza fuchsii*. Raksturīga Piejūras zemienes dumbrāja tipa mežaudzēm.

Mēreni skābām un ar slāpekli vidēji bagātām augtenēm raksturīga **Filipendula ulmaria grupa**, ko veido divas sugas: *Filipendula ulmaria* un *Climacium dendroides*. Grupa sastopama izklaidus visā Latvijā liekņas meža tipa audzēs.

Skābām un ar slāpekli vidēji bagātām nosusinātām egļu un priežu audzēm (mētru un šaurlapju kūdrenis un ārenis) raksturīga **Sphagnum girgensohnii grupa**. Grupu veido 3 sugas: *Sphagnum girgensohnii*,

Polytrichum commune un *Dryopteris cristata*. Sugu grupu reprezentē apraksti no Ķemeriem, Mežoles un Taurenēs.

Īslaika augu sugu socioloģiskās grupas

Sērijveida augu sugu grupas ir īslaika sugu kopas, kas atspoguļo skujkoku mežos mūsdienās notiekošos sinantropizācijas un eitrofikācijas procesus: ruderalizāciju, gramīnifikāciju un fruticifikāciju (Laiviņš, 1998), priedes pioniersabiedrību veidošanos, aizaugot kalcifītiem zālājiem, kā arī intensīvu koku sugu nomaiņu kokaudzē.

Ruderalizācijas procesu pilsētu un piepilsētu mežos (Jūrmala, Ogre, Rīga, Olaine, Ventspils) indicē 3 augu sugu socioloģiskās grupas: *Impatiens parviflora* grupa, *Plantago major* grupa un *Potentilla argentea* grupa.

Impatiens parviflora grupa pārstāvēta ar 7 sugām: *Impatiens parviflora*, *Chelidonium majus*, *Glechoma hederacea*, *Sambucus racemosa*, *Stellaria media*, *Urtica dioica* un *Geum urbanum*. Tā ir kompakta, ļoti eitroficētus (ar slāpekli piesārņotu) priežu un egļu mežus diagnosticējoša sugu grupa. *Impatiens parviflora* grupas nitrofitās sugas sastopamas neitrālās un ar slāpekli bagātās vai ļoti bagātās augtenēs ne tikai lielo pilsētu (Ventspils, Ogres, Olaines, Rīgas) mežos, bet arī mazāku apdzīvotu vietu, piemēram, Saulkalnes, Salaspils, Tērvetes, Doles u.c., apkārtnē.

Plantago major grupa sastāv no trīs sugām: *Plantago major*, *Poa annua*, *Trifolium repens*. Šīs grupas sugas sastopamas neitrālos un ar slāpekli bagātos, ļoti nomīdītos atpūtas mežos Ventspilī, Ogrē un Rīgā.

Potentilla argentea grupa sastāv no trīs sugām: *Potentilla argentea*, *Artemisia campestris*, *Berteroa incana*. Grupas sugas ir raksturīgas mēreni skābām, ar slāpekli nabadzīgām smilšainām priedes audzēm Ventspilī un Rīgā.

Gramīnifikācijas procesu raksturo **Dactylis glomerata grupa**, ko veido 3 sugas: *Dactylis glomerata*, *Veronica chamaedrys* un *Artemisia vulgaris*. Grupas sugas sastopamas pilsētmežos (Ventspils, Valmiera), kā arī pēc platības nelielu izretinātu priežu audžu (Sērene, Taurene) augtenēs, kas bagātas ar slāpekli. *Dactylis glomerata* pavadītājsugas mežaudžu zemsedzē ir pļavu un lauču (*Taraxacum officinale*, *Anthriscus sylvestris*, *Veronica chamaedrys*), un cilvēka ļoti ietekmētu vietu (*Artemisia vulgaris*, *Plantago major*, *Elytrigia repens*) augu sugas, kas liecina par nestabilu zemsedzes sugu kompozīciju.

Intensīvu priežu audžu pārkrūmošanās procesu atspoguļo **Cotoneaster niger grupa** ar trīs sugām: *Cotoneaster niger*, *Euonymus verrucosa* un *Lithospermum officinale*. Sugu grupa ir ļoti lokāla, tā raksturīga tikai Greblakalna vaļņveida masīva virsai un dienvidu nogāzei.

Divas augu sugu grupas raksturīgas priežu audžu pioniersabiedrībām, kas izveidojušās, aizaugot kalcifītiem zālājiem, un tās ir *Sesleria caerulea* grupa un *Helictotrichon pratense* grupa.

***Sesleria caerulea* grupa** sastāv no 6 sugām: *Scorpidium scorpioides*, *Sesleria caerulea*, *Carex panicea*, *Primula farinosa*, *Epipactis palustris* un *Carex capillaris*. *Sesleria caerulea* grupas sinūzijas pagaidām konstatētas priežu audzēs tikai Engures ezera piekrastē. Pēc ūdens līmeņa pazemināšanās ezerā pirms 150 gadiem acīmredzot šajās vietās veidojās kalcifītās *Sesleria caerulea* un *Schoenus ferrugineus* sabiedrības, kuras pamazām aizaug ar priedēm. Pašlaik šajās priežu audzēs vēl ir saglabāties agrāko zālāju sugu kopums.

***Helictotrichon pratense* grupa** sastāv no divām sugām: *Helictotrichon pratense* un *Filipendula vulgaris*. Latvijā sugu grupa sastopama Abavas ielejā (Čužupurvs, Veģi) un Daugavas ielejā (Beku sils, Sērene). Datu bāzē ir arī priežu mežu apraksti no Sāmsalas Igaunijā (Vidumae rezervāts), kur ir raksturīga šo sugu kombinācija. Priežu audzes ar šādu sugu kombināciju zemsedzē ir izveidojušās, apmežojoties kserofīto zālāju sabiedrībām, kurām raksturīgas bijušas *Filipendula vulgaris* un

Helictotrichon pratense sugas. Abām priežu audžu pioniersabiedrībām raksturīga neitrāla vai vāji bāziska, bet ar slāpekli ļoti nabadzīga vai nabadzīga augsne.

Diskusija

Augu sugu socioloģiskās grupas un vides faktori

Augu sugu socioloģisko grupu kompaktais sugu sastāvs kopumā atspoguļo galvenos skujkoku mežaudzes diferencējošos edafiskos un klimatiskos vides faktorus. Latvijas mežos vispār un arī skujkoku audzēs tradicionāli starp edafiskajiem faktoriem svarīgākie ir skujkoku mežu substrāta bagātība ar barības vielām (augiem aktīvā slāpekļa daudzums augsnē) un mitruma režīms. Sugu grupu Ellenberga skaitļu analīze rāda, ka vairums skujkoku audzēs nodalīto grupu ir saistītas ar oligotrofiem (galvenokārt priežu audzes) un mezotrofiem (galvenokārt egļu audzes), kā arī mēreni mitriem augšanas apstākļiem. Starp šīm grupām valdošās ir stabilās jeb pastāvīgās skujkoku mežu socioloģisko augu sugu grupas (1. tabula). Stabilās augu sugu grupas izplatītas galvenokārt skābās un mēreni skābās augtenēs, bet īpatnēji, ka vairāk nekā puse augu sugu grupu ir

1. tabula / Table 1

Skujkoku mežu augu sugu socioloģisko grupu ordinācija pēc aktīvā slāpekļa daudzuma ($N_1 - N_3$) un augtenes mitruma (S, M, H) apstākļiem (Ellenberga vērtības)
Ordination of the sociological groups after habitat's nitrogen condition ($N_1 - N_3$) and moisture (S, M, H) (Ellenberg values)

H (higrofits / hygrophytic 8-9)	<i>Sesleria caerulea</i> gr. <i>Ledum palustre</i> gr. <i>Oxycoccus palustris</i> gr.	<i>Carex acutiformis</i> gr. <i>Sphagnum girgensohnii</i> gr.	<i>Galium palustre</i> gr.
M (mezofits / mesophytic 4-7)	<i>Cladina arbuscula</i> gr. <i>Vaccinium vitis-idaea</i> gr. <i>Vaccinium myrtillus</i> gr. <i>Brachypodium pinnatum</i> gr.	<i>Calamagrostis arundinacea</i> gr. <i>Oxalis acetosella</i> gr. <i>Galeobdolon luteum</i> gr. <i>Primula veris</i> gr. <i>Galium album</i> gr. <i>Galium odoratum</i> gr. <i>Filipendula ulmaria</i> gr. <i>Cotoneaster niger</i> gr.	<i>Dryopteris filix-mas</i> gr. <i>Impatiens noli-tangere</i> gr. <i>Impatiens parviflora</i> gr. <i>Dactylis glomerata</i> gr. <i>Plantago major</i> gr.
S (kserofits / xerophytic 1-3)	<i>Pulsatilla patens</i> gr. <i>Veronica spicata</i> gr. <i>Geranium sanguineum</i> gr. <i>Potentilla arenaria</i> gr. <i>Pulsatilla pratensis</i> gr. <i>Helictotrichon pratense</i> gr. <i>Potentilla argentea</i> gr.		
	N_1 (oligotrofs / oligotrophic 1-3)	N_2 (mezotrofs / mesotrophic 4-5)	N_3 (eitrofs / eutrophic 6-7)

saistītas ar neitrālu smilšainu un šķembainu (dolomīti, merģeļi) substrātu (2. tabula). Tās ir daļēji stabilas vai īslaika, parasti pēc platības nelielas un fragmentāras skujkoku mežu augu sabiedrības.

Latvijas skujkoku mežiem ir raksturīgas atklātas, saulainas vai daļēji ēnainas subokeāniska klimata augtenes (3. tabula), un tikai nedaudzām audzēm ir okeāniski vai arī subkontinentāli augšanas apstākļi.

Sugu grupas un skujkoku mežu sintaksonomiskā sistēma

Augu sugu socioloģisko grupu analīze ir ļoti nozīmīga augu sabiedrību diagnosticēšanā. Eiropā šāda satura pētījumi intensīvi noritēja jau no pagājušā gadsimta piecdesmitajiem gadiem (Scamoni, 1963; Passarge, Hofmann, 1964; Bruelheide, 1995). Pēdējos gados to popularitāte arvien palielinās, par ko liecina jaunu metožu ieviešana un plašs pielietojums dažāda mēroga veģetācijas izpētes projektos (Bruelheide, 1995, 2000; Chytry et al., 2002a, b; Koči et al., 2003; Rūsiņa, 2005, 2007). To apliecina arī, piemēram, līdzīga rakstura pētījumi par Latvijas mezofīto un kserofīto zālāju sintaksonomiju, izmantojot asociatīvās augu sugu grupas kā sintaksonus diagnosticējošas un diferencējošas sugu kopas (Rūsiņa, 2005, 2007).

Analizētās kompaktās skujkoku mežu augu sugu socioloģiskās grupas ietver (satur) noteiktu, citās

zemēs ilgstošu ģeobotānisko pētījumu rezultātā aprobētu, mežu sabiedrību sintaksonu rakstursugu jeb diagnosticējošo sugu kopu. Reģionālos augāja pētījumos (kā tas ir šajā gadījumā) jau agrāk definētā rakstursugu kopa var mainīties, to sastāvā var atspoguļoties reģiona augāja transformācijas iezīmes, kā arī var atklāties saistība (kontaktsabiedrību veidošanās) starp dažāda lieluma sintaksonomiskām augāja vienībām (Bruelheide, Chytry, 2000).

Ar barības vielām nabadzīgām (oligotrofām), mēreni mitrām augtenēm raksturīgas trīs stabilas zemsedzes sugu kopas: *Cladina arbuscula* gr., *Vaccinium vitis-idaea* gr. un *Vaccinium myrtillus* gr., kuras ir tipiskas boreālo un boreoatlantisko augu sabiedrību priežu mežu sintaksoniem (*Vaccinio-Piceetea*, *Cladonio-Vaccinietalia*, *Vaccinio-Piceetalia*) un kuras jau agrāk ar dažādām analīzes metodēm identificētas pētījumos Igaunijā, Latvijā un Lietuvā (Буш, Аболинь, 1968; Райд, 1969; Каразия, 1977). *Vaccinium vitis-idaea* grupa šajā kopā ir galvenā, raksturīgākā boreālā skujkoku bioma sugu kompozīcija (asociācija *Vaccinio vitis-idaea-Pinetum*) ar noteiktiem augšanas apstākļiem, bet samērā plašu Eirosibīrijas areālu. *Vaccinium myrtillus* grupa, salīdzinot ar *Vaccinium vitis-idaea* grupu, ir ar plašāku sinekoloģisko amplitūdu (šīs grupas vienojoša suga ir *Vaccinium myrtillus*), un tā ir raksturīga kā priežu, tā arī egļu mežiem

2. tabula / Table 2

Skujkoku mežu augu sugu socioloģisko grupu ordinācija pēc aktīvā slāpekļa daudzuma ($N_1 - N_3$) un augtenes reakcijas ($R_1 - R_3$) (Ellenberga vērtības)
Ordination of the sociological groups after habitat's nitrogen condition ($N_1 - N_3$) and reaction ($R_1 - R_3$) (Ellenberg values)

R_3 (neitrāls / neutral 6-7)	<i>Veronica spicata</i> gr. <i>Geranium sanguineum</i> gr. <i>Brachypodium pinnatum</i> gr. <i>Potentilla arenaria</i> gr. <i>Pulsatilla pratensis</i> gr. <i>Sesleria caerulea</i> gr. <i>Helictotrichon pratense</i> gr.	<i>Galeobdolon luteum</i> gr. <i>Galium album</i> gr. <i>Primula veris</i> gr. <i>Carex acutiformis</i> gr. <i>Cotoneaster niger</i> gr.	<i>Dryopteris filix-mas</i> gr. <i>Galium palustre</i> gr. <i>Impatiens noli-tangere</i> gr. <i>Impatiens parviflora</i> gr. <i>Dactylis glomerata</i> gr. <i>Plantago major</i> gr.
R_2 (mēreni skābs / fairly acid 4-5)	<i>Vaccinium myrtillus</i> gr. <i>Pulsatilla patens</i> gr. <i>Potentilla argentea</i> gr.	<i>Oxalis acetosella</i> gr. <i>Calamagrostis arundinacea</i> gr. <i>Galium odoratum</i> gr. <i>Filipendula ulmaria</i> gr.	
R_1 (skābs / acid 1-3)	<i>Cladina arbuscula</i> gr. <i>Vaccinium vitis-idaea</i> gr. <i>Ledum palustre</i> gr. <i>Oxycoccus palustris</i> gr.	<i>Sphagnum girgensohnii</i> gr.	
	N_1 (oligotrofs / oligotrophic 1-3)	N_2 (mezotrofs / mesotrophic 4-5)	N_3 (eitrofs / eutrophic 6-7)

Skujkoku mežu augu sugu socioloģisko grupu ordinācija pēc kontinentalitātes ($K_1 - K_3$) un gaismas klimata ($G_1 - G_3$) skaitļiem (Ellenbergas vērtības)
Ordination of the sociological groups after habitat's continentality ($K_1 - K_3$) and light ($G_1 - G_3$) conditions (Ellenberg values)

G₃ (gaismas augi / light-loving plants 6-8)	<i>Cladina arbuscula</i> gr. <i>Galium palustre</i> gr. <i>Carex acutiformis</i> gr. <i>Dactylis glomerata</i> gr.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> gr. <i>Calamagrostis arundinacea</i> gr. <i>Pulsatilla patens</i> gr. <i>Oxycoccus palustris</i> gr. <i>Galium album</i> gr. <i>Geranium sanguineum</i> gr. <i>Brachypodium pinnatum</i> gr. <i>Primula veris</i> gr. <i>Filipendula ulmaria</i> gr. <i>Plantago major</i> gr. <i>Potentilla argentea</i> gr. <i>Sesleria caerulea</i> gr. <i>Helictotrichon pratense</i> gr.	<i>Ledum palustre</i> gr. <i>Veronica spicata</i> gr. <i>Potentilla arenaria</i> gr. <i>Pulsatilla pratensis</i> gr. <i>Cotoneaster niger</i> gr.
G₂ (pusēnas augi / semi-shade plants 4-5)		<i>Vaccinium myrtillus</i> gr. <i>Galeobdolon luteum</i> gr. <i>Dryopteris filix-mas</i> gr. <i>Sphagnum girgensohnii</i> gr. <i>Impatiens noli-tangere</i> gr. <i>Impatiens parviflora</i> gr.	
G₁ (ēnas augi / shade plants 1-3)	<i>Galium odoratum</i> gr.	<i>Oxalis acetosella</i> gr.	
	K₁ (okeāniskais / oceanic 1-3)	K₂ (subokeāniskais / suboceanic 4-5)	K₃ (subkontinentālais / subcontinental 6-7)

(asociācijas *Vaccinio myrtilli-Pinetum* un *Vaccinio myrtilli-Piceetum*). Savukārt *Cladina arbuscula* grupa ir boreoatlantiskās priežu mežu sabiedrības diagnosticējoša sugu grupa (piemēram, asociācija *Cladonio-Pinetum*). Ar *Vaccinio vitis-idaea* grupu vienojoša suga ir *Calluna vulgaris*.

Vidēji bagātu un mēreni mitru augtņu priežu mežaudzēm ir raksturīga *Calamagrostis arundinacea* grupa (*Calamagrostis arundinacea-Pinus sylvestris* sabiedrības), bet egļu audzēm (nereti ar platlapu sugu piejaukumu kokaudzē) ekoloģiski un fitosocioloģiski tuva ir *Oxalis acetosella* grupa (asociācija *Oxalidoso-Piceetum*). Šīs piecas grupas pārstāv galvenās, izplatītākās un raksturīgākās Latvijas skujkoku sausieņu mežu (58% no Latvijas mežu kopplatības) un daļēji arī nosusinātu mežu zemsedzes sugu kompozīcijas. Tās ir Eirāzijas boreālo un alpīno mētrāju skujkoku mežu (*Vaccinio-Piceetea*) sintaksonus diagnosticējošas sugu grupas.

Oligotrofo pārmitro augtņu *Ledum palustre* un *Oxycoccus palustris* grupas pārstāv priežu un bērzu purvainu (kūdrāju) sabiedrību (*Vaccinio-Piceetea*, *Ledo-Pinion*, *Betulion pubescentis*) diagnosticējošo

sugu kopu. Palielinoties augtņu trofiskumam un egles lomai kokaudzē, dažādojas zemsedzes sugu sastāvs, kas izpaužas dažādu sugu grupu sastopamībā, piemēram, *Sphagnum girgensohnii*, *Carex acutiformis*, *Filipendula ulmaria* un *Galium palustre* grupa. Minētās grupas ir pārmitro oligotrofo (*Vaccinieta uliginosi*) un mezo-eitrofo melnalkšņu staignāju (*Alnetea glutinosi*) kontaktsabiedrības diagnosticējošas sugu kopas. Pēc mitruma apstākļiem pārmitro sugu grupai piederīga ir arī īslaika *Sesleria caerulea* grupa. Šīs reti sastopamās grupas sugu diagnosticējošās pazīmēs norāda uz priežu mežu un zāļu purvu sabiedrību (*Scheuchzeria-Caricetea nigrae*) ģenētisko saikni.

Mezo-eitrofām un eitrofām mēreni mitrām augtņiem ir raksturīgas *Galeobdolon luteum*, *Dryopteris filix-mas*, *Galium odoratum* un *Impatiens noli-tangere* sugu grupas. Šīs grupas sastopamas priežu (dižsils), bet jo sevišķi egļu (vēris, gārša, slapjā gārša, platlapju ārenis un kūdrenis), ar putekļu un duļķu frakcijām bagātās, augsnes un diagnosticē pastāvīgu un daļēji stabilu (kontaktsabiedrību) skujkoku mežu sabiedrības, kas iekļaujas Eiropas

vasarzaļo ozolu un dižskābaržu mežu (*Quercus-Fagetes*) klasē. Pie šīs grupu kopas nosacīti pieder arī antropogēno skujkoku mežu *Impatiens parviflora* sugu grupa (*Impatiens parviflora* ir klases *Quercus-Fagetes* rakstursuga).

Oligotrofām un sausām jeb kserofītām augtenēm ir raksturīga *Pulsatilla patens* grupa, kas ekoloģiski un fitosocioloģiski ir tuva kserofītiem subkontinentālajiem priežu mežiem (*Pulsatilla-Pinetes*) un acīmredzot ir reducēts subokeānisks variants. *Pulsatilla patens* grupai ir fitosocioloģiska saistība ar *Cladina arbuscula* grupu (*Carex ericetorum*, *Arctostaphylos uva-ursi*), ka arī ar *Calamagrostis arundinaceae* grupu (*Polygonatum odoratum*, *Trommsdorffia maculata*, *Pulsatilla patens*). Minētajām kserofīto augtenju stabilajām sugu grupām fitosocioloģiski līdzīga ir daļēji stabilā *Veronica spicata* grupa (*Veronica spicata*, *Chimaphila umbellata*, *Pyrola chlorantha*, *Viola rupestris* ir *Pulsatilla-Pinetes* klases sintaksonu rakstursugas).

Kserofītām un sausām augtenēm vēl ir raksturīgas vairākas daļēji stabilas un sērijveida augu sugu grupas. Raksturīgākā un savdabīgākā no tām ir *Brachypodium pinnatum* grupa. Šīs grupas vadošā suga *Brachypodium pinnatum* ir submeridionālās un temperātās zonas suga ar subkontinentālu un kontinentālu izplatību Āzijas hemiboreālajā zonā. *Brachypodium pinnatum* ir klases *Brachypodium pinnati-Betuletea pendulae* rakstursuga (Ermakov et al., 2000), bet Latvijā kā skujkoku, tā arī platlapju mežos šī suga ir ļoti raksturīga kserofitizācijas indikatorsuga. *Brachypodium pinnatum* grupai ekoloģiski un fitosocioloģiski tuvas ir grupas *Geranium sanguineum* (*Galium boreale*, *Pimpinella saxifraga*), *Pulsatilla pratensis* (*Peucedanum oreoselinum*, *Trommsdorffia maculata*) un *Cotoneaster niger* (*Origanum vulgare*).

Priežu mežu īslaika sabiedrības Latvijā arī veidojas, aizaugot sausiem zālājiem (*Festuco-Brometes*). Šīs sukcesijas raksturīgas sugu grupas ir *Helictotrichon pratense* un *Primula veris*.

Sauso priežu mežu sugu grupas Latvijā ir sastopamas galvenokārt valsts austrumu reģionos, kur ir ievērojami kontinentālāks klimats nekā rietumos jūras tuvumā. Tāpat uzskatāma ir to saistība ar smilšainu substrātu vai seklām pamatiežu (dolomīts) iegulām (galvenokārt upju ielejas), kas lokāli pastiprina klimata kontinentalitāti. Raksturīgi, ka šajās sauso priežu audžu sabiedrību socioloģiskajās sugu grupās ir vairākas kserofīto (stepes) zālāju (*Festuco-Brometes*) sintaksonu rakstursugas, piemēram, *Veronica spicata*, *Brachypodium pinnatum*, *Pulsatilla patens*, *Potentilla arenaria*, *Dianthus arenarius*, *Onobrychis arenaria*, *Pulsatilla pratensis*, *Carlina vulgaris*, *Anemone sylvestris*, *Filipendula vulgaris*

u.c., kas liecina par šo mežu savdabību un ir iemesls to iekļaušanai subkontinentālo sauso silpurenēs un priedes mežu (*Pulsatilla-Pinetes*) klasē.

Cilvēka stipri ietekmētām skujkoku audzēm (nomīdīšana, piesārņošana ar bioelementiem un smagajiem metāliem) ir raksturīga jau minētā zemsedzes ruderalizācija un gramīnifikācija. Šie procesi sekmē intensīvu nezāļu, graudzāļu un svešzemju sugu invāziju, viengadīgu un divgadīgu augu sugu un monodominātu graudzāļu grupējumu, kā arī neofīto svešzemju sugu sabiedrību veidošanos (*Stellarietes mediae*, *Polygonum arenarium-Poetes annuae*, *Artemisietes vulgaris*, *Molinio-Arrhenatheretes*).

Turpmākos pētījumos augu sugu socioloģiskās grupas, mūsdiā, sekmīgi ir izmantojamas skujkoku mežu sintaksonu (savienība, asociācija, variants) diagnosticēšanā un kopējās augu sabiedrību sistēmas sakārtošanā.

Secinājumi

1. Analizējot 2332 skujkoku mežu aprakstos vaskulāro augu, sūnu un ķērpju sugu savstarpējo asociēšanās ciešumu ($\Phi > 45.0$), izveidotas 30 augu sugu socioloģiskās grupas, kuras pēc to izplatības un noturības pakāpes iedalītas trīs dinamiskās kategorijās: stabilās jeb pastāvīgās, kvazistabilās jeb daļēji pastāvīgās un sērijveida jeb īslaika skujkoku mežu augu sugu socioloģiskās grupās.
2. Nozīmīgākie augu sugu socioloģisko grupu sugu sastāvu diferencējošie vides faktori ir augtenes bagātība ar barības vielām (augiem pieejamais slāpekļa daudzums) un klimata kontinentalitāte.
3. Latvijas skujkoku mežu sabiedrības ir daudzveidīgas. Sugu grupu sintaksoniskā analīze pamato to piederību trīs Eirosibīrijas boreonemorālās (hemoboreālās) zonas meža sabiedrību klasēm: *Vaccinio-Piceetes*, *Quercus-Fagetes* un *Pulsatilla-Pinetes*.

Literatūra

1. Āboliņa, A. (2001) Latvijas sūnu saraksts. *Latvijas Veģetācija*, 3: 47.-87.
2. Bambe, B. (2001) Dabas lieguma Čortoka ezers ar apkārtējo ainavu flora un veģetācija. *Latvijas Veģetācija*, 4: 81.-104.
3. Bambe, B. (2002) Priežu mežu veģetācija un ekoloģiskā nozīme Ozolsalas meža masīvā. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, 5: 20.-24.
4. Bambe, B. (2003) Pine forest plant communities in the Daugava Loka nature park. *Acta Universitatis Latviensis. Earth and Environment Sciences*, 654: 64.-98.

5. Bruelheide, H. (1995) Die Grünlandgesellschaften des Harzes und ihre Standortbedingungen. Mit einem Beitrag zum Gliederungsprinzip auf der Basis von statistisch ermittelten Artengruppen. *Dissertationes Botanicae*, 244, 1-338.
6. Bruelheide, H. (2000) A new measure of fidelity and its application to defining species groups. *Journal of Vegetation Science*, 11: 167-178.
7. Bruelheide, H., Chytrý, M. (2000) Towards unification of national vegetation classifications: A comparison of two methods for analysis of large data sets. *Journal of Vegetation Science*, 11, 2: 295-306.
8. Bušs, K. (1981) *Meža ekoloģija un tipoloģija*. Zinātne, Rīga, 65 lpp.
9. Csapody, I., Horanszky, A., Simon, T., Pocs, T., Szodfridt, I., Tallos, P. (1963) Die ökologische Artengruppen der Wälder Ungarns. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae*, XII, 3-4: 209-231.
10. Chytrý, M., Exner, A., Hrivnák, R., Ujhazy, K., Valachovič, M., Willner, W. (2002a) Context-dependence of diagnostic species: A case study of the Central European spruce forests. *Folia Geobotanica*, 37, 403-417.
11. Chytrý, M., Tichý, L., Holt, J., Botta-Dukat, Z. (2002b) Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 13, 79-90.
12. Dierschke, H. (1994) *Pflanzensoziologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 683 S.
13. Eihe, V. (1933) Meža tipi kā meža vēsturiskās izveidošanās rezultāts. *Mežsaimniecības Rakstu Krājums*, 11: 39.-48.
14. Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. (1992) *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen, 258 S.
15. Ermakov, N., Dring, J., Rodwell, J. (2000) Classification of continental hemiboreal forests of north Asia. *Braun-Blanquetia*, 28: 1-129.
16. Gavrilova, G., Šulcs, V. (1999) *Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts*. Latvijas akadēmiskā bibliotēka, Rīga, 136 lpp.
17. Hennekens, S. M. (1995) *TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytosociological data*. IBN_DLO, Wageningen.
18. Kiršteins, K. (1923) Mežaudžu asociācijas kā mūsu mežu klasifikācijas pamats. *Mežsaimniecības Rakstu Krājums*, 1: 5.-20.
19. Koči, M., Chytrý, M., Tichý, L. (2003) Formalized reproduction of an expert-based phytosociological classification: A case study of subalpine tall-forb vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 14: 601-610.
20. Krauklis, A. (1999) Viršu biogeocenozes Britānijas un Latvijas ainavā. *Ģeogrāfiski Raksti*, 7: 31-57.
21. Krauklis, A. (2006) Landschaftsentwicklung in den baltischen Ländern unter dem Einfluss des Menschen. *Nova Acta Leopoldina*, NF 94, 346: 51-81.
22. Kreile, V. (1996) Madonas-Trepes valņa sauso priežu mežu veģetācija. *Latvijas ģeogrāfu kongress. Tēzes un programma*. Rīga, 33.-35. lpp.
23. Kreile, V. (1999) Krustkalnu rezervāta meža augu sabiedrības. *Latvijas Veģetācija*, 2: 81.-105.
24. Kreile, V. (2001) Teiču dabas rezervāta egļu meži minerālaugsnēs. *Latvijas Veģetācija*, 4: 71-80.
25. Kreile, V. (2002) Priežu meži ar asinsšārto gandreni *Geranium sanguineum* Madonas-Trepes valnī. *Latvijas Universitātes 64. zinātniskā konference. Ģeogrāfija Ģeoloģija Vide. Referātu tēzes*. Rīga, 74.-78. lpp.
26. Kreile, V. (2003) Vegetation of dry oligotrophic pine forest in central and eastern Latvia. *Acta Universitatis Latviensis. Earth and Environment Sciences*, 654: 99-136.
27. Kreile, V. (2005a) Vegetation of pine forest on the Daugava riversides. *Acta Universitatis Latviensis. Earth and Environment Sciences*, 685: 38-68.
28. Kreile, V. (2005b) Dabas lieguma Posolnīca priežu mežu veģetācija. *Ziemeļaustrumlatvijas daba un cilvēki reģionālā skatījumā*. Rīga, 139.-141. lpp.
29. Kreile, V. (2006) Priežu mežu veģetācija dabas liegumā „Gaujienas priedes”. *Latvijas Universitātes 64. zinātniskā konference. Referātu tēzes*. Rīga, 60.-62. lpp.
30. Laiviņš, M. (1986) Latvijas ezeru salu ozolu un liepu (*Quercus-Tilietum* Laiv. 1983) mežu sabiedrības. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 28: 16.-23.
31. Laiviņš, M. (1994) Latvijas meža tipu biogeogrāfiskā analīze. *Mežzinātne*, 4: 50.-62.
32. Laiviņš, M. (1998) Latvijas boreālo priežu mežu sinantropizācija un eitifikācija. *Latvijas Veģetācija*, 1: 1.-137.
33. Laiviņš, M. (2002) Latvijas priežu mežu antropogēnie varianti. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, 5: 3-19.
34. Laiviņš, M. (2005) Mežaudze kā ainavas augstumjoslojuma indikators. *Ģeogrāfija Ģeoloģija Vides zinātne. Latvijas Universitātes 63. zinātniskā konference. Referātu tēzes*. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 66.-68. lpp.
35. Laiviņš, M., Jankevica, A. (1999) Ogres pilsētas skujkoku mežu transformācija. *Mežzinātne*, 8: 58.-83.

36. Laiviņš, M., Kreile, V. (2006) Priežu un platlapju mežu augu sabiedrības pilskalnu nogāzēs. *Latvijas Universitātes Raksti. Zemes un Vides zinātnes*, 695: 93.-150.
37. Laiviņš, M., Laiviņa, S. (1988) Latvijas aizsargājamo ezeru salu priežu mežu sabiedrības. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 30: 11.-15.
38. Laiviņš, M., Laiviņa, S. (1991) Jūrmalas mežu sinantropizācija. *Jaunākais Mežsaimniecībā* 33: 67.-83.
39. Laiviņš, M., Melecis, V. (2003) Bio-geographical interpretation of climate data in Latvia: multidimensional analysis. *Acta Universitatis Latviensis. Earth and Environment Sciences*, vol. 654:7-22.
40. Passarge, H., Hofmann, G. (1964) Soziologische Artengruppen mitteleuropäische Wäldern. *Archiv für Forstwesen*, 13, 9: 913-937.
41. Piterāns, A. (2001) Latvijas ķērpju konspekts. *Latvijas veģetācija*, 3, 5.-46.
42. Ramans, K. (1956) Par dažiem Latvijas PSR teritorijas fiziski ģeogrāfiskās mikrorajonēšanas jautājumiem. *Latvijas Valsts Universitātes Zinātniskie Raksti. Ģeogrāfijas zinātnes*, 71: 39.-70.
43. Ramans, K. (1994) Ainavrajonēšana. Gr.: *Latvijas daba. Enciklopēdija*. Latvijas enciklopēdija, Rīga, 1, 22.-24.
44. Rūsiņa, S. (2005) Diagnostic species of mesophyllous and xerophyllous grassland plant communities in Latvia. *Acta Universitatis Latviensis. Earth and Environment Sciences*, 685: 69-95.
45. Rūsiņa, S. (2007) Latvijas mezofīto un kserofīto zālāju daudzveidība un kontaktsabiedrības. *Latvijas Veģetācija*, 12: 1.-366.
46. Rūsiņa, S., Piliksere, D. (2005) Latvijas sausieņu egļu mežu augu sugu socioloģiskās grupas. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, 14: 30.-39.
47. Sarma, P. (1954) *Latvijas PSR meža tipi*. LVI, Rīga, 44 lpp.
48. Scamoni, A. (1955) *Einführung in die praktische Vegetationskunde*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 222 S.
49. Scamoni, A. (1963) *Einführung in der praktische Vegetationskunde*. Zweite Auflage. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 236 S.
50. Scamoni, A., Passarge, H. (1959) Gedanken zu einer natürlichen Ordnung der Waldgesellschaften. *Archiv für Forstwesen*, 85: 386-426.
51. Tichy, L., Chytrý, M. (2006) Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, 17, 809-818.
52. Tichy, L., Holt, J. (2006) *JUICE program for management, analysis and classification of ecological data. Program manual*. Czech Republic, 98 pp.
53. Vugule, I. (1970) Zemsegas augu grupas kā indikatori. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība*, 3:30.-31.
54. Zālītis, P. (2006) *Mežkopības priekšnosacījumi*. Silava, "Et cetera", Rīga, 217 lpp.
55. Буш, К.К. (1989) Экология и типология сосновых лесов. Буш К.К. (ред.). *Береза в сосняках*. Зинатне, Рига, 7-28.
56. Буш, К.К., Аболинь, А.А. (1968) Стрoение и изменение растительного покрова важнейших типов леса под влиянием осушения. В кн.: *Вопросы гидромелиорации*. Зинатне, Рига, 71-126.
57. Каразия, С. (1977) Фитоцено-экологические группы растений лесов Литовской ССР. Кайрюкштитс Л. (ред). *Труды Литовского научно-исследовательского института лесного хозяйства*, 17:3-10.
58. Лайвиньш, М. (1980) Экологические группы растений лесных сообществ охраняемых озерных островов Латвийской ССР. В кн.: *Ботанические сады Прибалтики. Экологические исследования*. Зинатне, Рига, 119-122.
59. Райд, Л.К. (1969) Эдафические условия в брусничном и черничном типах местопроизрастания леса. Автореферат диссертации на соискании ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Тарту, 33 стр.

Pateicība

Autori pateicas Leldei Enģelei par Latvijas skujkoku mežu sabiedrību datu bāzes pilnveidošanu un sakārtošanu.

Latvijas skujkoku mežu socioloģiskās sugu grupas
Sociological species groups of the needle-leaved forests of Latvia

Skujkoku mežu stabilās jeb pastāvīgās augu sugu grupas / The constant (stable) sociological species groups of needle-leaved forests			
sugas / species	Φ koeficienta vērtība / Φ coefficient	sastopamība (+) grupā, % / frequency in the (+) group, %	sastopamība (-) grupā, % / frequency in the (-) group, %
CLADINA ARBUSCULA GRUPA (213; 2)			
<i>Cladina arbuscula</i>	88.35	94.4	1.7
<i>Cladina rangiferina</i>	80.59	95.3	3.8
<i>Cladina stellaris</i>	71.81	54.5	0.0
<i>Cetraria islandica</i>	33.97	19.7	0.9
<i>Calluna vulgaris</i>	33.63	92.5	36.1
<i>Carex ericetorum</i>	32.53	46.5	9.1
<i>Cladonia cornuta</i>	31.39	11.3	0.0
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	29.52	31.9	5.0
VACCINIUM VITIS_IDAEA GRUPA (1505; 3)			
<i>Pleurozium schreberi</i>	75.10	96.7	26.0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	69.52	84.6	13.2
<i>Dicranum polysetum</i>	62.38	68.8	3.9
<i>Calluna vulgaris</i>	58.89	61.9	1.5
<i>Melampyrum pratense</i>	58.80	69.1	7.7
<i>Hylocomium splendens</i>	54.92	83.8	28.8
<i>Vaccinium myrtillus</i>	41.74	78.9	37.0
<i>Festuca ovina</i>	38.48	53.6	14.3
<i>Pinus sylvestris</i>	38.29	96.0	68.4
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	33.68	32.5	3.3
<i>Juniperus communis</i>	28.75	40.1	12.5
VACCINIUM MYRTILLUS GRUPA (994; 2)			
<i>Luzula pilosa</i>	68.09	84.0	15.5
<i>Trientalis europaea</i>	61.66	56.9	2.5
<i>Vaccinium myrtillus</i>	58.65	96.7	39.8
<i>Hylocomium splendens</i>	28.06	79.9	52.7
<i>Maianthemum bifolium</i>	27.75	42.6	17.3
<i>Sorbus aucuparia</i>	25.28	77.7	53.1
<i>Frangula alnus</i>	24.94	57.6	32.7
<i>Lycopodium annotinum</i>	24.50	14.0	1.5

OXALIS ACETOSELLA GRUPA (598; 2)			
<i>Oxalis acetosella</i>	80.85	86.3	5.1
<i>Mycelis muralis</i>	63.63	60.7	4.0
<i>Maianthemum bifolium</i>	63.38	76.6	11.4
<i>Plagiomnium affine</i>	56.91	51.8	3.9
<i>Galeobdolon luteum</i>	40.34	35.8	4.9
<i>Rubus idaeus</i>	38.72	62.0	20.9
<i>Viola riviniana</i>	37.47	27.8	2.9
<i>Dryopteris carthusiana</i>	36.47	49.8	14.4
<i>Corylus avellana</i>	36.43	56.7	19.0
GALEOBDOLON LUTEUM GRUPA (219; 2)			
<i>Galeobdolon luteum</i>	73.39	89.0	4.9
<i>Asarum europaeum</i>	66.28	57.5	1.3
<i>Hepatica nobilis</i>	64.08	72.1	4.3
<i>Stellaria holostea</i>	61.40	47.5	0.8
<i>Carex digitata</i>	41.54	61.2	10.3
<i>Viola mirabilis</i>	39.85	23.7	0.8
<i>Corylus avellana</i>	38.78	83.1	23.0
<i>Lonicera xylosteum</i>	38.41	58.4	10.9
<i>Oxalis acetosella</i>	35.61	74.4	20.9
DRYOPTERIS FILIX-MAS GRUPA (200; 2)			
<i>Dryopteris filix-mas</i>	66.44	69.5	2.9
<i>Eurhynchium angustirete</i>	64.38	74.0	4.3
<i>Paris quadrifolia</i>	60.98	53.5	1.6
<i>Actaea spicata</i>	57.73	50.0	1.7
<i>Galeobdolon luteum</i>	45.51	62.5	8.2
<i>Fraxinus excelsior</i>	40.49	40.0	3.7
<i>Equisetum pratense</i>	40.16	48.0	5.9
<i>Oxalis acetosella</i>	39.87	83.0	20.6
<i>Plagiomnium undulatum</i>	39.13	29.5	1.7
PULSATILLA PATENS GRUPA (256; 2)			
<i>Pulsatilla patens</i>	74.20	76.6	2.7
<i>Thymus serpyllum</i>	69.28	72.7	3.4
<i>Polygonatum odoratum</i>	53.69	75.4	10.3
<i>Antennaria dioica</i>	50.35	34.8	0.9
<i>Trommsdorffia maculata</i>	37.51	34.0	3.6
<i>Veronica spicata</i>	37.43	26.2	1.7
<i>Viola rupestris</i>	36.51	25.8	1.8
<i>Carex ericetorum</i>	36.45	46.9	8.3
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	33.36	32.4	4.4

CALAMAGROSTIS ARUNDINACEA GRUPA (555; 2)			
<i>Convallaria majalis</i>	76.25	100.0	14.6
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	71.53	100.0	18.5
<i>Geranium sanguineum</i>	35.42	23.1	1.9
<i>Polygonatum odoratum</i>	34.09	40.5	10.2
<i>Juniperus communis</i>	28.71	53.9	22.9
<i>Trommsdorffia maculata</i>	28.07	19.6	2.9
<i>Pulsatilla patens</i>	27.45	26.1	6.1
LEDUM PALUSTRE GRUPA (67; 2)			
<i>Ledum palustre</i>	76.75	83.6	1.0
<i>Vaccinium uliginosum</i>	64.23	94.0	3.3
<i>Sphagnum capillifolium</i>	57.59	59.7	1.3
<i>Eriophorum vaginatum</i>	34.13	22.4	0.5
<i>Betula pubescens</i>	31.85	64.2	8.0
<i>Sphagnum angustifolium</i>	29.02	26.9	1.5
<i>Molinia caerulea</i>	25.79	46.3	6.1
<i>Oxycoccus palustris</i>	24.88	13.4	0.4
OXYCOCCUS PALUSTRIS GRUPA (21; 3)			
<i>Oxycoccus palustris</i>	87.34	81.0	0.0
<i>Eriophorum vaginatum</i>	83.83	95.2	0.3
<i>Andromeda polifolia</i>	75.65	61.9	0.0
<i>Sphagnum magellanicum</i>	71.42	85.7	0.5
<i>Sphagnum angustifolium</i>	60.65	95.2	1.3
<i>Sphagnum fuscum</i>	43.48	19.0	0.0
<i>Drosera rotundifolia</i>	43.48	19.0	0.0
<i>Ledum palustre</i>	41.15	81.0	2.6
<i>Betula nana</i>	30.73	9.5	0.0
<i>Sphagnum rubellum</i>	30.73	9.5	0.0
Kvazistabilas jeb daļēji stabilas augu sugu socioloģiskās grupas / The quasistable (partly stable) sociological species groups			
GALIUM ALBUM GRUPA (607; 2)			
<i>Galium album</i>	68.21	65.2	3.5
<i>Knautia arvensis</i>	66.30	60.3	2.7
<i>Fragaria vesca</i>	66.01	90.1	17.7
<i>(Veronica chamaedrys)</i>	56.75	48.9	2.9
<i>Pimpinella saxifraga</i>	48.57	40.4	3.2
<i>Viola canina</i>	34.63	30.5	5.1
<i>Agrostis tenuis</i>	34.21	44.8	12.9
<i>Achillea millefolium</i>	34.12	23.6	2.5
<i>Melica nutans</i>	33.55	39.9	10.4

VERONICA SPICATA GRUPA (125; 2)			
<i>Veronica spicata</i>	60.08	56.0	1.4
<i>Chimaphila umbellata</i>	55.70	65.6	3.4
<i>(Thymus serpyllum)</i>	53.15	80.8	7.0
<i>Pyrola chlorantha</i>	44.23	32.0	0.9
<i>Viola rupestris</i>	30.10	30.4	2.9
<i>Pulsatilla patens</i>	29.65	49.6	8.7
<i>Antennaria dioica</i>	28.27	29.6	3.2
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	25.12	35.2	5.9
<i>Dianthus arenarius s. borussicus</i>	24.71	16.8	1.2
GERANIUM SANGUINEUM GRUPA (112; 2)			
<i>Geranium sanguineum</i>	69.59	85.7	3.0
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	59.82	50.9	0.9
<i>Pimpinella saxifraga</i>	51.77	90.2	9.0
<i>Kanutia arvensis</i>	32.71	73.2	14.9
<i>Galium boreale</i>	31.27	48.2	6.8
<i>Trommsdorffia maculata</i>	30.27	41.1	5.2
<i>Trifolium montanum</i>	27.85	20.5	1.3
<i>Polygonatum odoratum</i>	26.71	62.5	15.1
BRACHYPODIUM PINNATUM GRUPA (95; 2)			
<i>Origanum vulgare</i>	60.78	48.4	0.5
<i>Brachypodium pinnatum</i>	60.58	51.6	0.8
<i>Galium boreale</i>	58.72	89.5	5.4
<i>Clinopodium vulgare</i>	56.81	63.2	2.2
<i>Campanula persicifolia</i>	37.62	48.4	4.0
<i>Stachys officinalis</i>	37.56	21.1	0.4
<i>Melica nutans</i>	31.45	76.8	15.6
<i>Pimpinella saxifraga</i>	29.59	61.1	10.9
<i>Centaurea scabiosa</i>	29.20	28.4	2.2
PRIMULA VERIS GRUPA (63; 2)			
<i>Primula veris</i>	68.06	66.7	0.7
<i>Agrimonia eupatoria</i>	58.28	66.7	1.6
<i>Rhamnus cathartica</i>	57.90	76.2	2.5
<i>Anemone sylvestris</i>	56.44	38.1	0.2
<i>Viola collina</i>	37.12	36.5	1.5
<i>Leontodon hispidus</i>	36.32	25.4	0.6
<i>Filipendula vulgaris</i>	32.71	23.8	0.7
<i>Berberis vulgaris</i>	31.43	34.9	2.1
<i>Campanula glomerata</i>	30.00	17.5	0.4

POTENTILLA ARENARIA GRUPA (9; 2)			
<i>Potentilla arenaria</i>	80.09	100.0	0.2
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	66.54	66.7	0.1
<i>Arenaria procera</i>	62.19	77.8	0.3
<i>Pilosella cymosa</i>	40.64	33.3	0.1
<i>Carlina vulgaris</i>	40.12	55.6	0.5
<i>Pilosella x glomerata</i>	38.37	22.2	0.0
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	38.22	44.4	0.3
<i>Onobrychis arenaria</i>	36.92	55.6	0.6
PULSATILLA PRATENSIS GRUPA (40; 2)			
<i>Pulsatilla pratensis</i>	63.07	77.5	1.2
<i>Rosa majalis</i>	54.94	55.0	0.7
<i>Silene nutans</i>	50.39	100.0	4.8
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	26.75	15.0	0.3
<i>Trommsdorffia maculata</i>	23.76	52.5	6.1
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	23.44	35.0	2.7
<i>Luzula campestris</i>	22.91	15.0	0.4
<i>Poa angustifolia</i>	21.89	27.5	1.9
GALIUM ODORATUM GRUPA (9; 2)			
<i>Carpinus betulus</i>	100.00	100.0	0.0
<i>Galium odoratum</i>	63.78	100.0	0.6
<i>Festuca altissima</i>	57.66	33.3	0.0
<i>Milium effusum</i>	42.05	100.0	1.8
<i>Ranunculus cassubicus</i>	39.32	100.0	2.1
<i>Mercurialis perennis</i>	34.84	88.9	2.1
<i>Stachys sylvatica</i>	34.72	77.8	1.6
<i>Fragaria x ananassa</i>	33.28	11.1	0.0
GALIUM PALUSTRE GRUPA (27; 2)			
<i>Galium palustre</i>	79.86	96.3	0.6
<i>Lysimachia vulgaris</i>	54.98	100.0	2.6
<i>Iris pseudacorus</i>	54.21	29.6	0.0
<i>Carex acutiformis</i>	47.66	37.0	0.3
<i>Filipendula ulmaria</i>	42.23	59.3	1.5
<i>Thelypteris palustris</i>	41.48	33.3	0.3
<i>Calliergonella cuspidate</i>	39.29	40.7	0.7
<i>Lycopus europaeus</i>	39.24	29.6	0.3

CAREX ACUTIFORMIS GRUPA (22; 2)*			
<i>Carex acutiformis</i>**	79.80	68.2	0.0
<i>Carex flava</i>	72.17	63.6	0.1
<i>Thelypteris palustris</i>	66.95	59.1	0.2
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	66.20	90.9	0.9
<i>Calamagrostis canescens</i> ***	44.96	68.2	1.5
<i>Carex elongata</i>	44.95	27.3	0.1
<i>Carex vaginata</i>	41.47	50.0	0.9
<i>Calliergonella cuspidate</i>	39.65	45.5	0.8
<i>Lycopus europaeus</i>	38.06	31.8	0.3
FILIPENDULA ULMARIA GRUPA (20; 2)			
<i>Filipendula ulmaria</i>	62.20	100.0	1.3
<i>Climacium dendroides</i>	61.59	100.0	1.4
<i>Mentha aquatica</i>	38.59	15.0	0.0
<i>Sphagnum russowii</i>	36.25	20.0	0.1
<i>Agrostis canina</i>	33.49	20.0	0.1
<i>Cardamine amara</i>	33.33	15.0	0.0
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	31.83	25.0	0.3
IMPATIENS NOLI-TANGERE GRUPA (16; 2)			
<i>Impatiens noli-tangere</i>	65.46	100.0	0.9
<i>Circaea alpina</i>	57.95	100.0	1.3
<i>Geranium robertianum</i>	35.93	37.5	0.5
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	32.78	68.8	2.4
<i>Naumburgia thyrsiflora</i>	23.30	18.8	0.3
<i>Ranunculus repens</i>	20.34	43.8	2.6
<i>Brachythecium reflexum</i>	20.09	12.5	0.2
SPHAGNUM GIRGENSOHNII GRUPA (15; 2)			
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	59.91	93.3	0.9
<i>Polytrichum commune</i>	49.01	86.7	1.4
<i>Dryopteris cristata</i>	47.98	46.7	0.3
<i>Calypogeia muelleriana</i>	25.74	6.7	0.0
<i>Campylium sommerfeltii</i>	25.74	6.7	0.0
<i>Lepidozia reptans</i>	25.74	6.7	0.0
<i>Equisetum fluviatile</i>	25.74	6.7	0.0
<i>Carex loliacea</i>	25.59	13.3	0.1

Īslaika jeb sērijveida augu sugu socioloģiskās grupas / The short-term/seral sociological species groups			
IMPATIENS PARVIFLORA GRUPA (89; 4)			
<i>Impatiens parviflora</i>	61.62	93.3	4.9
<i>Chelidonium majus</i>	60.87	65.2	1.7
<i>Glechoma hederacea</i>	56.65	47.2	0.8
<i>Sambucus racemosa</i>	55.27	83.1	5.0
<i>Stellaria media</i>	49.25	61.8	3.3
<i>Urtica dioica</i>	46.77	75.3	6.2
<i>Geum urbanum</i>	45.37	66.3	4.9
<i>Agrostis stolonifera</i>	30.18	20.2	0.8
<i>Anthriscus sylvestris</i>	29.56	40.4	4.4
<i>Amelanchier spicata</i>	28.10	59.6	10.8
<i>Dactylis glomerata</i>	26.52	55.1	10.2
<i>Galium aparine</i>	24.03	7.9	0.1
PLANTAGO MAJOR GRUPA (30; 2)			
<i>Plantago major</i>	70.71	90.0	0.9
<i>Poa annua</i>	63.96	63.3	0.4
<i>Trifolium repens</i>	57.15	70.0	1.0
<i>Lolium perenne</i>	34.15	16.7	0.1
<i>Artemisia vulgaris</i>	33.41	53.3	2.4
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	29.98	16.7	0.2
<i>Berteroa incana</i>	25.86	20.0	0.5
<i>Crepis tectorum</i>	25.66	6.7	0.0
POTENTILLA ARGENTEA GRUPA (13; 2)			
<i>Potentilla argentea</i>	75.14	69.2	0.1
<i>Artemisia campestris</i>	59.79	100.0	1.0
<i>Berteroa incana</i>	53.52	61.5	0.4
<i>Lepidium densiflorum</i>	27.66	7.7	0.0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	27.53	15.4	0.1
<i>Elytrigia repens</i>	25.91	53.8	2.0
<i>Leontodon autumnalis</i>	25.63	46.2	1.5
<i>Poa annua</i>	25.15	38.5	1.0
DACTYLIS GLOMERATA GRUPA (156; 2)			
<i>Dactylis glomerata</i>	70.13	96.8	5.8
<i>Veronica chamaedrys</i>	55.36	88.5	9.6
<i>Artemisia vulgaris</i>	52.20	36.5	0.6
<i>Plantago major</i>	36.01	21.2	0.7
<i>Taraxacum officinale</i>	32.25	47.4	7.9
<i>Geum urbanum</i>	32.24	38.5	5.0
<i>Anthriscus sylvestris</i>	30.85	32.7	3.9
<i>Elytrigia repens</i>	28.16	17.9	1.1

COTONEASTER NIGER GRUPA (16; 2)			
<i>Cotoneaster niger</i>	72.46	81.3	0.3
<i>Euonymus verrucosa</i>	54.86	93.8	1.3
<i>Lithospermum officinale</i>	53.15	50.0	0.3
<i>Campylium species</i>	35.25	12.5	0.0
<i>Agrimonia pilosa</i>	33.00	25.0	0.2
<i>Viola hirta</i>	29.82	31.3	0.5
<i>Verbascum nigrum</i>	26.70	31.3	0.7
<i>Origanum vulgare</i>	25.36	50.0	2.2
SESLERIA CAERULEA GRUPA (8; 3)			
<i>Drepanocladus lycopodioides</i>	100.00	100.0	0.0
<i>Sesleria caerulea</i>	94.26	100.0	0.0
<i>Carex panicea</i>	81.58	100.0	0.2
<i>Primula farinose</i>	74.91	75.0	0.1
<i>Epipactis palustris</i>	74.91	75.0	0.1
<i>Carex capillaries</i>	70.65	50.0	0.0
<i>Carex flacca</i>	66.52	100.0	0.4
<i>Carex hostiana</i>	61.17	37.5	0.0
<i>Salix rosmarinifolia</i>	58.14	87.5	0.5
<i>Schoenus ferrugineus</i>	57.61	50.0	0.1
<i>Campylium stellatum</i>	52.93	37.5	0.0
HELICOTRICHON PRATENSE GRUPA (10; 2)			
<i>Helictotrichon pratense</i>	61.80	100.0	0.7
<i>Filipendula vulgaris</i>	56.54	100.0	0.9
<i>Fragaria viridis</i>	39.74	40.0	0.3
<i>Pentaphylloides fruticosa</i>	36.38	20.0	0.0
<i>Gymnadenia conopsea</i>	31.56	10.0	0.0
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	31.56	10.0	0.0
<i>Orchis militaris</i>	31.56	10.0	0.0

* – pirmais skaitlis iekavās norāda datu masīva (+) grupā esošo aprakstu skaitu, otrais skaitlis – minimālo socioloģiskās sugu grupas sugu skaitu, kam jābūt aprakstā, lai to varētu iekļaut (+) grupā / the first figure in brackets is the number of relevés included into the (+) group of the data set, the second figure – the minimal number of sociological species group species to be present in a relevé to include it into the (+) group

** – trekninātā rakstā attēlotas socioloģiskās grupas sugas / species in bold are species of the sociological species group

*** – netrekninātā rakstā attēlotas socioloģiskai grupai piecas tuvākās sugas (ar augstākajām Φ koeficienta vērtībām) / the five most close species (with the highest Φ coefficient) to the sociological species group

Ievesto parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) provenienču augšana un kvalitāte Latvijā Growth and Quality of Transferred Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenances in Latvia

Āris Jansons, Imants Baumanis

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava"

Latvian State Forestry Research Institute "Silava"

e-mail: aris@silava.lv

Abstract: A provenance trial of at age of 28-year-old Scots pine has been analyzed. In three experimental places in Latvia provenances from Germany, Poland, Russia, Byelorussia, Ukraine, and Latvia were tested. German and Polish provenances showed a significantly larger average yield compared to Latvian provenances (17% and 19% respectively). The introduced pines had significantly thicker branches (German provenances – 9%, Polish – 6%) and crooked stems (German provenances – 35%, Polish – 12%) compared to the local material. Latvian pine provenances exhibited good growth and stem quality characteristics and also survival was higher than that of foreign provenances. The research suggests that use of foreign Scots pine plant material in Latvia is not advisable. Further testing of pine provenances from areas close to Latvia (Estonia, Lithuania, and neighboring areas in Russia) is recommended.

Key words: Scots pine, provenance transfer, growth, stem quality.

Ievads

Meža sektors Latvijā ir vienīgais, kura eksporta vērtība pārsniedz importa vērtību saskaņā ar Ziņojuma par Latvijas tautsaimniecību (2004) datiem. Tāpat notiek aktīva preču un materiālu plūsma uz un no ārvalstīm. Šobrīd stādāmā materiāla daļa tajā irniecīga, taču, esot Eiropas Savienībā ar brīvu tirgu, stāvoklis nākotnē var mainīties.

Noteikumi par meža reprodutīvo materiālu (2003) paredz, ka Latvijā var ievest stādāmo materiālu no vietām, par kurām nav pierādīts, ka no tām nākušais materiāls Latvijā aug neapmierinoši. Tas nozīmē, ka steidzami ir nepieciešami dati, kā arī detalizētāki lauku izmēģinājumi, kuri nepieļautu nekvalitatīva stādāmā materiāla ieviešanu Latvijā. Nepiemērots stādāmais materiāls rada zaudējumus ne tikai tā cenas, iestādīšanas un kopšanas izmaksu izteiksmē, bet arī neiegūto ienākumu un vēlākās audzes rekonstrukcijas izmaksu veidā. Spilgts piemērs tam ir 19. gadsimta beigās no Vācijas ievestās Darmšates priedes (Gailis, 1964). Jāņem vērā, ka priežu audzēs augstuma pieauguma variāciju par 60–70% nosaka stādāmā materiāla ģenētiskās īpašības un tikai par 30–40% ekoloģiskie un cenotiskie faktori (Juodvalkis, 1994).

Audzēs, kurās valdošā koku suga ir priede, Latvijas mežos ir pārsvarā un aizņem 38% no to kopplatības, bet mistrojumā ar citām koku sugām priede sastopama vēl plašākā teritorijā. Kā liecina Valsts meža dienesta

izdevumā „Gadskārta” (2003) publicētā informācija, meža mākslīgajā atjaunošanā priedei ir ievērojama daļa: sertificētā stādāmā materiāla apjoms 2003. gadā ir gandrīz 20 milj. stādu. Tāda apjoma stādu tirgus Latvijā ir nozīmīgs, un viens no pirmajiem varētu piesaistīt ārzemju stādu tirgotāju uzmanību. Šis fakts vēl vairāk uzsver pētījumu nepieciešamību.

Priedei ir ārkārtīgi plašs izplatības areāls un augsta adaptācijas spēja. Evolūcijas gaitā pielāgojoties dažādajiem apstākļiem, ir izveidojies ievērojams skaits varietāšu (pasugu), kā arī klimatisko un edafisko ekotipu, kuri atšķiras pēc morfoloģiskajām un fizioloģiskajām pazīmēm, kā arī pēc stumbra kvalitātes, produktivitātes u.c. kritērijiem (Правдин, 1964; Giertych, 1991a).

Priedes no kāda ģeogrāfiska izcelsmes apgabalu ar līdzīgiem klimatiskajiem un augsnes apstākļiem un to rezultātā līdzīgām fenotipiskajām pazīmēm veido vienu provenienci (Dreimanis, 1989). Provenienču salīdzināšana ir viena no vecākajām un biežāk lietotajām meža selekcijas metodēm, kura savu nozīmīgumu saglabājusi arī mūsdienās.

Provenienču pārbaužu pirmajā fāzē tiek noskaidrots, no kuriem reģioniem ievestās proveniencas varētu būt perspektīvas audzēšanai konkrētajā valstī (apgabalā). Otrajā fāzē cenšas noskaidrot, tieši kuras ir šīs proveniencas (Campbell, 1974).

Darba mērķis ir, apkopojot literatūras atziņas un lauku mērījumus, izvērtēt dažādu priežu provenienču augšanu Latvijā – noslēgt provenienču pārbaudes pirmo fāzi, kā arī sniegt rekomendācijas detalizētāku pētījumu veikšanai – uzsākt provenienču pārbaudes otro fāzi.

Uzdevumi:

- 1) novērtēt dažādu priežu provenienču augšanu un kvalitāti Latvijā;
- 2) balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, dot pagaidu rekomendācijas attiecībā par valstīm, no kurām nepieciešamības gadījumā varētu ievest stādāmo materiālu;
- 3) sniegt rekomendācijas jaunu, detalizētāku priežu provenienču pārbaudi ierīkošanai.

Pētījumu materiāls un darba metodika

Sēklu materiāls iegūts 1974. gadā sadarbībā ar Vācijas meža selekcionāriem. Izmēģinājumā iekļauti 64 dažādas izcelsmes sēklu paraugi: 27 no Vācijas, 8 no Polijas, 3 no Krievijas vidienes, 1 no Baltkrievijas, 1 no Ukrainas, 18 no Latvijas proveniencēm un 6 no Latvijas sēklu plantācijām.

Vietējās sēklas ievāktas 1973./74. gadā no augošiem kokiem. Provenienes grupētas 4 ieguves apgabalos – dienvidaustrumu, ziemeļaustrumu, centrālajā un rietumu, un katru no tiem pārstāv 3–5 dabiskās izcelsmes II bonitātes IV–V vecuma klases priežu audzes. Savukārt katru provenienci pārstāv 20–25 koki, no kuriem izveidots vidējais sēklu paraugs un ierīkots klonu arhīvs (Cēsīs un Dobeļē). Sēklu plantācijas veidotas no sēklu ieguves apgabala vietējiem kloniem, bet Kalsnavas plantācija – no Ugāles, Bauskas un Mazsalacas kloniem ar augstu sveķu ražību. Sējeņi audzēti siltumnīcas apstākļos.

Izmēģinājumi ar viengadīgiem sējeņiem (kas izaudzēti no attiecīgo provenienču sēklu materiāla Latvijā) iekārtoti 1975. gadā trijos ģeogrāfiski attālos rajonos ar atšķirīgiem klimatiskajiem, bet līdzīgiem ekoloģiskajiem apstākļiem sēklu ievākšanas vietās: Liepājas virzmežniecības Bārtas mežniecībā, Bauskas virsmežniecības Zvirgzdes (tagadējā Vecumnieku) mežniecībā un Mežu pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada teritorijā.

Izmēģinājumu shēma: divkomplektu režģis (8 × 8) sešos atkārtojumos ar 35 stādiem parcelē, stādīšanas attālumi 2 × 1 m. Izmēģinājumu kultūru vienmērīga retināšana veikta 21 gada vecumā, saglabājot līdz 1/3 no sākotnējā koku skaita.

Pēdējā uzmērīšana veikta 28 gadu vecumā, nosakot koku augstumu, caurmēru krūšaugstumā, krāju m³·ha⁻¹, stumbra taisnumu un zaru resnumu. Stumbra taisnums noteikts pēc 3 ballu sistēmas, ar 1 atzīmējot taisnākos kokus, bet ar 3 – līkos (ar 3 un vairāk izliekumiem). Arī koku zaru

resnums raksturots pēc 3 ballu skalas, kokus ar tievajiem zariem novērtējot ar 1, bet ar resnajiem zariem – ar 3.

Mērījumu dati apstrādāti ar datorprogrammu SAS (Statistical Analysis System), nosakot katras provenienes pazīmju vidējās ($\bar{x}$) vērtības un variācijas koeficientu s%. Pazīmes salīdzinātas, izmantojot selekcijas starpības S%: ± novirzes no 18 Latvijas provenienču vidējās vērtības. Dati par Latvijas provenienču vērtībām ņemti no I. Baumaņa u.c. publikācijas (2001).

Vadoties no ģeogrāfiskās izcelsmes un atšķirīgā kociņu skaita pa proveniencēm, modelēta garāko koku atlase pa variantiem un atkārtojumiem: 20% no stādīto koku skaita, kas atbilst 1000 kokiem uz 1 ha (vai 42 koki proveniencē). Saskaņā ar šo atlasī aprēķināta krāja m³·ha⁻¹.

Stumbra tilpums kokiem ar caurmēru līdz 10 cm aprēķināts pēc G. Gerķa (Геркис, 1984) ieteiktā vienādojuma (1):

$$m = 0.019 + 0.01142(d_{1,3} + 2)^{2.61614} \times h^{0.76489}, \quad (1)$$

kur m – koka tilpums, dm³;
 $D_{1,3}$ – caurmērs krūšaugstumā, cm;
 h – augstums, m.

Resnākiem kokiem ar diametru, kas lielāks par 10 cm, lietots R. Ozoliņa (1997) ieteiktais vienādojums stumbra tilpuma noteikšanai (2):

$$V = \frac{\pi D^2 \cdot H \cdot I}{4 \cdot 10^4 \cdot (P(\frac{1,3}{H}))^2}, \quad (2)$$

kur V – stumbra tilpums, m³;
 H – koka augstums, m;
 D – stumbra diametrs krūšaugstumā, cm;
 I = 5298.6;
 P – perturbācijas koeficients;
 π = 3.14159.

Provenienču pēcnācēju pazīmju atšķirības un dažādu faktoru ietekmes īpatsvars noteikts, izdarot dispersijas analīzi. Noteiktas arī pazīmju korelatīvās sakarības.

Rezultāti

Mērījumu rezultāti vienā no izmēģinājuma objektiem – Liepājā – uzrādīti 1. tabulā. Dispersijas analīzes rezultāti (2. tabula) uzrāda atšķirības starp proveniencēm un analizētajām pazīmēm. Visos izmēģinājumu objektos ir izteiktas provenienču pēcnācēju koku augstumu atšķirības ar lielu ietekmes

1. tabula / Table 1

Priežu provenienču pazīmju vidējie rādītāji Liepājā
Average values of pine provenance traits in Liepaja

Izcelsmes vieta/ Place of origin	No.	Provenience/ Provenance	Atlasīto koku skaits/ Number of selected trees	Augstums, m/ Height, m		Caurmērs d _{1,3} , cm/ Breast height diameter, d _{1,3} , cm		Stumbra taisnums, balles/ Stem straightness, in points		Zaru resnums, balles/ Branch thickness, in points		Krāja uz, m ³ *ha ⁻¹ / Standing volume, m ³ *ha ⁻¹	
				$\bar{x}$	S %	$\bar{x}$	S %	$\bar{x}$	S %	$\bar{x}$	S %	$\bar{x}$	S %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Krievija/ Russia	125	Ангасяк-2	4	11	-13	13.5	-16	1.5	-3	1.9	-3	9	-94
	126	Менекекс	7	10.6	-16	13.1	-18	1.6	2	1.9	-4	15	-90
	127	Ангасяк-1	12	9.3	-26	11.9	-26	1.4	-8	1.8	-8	21	-86
	$\bar{x}$			10	-21	12.6	-22	1.5	-4	1.8	-6	15	-90
Ukraina/ Ukraine	128	Київ	19	11.7	-7	16.9	5	1.8	17	2.1	6	73	-49
Baltkrievija/ Byelorussia	129	Борисов	37	13.1	4	18.1	13	1.7	9	2.2	11	167	16
Polija/ Poland	130	Rychtal	42	13.3	5	17.7	11	1.9	26	2.2	15	182	27
	131	Pokoi	41	12.4	-2	16.6	3	1.8	17	2.02	4	154	7
	132	Plaska	42	13.2	4	17.1	7	1.8	16	2.1	10	171	19
	133	Rospuda	40	12.9	2	16.2	1	1.6	3	1.9	-3	151	5
	134	Rytel	42	13.9	10	18.6	16	2	30	2.1	11	208	44
	135	Suprasl	38	12.9	2	17.4	9	1.6	3	1.96	1	164	14
	136	Taborz	41	14	10	17.2	8	1.3	-13	1.9	0	180	25
	137	Tarda	41	12.6	-1	17	6	1.8	14	2.04	5	160	11
	$\bar{x}$			13.2	4	17.2	8	1.7	12	2.1	6	171	19
Vācija/ Germany	138	Neusterlitz	42	14	10	18.2	13	2.3	50	2.2	11	198	37
	139	Dippoldiswalde	27	11.8	-7	15	-6	2.2	45	1.9	-5	84	-42
	140	Hagenow	42	13.7	8	19.1	19	2.1	40	2.3	18	212	48
	141	Königsstein	42	12.4	-2	16.2	1	1.9	26	2.1	6	148	3
	142	Rathenow	28	12.3	-3	16.3	2	2.1	37	1.98	2	102	-29
	143	Bad Berka	42	13.5	7	16.9	6	2.3	50	1.96	1	169	18
	144	Mirow	42	13.6	7	18	12	2	30	2.1	9	196	37
	145	Oranienburg	39	13.6	8	18.2	13	1.9	22	2.12	9	181	26
	146	Eibenstock	42	12.7	1	16.4	2	1.6	4	1.9	-3	149	3
	147	Neubrandenburg	42	13.8	9	19.5	22	1.7	10	2.3	20	224	56
	148	Lobau	36	12.7	0	16.6	3	2.3	50	2.2	11	134	-7
	149	Nedlitz	42	13.8	9	18.9	18	2.2	46	2.2	14	219	52
	150	Niesky	40	13.6	7	17.5	9	1.97	29	2.04	5	174	21
	151	Rostock	42	13.6	7	18.6	16	2.2	44	2.2	14	202	41
	152	Schleitz	35	12.7	0	16.2	1	2.1	36	1.97	2	124	-14
	153	Perleberg	42	12.7	0	16.4	3	2.1	40	2.1	6	157	9
	154	Neuhaus	42	13.6	7	17.9	12	2.2	41	2.1	9	187	29
	155	Granssee	41	13.2	5	17.9	12	2.2	43	2.2	14	179	24
	156	Kvritz	41	13.2	4	17.9	12	1.98	29	2.1	9	181	25
	157	Tharandt	36	13.3	5	16.3	2	2.03	32	1.97	2	135	-6
	158	Colbitz	40	12.7	1	18.8	17	2.3	47	2.3	19	187	30
	159	Gustrow	42	13.2	4	18.2	13	2.2	43	2.1	11	192	34
	160	Oelsnitz	40	13.1	4	16.7	4	2.3	48	1.99	3	154	7
	161	Potsdam	39	12.5	-1	16.9	5	2.2	42	2.2	12	154	7
	162	Peitz	42	13.2	4	17	6	1.7	12	2.1	11	170	18
	164	Jena	41	13.6	14	17.4	9	2.02	32	2.1	6	175	22
	165	Kolpin	36	13	3	17	6	1.9	21	2.1	7	145	1
	$\bar{x}$			13.2	13	17.5	9	2.1	35	2.1	9	168	17

Piezīme. Stumbra taisnums: 1 – taisns, 2 – viens līkums, 3 – vairāki līkumi; zaru resnums: 1 – tievi, 2 – vidēji, 3 – resni. 5., 7., 9., 11., 13. kolonna: pazīmju vidējās vērtības; 6., 8., 10., 12., 14. kolonna: selekcijas starpība attiecībā pret kontroles (Latvijas provenienču) vērtību, izteikta procentos

Note. Stem straightness: 1 – straight, 2 – one curve, 3 – more than one curve; branch thickness: 1 – thin, 2 – average, 3 – thick; 5th, 7th, 9th, 11th, and 13th column – average values of traits; 6th, 8th, 10th, 12th, and 14th column – breeding differential compared to the average value of Latvian provenances, in per cent

2. tabula / Table 2

Provenienču pazīmju dispersijas analīzes rezultāti izmēģinājuma platībās
Analysis of variance for traits of provenances in trials

Pazīme/ Feature	Variācijas koeficients/ Variation coefficient			Izmēģinājuma vieta/ Place of trial		Liepāja						Zvirgzde						Kalsnava							
	Liepāja	Zvirgzde	Kalsnava	5.	6.	ī eogrāfiskā izcelsme/ Geographical origin			Provenience/ Provenance			Atkārtotums/ Replicate			ī eogrāfiskā izcelsme/ Geographical origin			Provenience/ Provenance			Atkārtotums/ Replicate				
						7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.		
1.		2.	3.	4.																					
Augstums 28 g.v./ Height at age of 28 y.		11.67	13.55	14.86	23.35	***	4.28	***	15.67	***	7.56	***	1.85	***	10.78	***	6.07	***	1.92	***	10.61	***		8.85	***
Caurspīdums 28 g.v./ Diameter at age of 28 y.		27.54	28.02	25.99	10.76	***	1.73	***	6.36	***	0.58	*	1.17	***	6.41	***	1.05	***	2.16	***	6.70	***		3.79	***
Stumbra taisnums/ Stem straightness		43.89	45.20	45.66	0.96	***		***					8.76	***	13.47	***	2.87	***	13.55	***	17.42	***		1.25	***
Zaraņība/ Branch thickness		32.06	37.99	33.07	0.63	***	0.96	***	4.16	*	1.08	***	1.29	***	6.63	***	0.78	***	2.82	***	7.00	***		0.96	***

Piezīme. Liepāja, Zvirgzde, Kalsnava – izmēģinājuma vietas; 5., 7., 9., 11., 13., 15., 17., 19., 21. un 23. kolonna norāda ietekmes īpatsvaru;

6., 8., 10., 12., 14., 16., 18., 20., 22., 24. kolonna norāda ietekmes būtiskumu: * – ietekme būtiska, ja $\alpha=0.05$; ** – ja $\alpha=0.01$; *** – ja $\alpha=0.001$

Note. Liepāja, Zvirgzde, Kalsnava – trial location places; 5th, 7th, 9th, 11th, 13th, 15th, 17th, 19th, 21st, and 23rd column show influence proportion;

6th, 8th, 10th, 12th, 14th, 16th, 18th, 20th, 22nd, and 24th column show significance of influence: * – influence significant at $\alpha=0.05$; ** – at $\alpha=0.01$; *** – at $\alpha=0.001$

īpatsvaru ($F_{0.001}=10.6\div15.7$). Atšķirības starp caurmēriem ir mazāk izteiktas ($F_{0.001}=5.4\div6.7$).

Polijas proveniences saglabā augšanas ātruma priekšrocības visos izmēģinājuma objektos: Kalsnavā $S\%=2.4$, Liepājā – 3.9 , Bauskā – 4.4 . Labākās Polijas proveniences ar universālām pielāgošanās spējām pēc augšanas ātruma un krājas ir Rytel ($S\%=37\div45$) un Rychtal ($S\%=46$ un 27) ar lokālām priekšrocībām Bauskā un Liepājā, kā arī Taborz ($S\%=25$ un 21) Liepājā un Kalsnavā. Tomēr šo provenienču pēcnācējiem, salīdzinot ar vietējiem, ir likāki stumbri ($S\%=0\div59$) un resnāki zari ($S\%=0\div27$).

Vācijas proveniences saglabā augšanas ātruma priekšrocības Liepājas ($S\%=4$) un Bauskas ($S\%=2$) objektos, bet Kalsnavā $S\%=-4$. Labākās Vācijas proveniences rietumu ieguves apgabalā ar krāju $224\text{--}202\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ ir Neubrandenburg, Nedlitz, Hagenov un Rostok ($S\%=40\text{--}56$), kurām saglabāties arī viss modelētais koku skaits. Centrālajā izmēģinājumu objektā Bauskā labākās ir Rostock, Gustrov un Gransee ar krāju $149\text{--}135\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, bet austrumu ieguves apgabalā labākās ir Neubrandenburg, Mirow un Rostock proveniences ar krāju $106\text{--}89\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$. Visas labākās Vācijas proveniences ir ar likākiem stumbriem ($S\%=35\div45$) un resnākiem zariem ($S\%=15\div17$) (1. tabula).

Vienīgā izmēģinājumos pārstāvētā Baltkrievijas proveniencē uzrāda nelielas augšanas ātruma priekšrocības un krāju visos objektos ($S\%=6\div24$), turklāt tai ir paaugstināta stumbru likumainība un zaru resnums.

Mērīto kokus raksturojošo lielumu korelatīvās sakarības uzrādītas 3. tabulā.

Cieša un būtiska korelācija konstatēta starp koku augstumu un caurmēru – ātraudzību raksturojošajām pazīmēm. Stumbra taisnums nav saistīts ne ar koka augstumu (r vidēji 0.05 , korelācija nav būtiska), ne caurmēru (izņemot stādījumu Liepājā, kur korelācija bija neliela, bet būtiska). Zaru resnums lielāks ir augstākajiem kokiem ($r=0.29\text{--}0.45$), taču daudz ciešāk šī pazīme saistīta ar koka caurmēru ($r=0.70\text{--}0.78$). Atšķirības konstatētajās korelācijās starp izmēģinājuma objektiem, iespējams, saistītas ar saglabāšanās atšķirībām. Liepājā, kur raksturīgs piejūras klimats, Polijas un Vācijas provenienču pēcnācēju saglabāšanās (reizē ar to līdzdalība kopējā korelācijas veidošanā) ir augstāka. Turklāt arī konkurences faktoru ietekme uz rezultātu ir nozīmīgāka.

Diskusija

Krāja

Lielākā daļa Vācijas provenienču uzrāda pārākumu augšanā – it īpaši tās, kuras ievestas no Vācijas ziemeļaustrumu daļas. Tādi paši rezultāti iegūti Igaunijas ģeogrāfisko kultūru stādījumā, kur bijušo Austrumvācijas provenienču krāja 12 gadu vecumā par 30% pārsniedza eksperimenta vidējo (Пихелгас, 1982). IUFRO (International Union of Forest Research Organizations – Starptautiskā meža pētīšanas organizāciju apvienība) koordinētā provenienču izmēģinājumā, kurš ierīkots 1907.

3. tabula / Table 3

Pazīmju korelatīvās sakarības izmēģinājumu objektos (28 g. v.)
Correlation among traits in trial plots (at the age of 28 y.)

Izmēģinājuma vieta / Place of the trial	Pazīmes / Feature	Augstums / Height	Caurmērs, $d_{1.3}$ / Diameter at height of 1.3 m	Stumbra taisnums / Stem straightness	Zaru resnums / Branch thickness
Liepāja Bauska Kalsnava	Augstums / Height		0.56*** 0.75*** 0.77***	-0.04 -0.05 -0.05	0.29*** 0.45*** 0.40***
Liepāja Bauska Kalsnava	Caurmērs ($d_{1.3}$) / Diameter (at height of 1.3 m)			0.15*** 0.03 0.05	0.78*** 0.76*** 0.70***
Liepāja Bauska Kalsnava	Stumbra taisnums / Stem straightness				0.20*** 0.11*** 0.15***

Piezīme. ar * norādīts korelācijas būtiskums: * – ietekme būtiska, ja $\alpha=0.05$; ** – ja $\alpha=0.01$, *** – ja $\alpha=0.001$

Note. * shows significance of correlation: * – correlation significant at $\alpha=0.05$; ** – at $\alpha=0.01$; *** – at $\alpha=0.001$

gadā, tuvākā stādīšanas vieta Latvijai atrodas Dienvidzvidrijā. Izdarot mērījumus, 59 gadu vecumā vidējais augstums šai parauglaukumā stādītām Austrumvācijas priedēm pārsniedza vidējo augstumu izmēģinājumā (Giertych, 1979).

Polijas proveniencs kopumā uzrāda koku augstuma pārkāpumu, lai gan divas no tām Kalsnavā aug par 20% un 30% lēnāk nekā Latvijas proveniencs. IUFRO 1907. gada izmēģinājumā Dienvidzvidrijas stādījumā priedes no Ziemeļpolijas uzrāda lielākos augstumus (Giertych, 1979).

Vienīgā Baltkrievijas proveniencs uzrāda krājas pārkāpumu visos 3 ekoloģiskajos fonos Latvijā. Trīs no Baltkrievijas proveniencēm, kuras pārstāvētas Lietuvā, 30 gadu vecumā uzrāda 14–28% lielāku vidējo stumbra tilpumu dominantajiem (1. un 2. Krafta klases) kokiem salīdzinājumā ar vietējām proveniencēm. Vienas Baltkrievijas proveniencs stumbra tilpums bijis par 4% mazāks nekā vietējām priedēm (Abraitis, Eriksson, 1996). Līdzīgi rezultāti iegūti Igaunijā, kur 12 gadu vecumā 3 Baltkrievijas proveniencu krāja pārsniedz eksperimenta vidējo par 3–20%. Viena proveniencs aug līdzvērtīgi un viena par 14% lēnāk nekā eksperimentā vidēji (Пихелгас, 1982). Latvijai tuvākajā izmēģinājumā no Ogijevska proveniencu pārbaudes sērijas (ierīkota 1910.–1916. gadā) Sanktpēterburgā Minskas priedes krāja 60 gadu vecumā par 60% pārsniedza eksperimenta vidējo (Giertych, Oleksyn, 1981).

Ukrainu pārstāvošā proveniencs no Kijevas apgabala Latvijā uzrāda nozīmīgi mazāku krāju – 50%–75%. Turpretī šī pati proveniencs Igaunijā uzrāda par 16% lielāku krāju nekā eksperimentā vidēji (Пихелгас, 1982). Arī Lietuvā Kijevas proveniencs vidējais stumbra tilpums ir par 18% lielāks nekā vietējai proveniencēi, un citas Ukrainas proveniencs (Sumsk) priedes uzrāda lielāko vidējo stumbra tilpumu, vietējo pārsniedzot par 83% (Abraitis, Eriksson, 1996). Ogijevska eksperimenta Sanktpēterburgas parauglaukumā Kijevas priede uzrāda par 4% zemāku krāju nekā parauglaukumā vidēji (Giertych, Oleksyn 1981). Iespējama atšķirīgo rezultātu izskaidrojums: Kijevas apgabals ir liels, sēklu materiāls katram no eksperimentiem var būt ievākts no dažādām, attālu esošām mežaudzēm. Līdz ar to, stādītas kādā no Baltijas valstīm, tās uzrāda atšķirīgus augšanas rezultātus.

Krievijas proveniencu Angasjak-1 un Angasjak-2 sēklas ievāktas Urālu kalnu grēdas rietumu apgabalā, netālu no Ufas. Shutyaev un Giertych (2000) izdala proveniencs no šī reģiona kā labi augošas lokāli un pārvietotas nedaudz uz ziemeļiem, bet ar samazinātu krāju pārvietojot uz austrumiem. Pārvietojot uz rietumiem, šīs proveniencs ir ar mazāku krāju, kas ir saskaņā ar Latvijā iegūtajiem rezultātiem. Proveniencs Melekes ir no Krievijas vidienes, netālu

no Dimitrovgradas un Kazaņas. Shutyaev un Giertych (2000) norāda, ka proveniencēm no šī reģiona ir samazināta krāja, ja tās pārvieto uz rietumiem, kas ir saskaņā ar Latvijā iegūtajiem datiem.

Lielākā daļa autoru norāda, ka vietējās (eksperimenta vietai tuvākās) proveniencs uzrāda labāko augšanu (krāju) (Giertych, 1979; Giertych, Oleksyn, 1981; Giertych, 1991a; Kohlstock, Schneck, 1994). Savukārt Alia u.c. (2001), vērtējot dažādu proveniencu augšanu Spānijā, norāda uz Vācijas izcelsmes priežu nozīmīgo krājas pārkāpumu pār vietējām. Tas liek secināt, ka ir reģioni, kuros priede ir plastiskāka un spēj labāk pielāgoties augšanai citās vietās.

Saskaņā ar literatūras datiem viens šāds reģions aptver Baltijas valstis, Ziemeļpoliju un Ziemeļvāciju, kā arī daļu Baltkrievijas un Ziemeļukrainu. Krievijā šādas priedes sastopamas ap Voronežu un Maskavu (apskats: Giertych, 1991a). Līdzīgi rezultāti iegūti jau 1857. gadā pirmajā zināmajā proveniencu pārbaudes izmēģinājumā (Giertych, 1991a), tāpat arī lielākajā proveniencu pārbaudes sērijā bijušās Padomju Savienības teritorijā (Shutyaev, Giertych, 1997, 2000). Līdzīgi rezultāti arī iegūti, ražējot sēklu izcelsmes apgabalus bij. Padomju Savienības teritorijā – vienā apgabalā apvienota Latvija, Lietuva un šo valstu pierobežas apgabali Krievijā (Михайлов, 1982).

Oleksyn un Giertych (1984) izvirza ideju, ka jaukto mežu zonas priedēm starpsugu konkurences rezultātā ilgstošā laika periodā izstrādājušās labas pielāgošanās spējas dažādām vidēm un ātraudzība kā nozīmīgs faktors sugas izdzīvošanas nodrošināšanai.

Dotā reģiona priedes uzrāda augšanas pārkāpumu Eiropā starp 52° un 60° ziemeļu platuma un uz austrumiem līdz Urālu kalniem (Shutyaev, Giertych, 2000).

Apkopojot datus par Latvijas proveniencēm, I. Baumanis u.c.(2001) secinājuši, ka Latvijas teritorijā ir būtiskas atšķirības, no kura sēklu ieguves apgabala audzēm vai sēklu plantācijām ņemts sēklu materiāls. Pēc analogijas tas varētu būt arī nozīmīgi, ievadot sēklas no pārējām Baltijas reģiona valstīm vai citām tuvējām kaimiņvalstīm (iepriekš definētā labi augošo priežu reģiona ietvaros). Šo pieņēmumu apstiprina Vācijas priežu krājas būtiski atšķirīgie rādītāji trijās stādījuma vietās Latvijā.

Pagaidu rekomendācija saskaņā ar augšanas datiem un literatūras atziņām: nepieciešamības gadījumā priežu stādāmo materiālu varētu ievest no Lietuvas, Igaunijas un Baltkrievijas.

Būtu jāizvairās izteikt kādus konkrētus secinājumus par Krievijas, Ukrainas vai Baltkrievijas priežu augšanas īpatnībām Latvijā, jo tās pārstāvētas ar nenozīmīgu proveniencu skaitu. Tādēļ vēlams ierīkot jaunus, plašākus izmēģinājumus.

Šajos izmēģinājumos būtu lietderīgi pārbaudīt priedes no Lietuvas, Igaunijas, Baltkrievijas, Dienvidsomijas un Dienvidzvidrijas, kā arī Krievijas pierobežas rajoniem (īpaši no tām vietām, kur priedes uzrādījušas labus augšanas rezultātus Lietuvas vai Igaunijas eksperimentos). Ja pētījumi turpinātos, nākamajā etapā būtu vēlams pārbaudīt arī Ziemeļukrainas, kā arī Maskavas un Voronežas apgabala priedes.

Ņemot vērā ievesto sēklu dažādo augšanu dažādos sēklu izcelsmes apgabalos Latvijā, būtu nepieciešamas eksperimentu rīkot vismaz 2 vietās (katrā apgabalā vienu). Sēklas vajadzētu ņemt ne tikai kā provenienču paraugus (no mežaudzēm), bet arī no attiecīgo valstu sēklu plantācijām, respektīvi, no tā materiāla, kuru visdrīzāk varētu ievest Latvijā. Pie tam no katra sēklu izcelsmes apgabala, kurš izdalīts attiecīgajā valstī, būtu jāizvēlas vismaz viena, šim apgabalam tipiska (vietējas izcelsmes klonu), sēklu plantācija. Precīzākus rezultātus neapšaubāmi dotu vairāku plantāciju izvēle no katra apgabala. To uzsver arī A. Dreimanis (1983), norādot, ka viena populācija nevar objektīvi pārstāvēt kādu augšanas rajonu vai ekotipu.

Pārbaudīt sēklas no plantācijām vedina arī I. Baumaņa veiktā eksperimenta rezultāti, kurā Zvidrijas izcelsmes sēklu plantāciju pēcnācēji Latvijā uzrādīja labāku pieaugumu un augstāku saglabāšanos nekā tā paša Zvidrijas apgabala audžu pēcnācēji. Tātad selekcijas starpība ir arī saglabājusies, sēklas pārvietojot (Baumanis, Gailis, 2003). Būtu tomēr vēlams eksperimentā iekļaut arī dažu pārāko audžu pēcnācējus no kaimiņvalstīm, lai atziņu par selekcijas starpības saglabāšanos izvērtētu pilnīgāk. Turklāt pastāv iespēja, ka importētais stādāmais materiāls var būt no audzēs vāktām sēklām.

Saglabāšanās

Koku saglabāšanās šajā uzmērīšanas reizē nav vērtēta, jo jau notikusi viena kopšanas cirte. Taču, lai noteiktu, no kurienes rekomendēt stādāmā materiāla ieviešanu, šis rādītājs ir nozīmīgs.

Vidējais saglabāšanās rādītājs 5 gadu vecumā proveniencēm no bijušās PSRS republikām vidēji bija tikai 20%, Vācijas proveniencēm – vidēji 45%, Polijas – vidēji 50%, Latvijas – vidēji 53% (Baumanis u.c., 1986). Starp populācijām eksistē nozīmīgas un ģenētiski noteiktas atšķirības rezistencē. Vietējās populācijas ilgstošā evolūcijas procesā ir labāk pielāgojušas kaitēkļu un slimību fonam konkrētajā apgabalā, tādēļ tām raksturīga labāka saglabāšanās (Oleksyn, Giertych, 1984; Stephan, 1991; Eriksson, 1998; Amos, Balmford, 2001). Proveniences, kas pārvietotas uz ziemeļiem, parasti uzrāda vājāku saglabāšanos nekā ziemeļu proveniences,

kas pārvietotas uz dienvidiem (Giertych, 1991a; Persson, 1994).

Eksperimentā iegūtie saglabāšanās rādītāji ir ārkārtīgi zemi arī vietējām priedēm (Mangalis, 2004) saistībā ar augstu skujbīres infekcijas līmeni (Baumanis u.c., 1986; Спалвиньш и др., 1989).

Prioveniencēm ar labu saglabāšanos koki parasti ir arī nedaudz garāki, taču ne resnāki. Tas tādēļ, ka vitālāki koki aug ātrāk, bet, saglabājoties vairāk kokiem uz platības vienību, caurmēra pieaugums ir lēnāks (Giertych, 1979; Shutyaev, Giertych, 2000).

Proveniencēm ar labāku saglabāšanos raksturīga arī lielāka krāja uz hektāru (Shutyaev, Giertych, 1997, 2000; Oleksyn et al., 2000), lai gan katra individuāla stumbra tilpums ir mazāks (Oleksyn et al., 1999, 2000).

Jāņem vērā, ka prezentētie krājas rādītāji Latvijā aprēķināti, atlasot katrai proveniencē 20% (no sākotnējā sakaita) garākos kokus un to masu izsakot ar $m^3 \cdot ha^{-1}$. Tātad modelēta labāko koku augšana. Ja vērā tiktu ņemti visi saglabājušies koki, rezultāts varētu būtu citāds.

Ievest stādāmo materiālu ar zemu saglabāšanās pakāpi nav izdevīgi. Var pieņemt, ka saglabāšanās būtu pietiekama, lai iegūtu labu audzi cirtmeta vecumā. Taču, ja to apdraud ne tikai skujbīre, bet arī, piemēram, aļņu bojājumi, sakņu trupe, zaru vēzis, tad ir paaugstināts risks, ka saglabājušos kociņu skaits var būt par mazu.

Zaru resnums

Saglabājušos koku daudzumam agrīnā vecumā ir nozīmīga ietekme uz zarus raksturojošajiem parametriem. Mākinens (1996), studējot 5 pluskoku pēcnācējus 14 gadu vecumā, kuri auguši dažādā biežumā, konstatēja, ka dzīvo zaru daudzums kokā samazinās, pieaugot koku biežumam.

Saskaņā ar Björklund un Petersson (1999) resnākā zara diametru noteiktā stumbra sekcijā var izskaidrot ar stumbra gadskārtu platumu sekcijas resgalī un audzes atrašanās vietas ģeogrāfisko platumu. Savukārt gadskārtas platums cieši saistīts ar biežumu. Pie līdzīga secinājuma, apkopojot vairāku autoru datus, nonācis arī Nilsson (1991).

Oker-Blom u.c. (1988) pētījuši priežu zarojuma īpatnības dažādos sākotnējos audzes biežumos (no 1800 līdz 5000 koki $\cdot ha^{-1}$). Viņi secina, ka, samazinoties biežumam, palielinās dzīvā vainaga garums. Zarojuma atšķirības ir īpaši izteiktas jaunaudzes vecumā. Tās pakāpeniski izzūd, līdz pieaugušas audzes vecumā vairs nav būtiskas.

Proveniences no labi augošo priežu reģiona uzrāda arī labas spējas pielāgoties dažādiem augšanas apstākļiem, tai skaitā arī reaģēt uz samazinātu audzes biežumu ar izteiktāku zarainumu (tātad lielāku

fotosintezējošo virsmu) un paātrinātu augšanu (Shutyaev, Giertych 2000). To apstiprina arī I. Baumanis (2001), kurš, vērtējot Latvijas provenienci, konstatējis, ka pastāv cieša korelatīva saistība starp stumbra caurmēru un zaru resnumu. Vērtējot šādu labi reaģējošu provenienču kvalitāti nevienmērīgā biezumā (dažāds izkritums dažādām proveniencēm), rezultāti ne pārāk precīzi atspoguļo patieso stāvokli (Nilsson, 1991).

Kopumā literatūras dati ir saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem Latvijā. Izteiktā zaru resnuma un vājš saglabāšanās dēļ Latvijā meža atjaunošanā nebūtu ieteicams lietot Vācijas provenienci.

Stumbra taisnums

Taisns stumbrs uzrāda vāju korelāciju ar stumbra tilpumu vai saglabāšanos. Provenienci uz ziemeļiem no 60° ziemeļu platuma, kā arī no Baltijas valstīm ir ar taisnu stumbru jebkurā stādīšanas vietā. Daļa provenienču no Baltkrievijas, Ukrainas un Polijas ir ar izteikti līkumainiem, daļa – ar vidēji līkumainiem stumbriem (Shutyaev, Giertych, 2000). Giertych (1991b), apkopojot vairāku autoru rezultātus, secina, ka Vācijas provenienci biežāk ir ar līkumainiem stumbriem. Šie rezultāti sakrīt ar Latvijā iegūtajiem.

Vērtējot pēc stumbra kvalitātes (zaru resnuma un līkumainuma), no tālākiem eksperimentiem būtu jāizslēdz Vācijas priedes.

Daļa no Vācijas proveniencēm varētu tikt izmantotas krustojšanai ar Latvijas priedēm, lai iegūtu ātraudzīgāku materiālu. Koki, kuri ir izdzīvojuši Latvijā, varētu būt piemērotākie šai videi un krustojumos varētu uzrādīt labu (vai vismaz labāku) saglabāšanos. Kā norāda vairāki autori (Campbell, 1974; Giertych, 1979), kvalitāti iespējams uzlabot ar vietējo sēklu materiālu, taču nozīmīgu ātraudzības (krājas) palielinājumu var panākt ar sēklu pārvietošanu.

Parastās priedes Latvijas provenienču augšana

Latvija atrodas parastās priedes areāla centrālajā daļā, augšanas optimumā. Apkopojot rezultātus no IUFRO koordinētajiem priežu izmēģinājumiem, kuri ierīkoti 1907., 1938. un 1939. gadā, konstatēts, ka Latvijas priedes uzrāda augšanas pārākumu Beļģijā un Zviedrijā un aug vidēji labi jebkurā citā eksperimenta vietā (Eiropas valstīs un dažās eksperimenta vietās ASV) (Wright, 1976; Giertych, 1979). To apstiprina arī citu eksperimentu rezultāti – Polijā Latvijas provenienci pēc krājas atpaliek tikai no vietējām (Andrzejewski et al., 1994), Vācijā tās uzrāda augstākus rādītājus par eksperimenta vidējo (Kohlstock, Schneck, 1994; Liesebach, Stephan, 1994) un Dānijā – labākos krājas rādītājus (Pedersen, 1994).

Viduszviedrijā (56°–60° ziemeļu platuma) saskaņā ar kompleksu selekcijas indeksu par labākajiem atzīti nevis lokālie, bet Latvijas izcelsmes klonu pēcnācēji no Tukuma un Kuldīgas (Hannrup, Jansson, 2002). Lietuvā un Igaunijā Latvijas izcelsmes klonu pēcnācēji uzrāda krāju, kas līdzvērtīga eksperimenta vidējai (Пихелгас, 1982; Abraitis, Eriksson, 1996).

Šie fakti apstiprina, ka Latvijā priede atrodas ekoloģiskajā optimumā un ir ar augstvērtīgām augšanas un stumbra kvalitātes īpašībām. Pie tam pēc pēdējā ledus laikmeta tā šeit ieceļojusi relatīvi sen, tātad labi adaptēta vietējiem apstākļiem. Tas nozīmē, ka priedes stādāmā materiāla ieviešana Latvijā pirms precīzākas analīzes būtu jāatļauj tikai ārkārtējas nepieciešamības gadījumā (piemēram, ja vietējais materiāls kokaudzētavās masveidā gājis bojā un trūkst stādu).

Secinājumi

1. Lielākā daļa eksperimentā ietvertu Vācijas, Polijas un Baltkrievijas provenienču uzrāda krājas pārākumu pār Latvijas provenienču vidējo vērtību. Pārbaudītās Ukrainas un Krievijas provenienci augšanā atpaliek.
2. Ievestām proveniencēm, īpaši no Krievijas (reģions netālu no Urālu kalniem), raksturīga zemāka saglabāšanās nekā vietējām priedēm.
3. Lielākā daļa Vācijas un Polijas, kā arī pārbaudītās Baltkrievijas un Ukrainas provenienču priedes ir ar būtiski resnākiem zariem un līkumainākiem stumbriem nekā Latvijas provenienču priedēm. Pārbaudītajām Krievijas proveniencēm raksturīgs taisns stumbrs un tievi zari.
4. Latvijas provenienču priedes ir ar labām augšanas un stumbra kvalitātes īpašībām un augstu saglabāšanos, tādēļ stādāmā materiāla ieviešana no citām valstīm nav rekomendējama.
5. Jaunajā provenienču pārbaudē sērijā būtu jāietver sēklas no Ziemeļ- un Rietumpolijas, Lietuvas, Baltkrievijas, Igaunijas, Dienvidsomijas un Dienvidzviedrijas, kā arī Krievijas Baltijas valstu pierobežas apgabalos izdalīto sēklu izcelsmes apgabalu vietējām sēklu plantācijām un atsevišķām proveniencēm.

Literatūra

1. Alia, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E. (2001) Genetic variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances in Spain: growth traits and survival. *Silva Fennica*, 35 (1), pp. 27-38.
2. Abraitis, R., Eriksson, G. (1996) *Pinus sylvestris* L. East European populations: growth and behavior in one Lithuanian field trial. *Baltic Forestry*, 2 (2), pp. 28-35.

3. Amos, W., Balmford, A. (2001) When does conservation genetics matter? *Heredity*, 87, pp. 257-265.
4. Andrzejewski, K., Kowalkowski, W., Rzeznik, Z. (1994) Variability of growth and qualitative features of 10-year old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of 20 European provenances. In: *Scots pine breeding and genetics: Proceedings of IUFRO S.02.18. symposium*. Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, pp. 24-28.
5. Baumanis, I., Birģelis, J., Lagzdiņa, D., Paegle, M. (1986) Priežu provenienču analīze ģeogrāfiskajās kultūrās. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 28., 37.-38. lpp.
6. Baumanis, I., Gailis, A., Liepiņš, K. (2001) Latvijas priežu provenienču salīdzinājums. *Mežzinātne*, 44 (11), 52.-66. lpp.
7. Baumanis, I., Gailis, A. (2003) Latvijas un Zviedrijas priežu sēklu plantāciju un audžu pēcnācēju salīdzinājums. *Mežzinātne*, 13 (46), 70.-86. lpp.
8. Björklund, L., Petersson, H. (1999) Predicting knot diameter of *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 14, pp. 376-384.
9. Campbell, R.K. (1974) *A provenance transfer model for boreal regions*. USDA Forest Service, Oregon, 24 pp.
10. Dreimanis, A. (1983) *Meža koku iedzimtības pārbaudes*. Lekcija, LLU, Jelgava, 26 lpp.
11. Dreimanis, A. (1989) *Meža koku provenienču un ekotipu selekcija*. Lekcija, LLU, Jelgava, 20 lpp.
12. Eriksson, G. (1998) Evolutionary forces influencing variation among populations of *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica*, 32 (2), pp. 173-184.
13. Gadskārta. (2004) Valsts meža dienests, Rīga, 30 lpp.
14. Gailis, J. (1964) *Meža koku selekcija un sēklu plantācijas*. LVI, Rīga, 195 lpp.
15. Giertych, M. (1979) Summary of results on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) height growth in IUFRO provenance experiments. *Silvae Genetica*, 28 (4), pp. 136-152.
16. Giertych, M., Oleksyn, J. (1981) Summary of results on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) volume production in Ogievskij's pre-revolutionary Russian provenance experiments. *Silvae Genetica*, 30 (2), pp. 56-74.
17. Giertych, M. (1991a) Provenance variation in growth and phenology. In: *Genetics of Scots Pine*. Giertych, M. (ed.) ELSEVER, Amsterdam-Oxford, New York-Tokyo, pp. 87-101.
18. Giertych, M. (1991b) Inheritance of tree form. In: *Genetics of Scots Pine*. Giertych, M. (ed.) ELSEVER, Amsterdam-Oxford, New York-Tokyo, pp. 243-254.
19. Hannrup, B., Jansson, G. (2002) Baltic plus tree clones of Scots pine. *SkogForsk report No. 93*. SkogForsk, Uppsala, p. 23.
20. Juodvalkis, A. (1994) Stand productivity increasing and quality improvement by thinnings. In: *Scots pine breeding and genetics: Proceedings of IUFRO S.02.18. Symposium*. Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, pp. 189-191.
21. 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, pp. 29-36.
22. Liesebach, M., Stephan, B.R. (1994) Genetic variation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): Results of the IUFRO 1982 provenance experiment in southwestern Germany. In: *Scots pine breeding and genetics: Proceedings of IUFRO S.02.18. Symposium*. Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, pp. 37-45.
23. Mäkinen, H. (1996) Effect of intertree competition on branch characteristics of *Pinus sylvestris* families. *Scand. J. For. Res.*, 11, pp. 129-136.
24. Mangalis, I. (2004) *Meža atjaunošana un ieaudzēšana*. Et Cetera, Rīga, 455 lpp.
25. Nilsson, J.-E. (1991) The value of early testing. In: *Genetics of Scots Pine*. Giertych, M. (ed.) ELSEVER, Amsterdam-Oxford, New York-Tokyo, pp. 255-263.
26. Noteikumi par meža reproduktīvo materiālu. (2003) LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 648. *Latvijas Vēstnesis*, 165, 21 lpp.
27. Oker-Blom, P., Kellomäki, S., Valtonen, E., Väisänen, H. (1988) Structural development of *Pinus sylvestris* stands with varying initial density: a simulation model. *Scand. J. For. Res.*, 3, pp. 185-200.
28. Oleksyn, J., Giertych, M. (1984) Results of a 70 years old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenance experiment in Pulawy, Poland. *Silvae Genetica*, 33 (1), pp. 22-27.
29. Oleksyn, J., Reich, P.B., Chalupka, W., Tjoelker, M.G. (1999) Differential above- and below-ground biomass accumulation in a 12-year-old provenance experiment. *Scand. J. For. Res.*, 14, pp. 7-17.
30. Oleksyn, J., Reich, P.B., Rachwal, L., Tjoelker, M.G., Karolewski, P. (2000) Variation in aboveground net primary production of diverse European *Pinus sylvestris* populations. *Trees*, 14, pp. 415-421.

31. Ozoliņš, R. (1997) *Priedes stumbra tilpuma aprēķins kokiem ar mizu*. Gandrs, Rīga, 4 lpp.
32. Pedersen, A.P. (1994) Trends in Danish Scots pine provenance experiments. In: *Scots pine breeding and genetics: Proceedings of IUFRO S.02.18. Symposium*. Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, pp. 37-45.
33. Persson, B. (1994) Effect of provenance transfer on survival in nine experimental series with *Pinus sylvestris* (L.) in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 9, pp. 275-287.
34. Shutyaev, A.M., Giertych, M. (1997) Height growth variation in a comprehensive Euroasian provenance experiment of *Pinus sylvestris* L. *Silvae Genetica*, 46 (6), pp. 332-349.
35. Shutyaev, A.M., Giertych, M. (2000) Genetic subdivision of the range of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) based on a transcontinental provenance experiment. *Silvae Genetica*, 49 (3), pp. 137-151.
36. Stephan, B.R. (1991) Inheritance of resistance to biotic factors. In: *Genetics of Scots Pine*. Giertych, M. (ed.) ELSEVER, Amsterdam-Oxford, New York-Tokyo, pp. 205-218.
37. Wright, J.W. (1976) *Introduction to forest genetics*. Academic Press, New York, 463 pp.
38. Ziņojums par Latvijas tautsaimniecības attīstību. (2004) LR Ekonomikas ministrija: <http://www.em.gov.lv/em/2nd/?cat=137> – Resurss apraksts 2004. gada 5. novembrī.
39. Геркис, Г. (1984) *Модель хода роста и первоначальная густота культур сосны в Латвийской ССР*. Автореферат, Дис. к. с/х наук, Рига, 17 с.
40. Михайлов, А.И. (ред.) (1982) *Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР*. Лесная промышленность, Москва, 368 с.
41. Пихелгас, Е.И. (1982) Географические опытные культуры сосны обыкновенной в Естонской ССР. В: *Географические опыты в лесной селекции Прибалтики*. Зинатне, Рига, с. 73-82.
42. Правдин, Л.Ф. (1964) *Сосна обыкновенная*. Наука, Москва, 191 с.
43. Спалвиньш, З., Ружа, Р., Гоба, А. (1989) Региональные различия в устойчивости потомства сосны обыкновенной к корневым гнилям. *Защита сосны и ели в Латвийской ССР*. Зинатне, Рига, с. 90-110.

Latvijas egļu mežu koku biomasas struktūra Tree Biomass Structure of Spruce Forests in Latvia

Imants Liepa, Teodors Blija

LLU Mežkopības katedra

Department of Silviculture, LLU

e-mail: Imants.Liepa@llu.lv; Teodors.Blija@llu.lv

Abstract. Empirical data of 21 sample trees from spruce stands of various growth conditions (site index – Ia, I, and II, stand density – 0.6-0.8, different age classes and tree species composition) were collected. The research material comprised biomass of such forest stand fractions as branches, needles, stumps, and roots. To calculate biomass values of tree fractions, values of expansion factor c_i were estimated. Following factors were obtained (arithmetic mean $\pm$ standard error): for branches – $c_z = 0.13539 \pm 0.01453$, for needles – $c_{sk} = 0.13939 \pm 0.02185$, for stumps – $c_c = 0.07095 \pm 0.00451$, for roots – $c_s = 0.17905 \pm 0.01577$, and common for all non-stem fractions – $\Sigma c_i = 0.52478 \pm 0.03945$. The amount of stem biomass was calculated using formula (1), but biomass of non-stem fractions – as a multiplication of stand volume and corresponding expansion factor. On January 1, 2005, total biomass amount of spruce forests was 117.095 million t from which stem fraction made up 60.2%, but non-stem fraction – 39.8%. As to non-stem fraction, branches made up 10.3%, needles – 10.6%, stumps – 5.3%, and roots – 13.6% from the total amount of biomass. These data were suggested to be an additional reserve for forest resources utilization and reliable possibility to evaluate the amount of carbon accumulated in spruce forests.

Key words: tree biomass, spruce forest, conversion factors.

Ievads

Ar terminu „**koku biomasa**” saprot audzes koku kopas masu laukuma vienībā [1]. Datu salīdzināmības dēļ meža ekoloģijā to parasti izsaka arī kā t ha⁻¹. Biomasas struktūru veido tās sadalījums pa audzes komponentiem (koku piederība mistrojuma sugām, stāviem) un frakcijām (stumbrs, zari, skuja (lapas), celms, saknes), bet audžu kopās arī pa bonitātes un vecuma klasēm, biežības u. c. audžu grupām. Gadsimtiem ilgi ir bijis pieprasījums pēc stumbru frakcijas vērtējuma tilpuma vienībās, parasti m³ ha⁻¹. Tāpēc meža taksācijā ir izstrādātas daudzas ērtas un precīzas atsevišķu koku stumbru tilpuma un koku kopu krājas noteikšanas metodes [2]. Savukārt, zinot koksnes zinātnes piedāvātās koksnes blīvuma vērtības [3], ir iespējams tilpuma vērtējumu pārrēķināt masas vienībās. Situācija ir krasi atšķirīga nestumbru frakciju biomasas noteikšanā, kur šis metodiskais risinājums nav piemērots nestumbra frakciju tilpuma aprēķināšanas grūtību dēļ.

Vajadzība noskaidrot visas kokaudzes biomasu ir aktualizējies pēdējos 10-15 gados, kad to noteica Kioto protokola aktualitātes. Protokola mērķis ir veicināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu (SEG) emisijas samazināšanu nacionālā un globālā līmenī [4]. Protokols paredz SEG starptautisku

emisiju tirdzniecību, tādējādi cenšoties panākt, lai valstis, kuras nespēj izpildīt emisijas samazināšanas apjomu, savas saistības varētu realizēt, pārpērkot citu valstu neizmantojams emisijas kvotas. Kioto protokols ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām konferencē Kioto tika apstiprināts 1997. gadā un stājās spēkā 2005. gada februārī. Latvijas Republikas Saeima Kioto protokolu ratificēja jau 2002. gada maijā. Līdz ar to Latvija ir uzņēmusies saistības laikā no 2008. līdz 2012. gadam SEG emisiju samazināt par 8%, salīdzinot ar 1990. gadu.

Valstīm, kas pievienojušās Kioto protokolam, tā nosacījumi liek sistemātiski novērtēt SEG emisijas un akumulācijas procesu kapacitāti un dinamiku. Galvenā SEG sastāvdaļa ir oglekļa dioksīds (CO₂), kura koncentrācija Zemes atmosfērā nemitīgi palielinās, izraisot globālas klimata izmaiņas [5].

Vispārzināms, ka starp sauszemes ekosistēmām meži ir galvenais oglekļa piesaistītājs. Kokaudžu CO₂ piesaistes ievērojamu daļu, kura var sasniegt 40% un vairāk, satur nestumbru frakcijas biomasa. Jāatzīst, ka šīs biomasas daļas noteikšanas metodika ir izstrādāta nepilnīgi. Turklāt sakarā ar relatīvi nelielo nestumbru biomasas izmantošanu laikā pirms Kioto protokola pieņemšanas nebija aktuāli iegūt datus par šo kokaudzes daļu. Tāpēc daudzu valstu, arī Latvijas,

rīcībā esošo informāciju par šī meža resursa apjomu var uzskatīt kā fragmentāru. Raksta mērķis ir mazināt šo trūkumu, risinot šādus uzdevumus: egļu kokaudžu krājas novērtēšana, nestumbra frakciju biomasas pārejas koeficientu noteikšana un stumbru, zaru, skuju, celmu, sakņu un kopējās egļu mežu biomasas aprēķināšana.

Metodika un materiāls

Stumbru frakcijas biomasu izsaka formula (1)

$$M_{st} = \varphi \cdot V, \quad (1)$$

kur M_{st} – stumbru frakcijas biomasa, t;
 V – krāja, m³;
 φ – koksnes blīvuma koeficients, t m⁻³ [6].

Valsts līmeņa egļu mežu krājas apjoms aizgūts no ZM Valsts Meža dienesta meža inventarizācijas datiem 01.01.05 [7, 8]. Koksnes blīvums ir atkarīgs no koksnes mitruma satura. Mūsu gadījumā ir piemērojams svaigi cirstas koksnes blīvums, kas eglei ir $\varphi = 0.794$, t m⁻³ [3].

Nestumbra frakciju biomasas aprēķināšanai izmantoti pārejas koeficienti c_i . Pārejas koeficients ir i-tās frakcijas biomasas M_i un krājas V attiecība, kas izteikta t m⁻³. Tāpēc koeficienta c_i reizinājums ar stumbra tilpumu vai kokaudzes krāju ir attiecīgā koka vai kokaudzes daļas biomasa, izteikta masas vienībās. Latvijas apstākļiem c_i vērtības līdz šim nebija zināmas. Tāpēc tās noteicām empīriski ar paraugkoku metodi, to biomasu sadalot zaru, skuju, celma un sakņu frakcijās. Paraugkoku stumbru tilpums v aprēķināts pēc formulas [9]:

$$v = \psi \cdot h^{\alpha} d^{\beta \lg h + \varphi}, \quad (2)$$

kur v – stumbra tilpums, m³;
 d – krūšaugstuma caurmērs, cm;
 h – augstums, m;
 $\psi, \alpha, \beta, \varphi$ – stumbra tilpīguma koeficienti (eglei – $\psi = 2.3106 \cdot 10^{-4}$, $\alpha = 0.78193$, $\beta = 0.34175$, $\varphi = 1.18811$).

Zaru frakcijā ieskaitīti zaļie un sausie zari. Zari pēc sašķirošanas tika sasaiņoti un nosvērti pilnīgi visi, lietojot pārnesamus iekaramos svarus KERN HCB 100K200 ar svēršanas iespēju diapazonu no 0.2 līdz 100.0 kg. Zaļie zari tika svērti kopā ar skujām. Šīs kopmasas un skuju masas starpība izsaka zaļo zaru masu.

Skuju masa tika noteikta netieši, izmantojot paraugzaru metodi. No katra paraugkoka tika izzāģēti 5 paraugzari, kuri tika nosvērti pirms un, kontroles nolūkos, arī pēc atskujošanas. Paraugzaru skuju svērtas, lietojot svarus KERN MH 5K5 ar iedaļas vērtību 5 g. Paraugzaru atlasē strikti ievērots nosacījums, lai tie tiktu atzāģēti nogāzta stumbra virspusē uz līnijas, kas paralēla koka augšanas asij. Paraugzaru piestiprinājuma vietas: pirmā zara piestiprinājuma vieta atrodas 0.2 l attālumā no pirmā zaļā zara sākuma (l – vainaga garums, m), otrā zara vieta – 0.2 l attālumā no galotnes pumpura, trešā zara vieta – tieši vainaga vidū, ceturtā zara vieta – viduspunktā starp pirmo un trešo zaru, piektā zara vieta – viduspunktā starp trešo un otro zaru. Visa vainaga skuju masa tika aprēķināta proporcionāli kopējai zaļo zaru masai, izmantojot neatskujotu paraugzaru kopējo un šo zaru skuju masas.

Sakņu atrakšana ir tehniski sarežģītākais pētījuma izpildes posms. Tas prasa ilgu un rūpīgu darbu, lai minimizētu augsne palikušo sakņu daudzumu. Eglei ir virsēja un plaša sakņu sistēma, kas tālu sniedzas aiz vainaga projekcijas robežām. Pilnīga sakņu sistēmas atrakšana nav racionāla ievērojamā laika un darba patēriņa dēļ. Jārēķinās ar augstu varbūtību, ka neliela sīko sakņu daļa paliks augsnē. Paraugkoku saknes tika atraktas, tās izsekojot individuāli.

Celms sastāv no virszemes un augsnē esošās daļas. Ar pēdējo saprotam monolīto, atsevišķās saknēs nediferencēto daļu. Pēc atrakšanas katra paraugkoka celma augsnē bijusi daļa un saknes tika rūpīgi noskalotas atbilstoša izmēra plastmasas vannā, pēc tam tās nožāvēja un nosvēra.

Empīriskā materiāla matemātiskajā apstrādē lietotas grafiskās un analītiskās metodes [10], izmantojot datorprogrammas „MS Excel” iespējas [11].

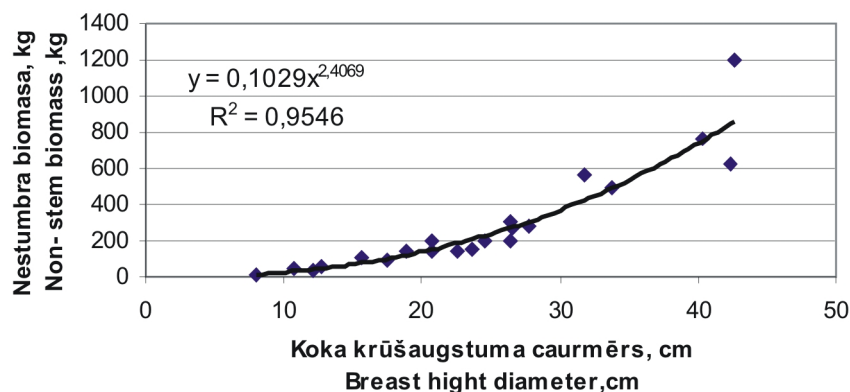
Paraugkoku materiāls ievākts 2005. g. veģetācijas sezonā, izmantojot 9. janvāra vētras izgāztās egles vērti, slapjajā vērti un šaurlapju ārenī vai kūdrenī un tādējādi pārstāvēt biežāk sastopamos egles augšanas apstākļu tipus. Tas, vai šo egļu skuju, zari un saknes nav iežuvušas laikā pēc vējgāzes līdz paraugkoka apstrādei, tika pārbaudīts, salīdzinot izgāzto un tuvumā augošo egļu pēdējā gada dzinum garumu un vitalitāti. Jāuzsver, ka visas lauka darbu sezonas laikā atšķirības netika konstatētas.

Paraugkoku kopējais skaits – 21, tātad atšķirīgos augšanas apstākļos – 7. Šis skaits izriet no atziņas, ka vienas audzes dažādu dimensiju koku biomasas sadalījuma specifiskas kvantitatīvai aprakstīšanai regresijas vienādojuma veidā vajadzīgi vismaz 7 korelogrammas punkti, kas vairāk vai mazāk vienmērīgi izvietoti argumenta empīriski pārstāvētajā definīcijas apgabalā. Paraugkoku atrašanās reģions – Dobeles, Jelgavas un Bauskas rajons. Audžu

bonitāte – I^a, I un II, biezība – 0.6–0.8, vecums – vidēja vecuma, briestaudzes un pieaugušas audzes, mistrojums un stāvojum – dažāds.

Paraugkoku skaitā ir pārstāvēti pirmā un otrā stāva, kā arī dažādu G. Krafša koki. Ārzemju

autoru un arī mūsu līdzšinējie pētījumi Latvijā liecina, ka koku biomasas kopējo daudzumu un tā frakcionālo sadalījumu galvenokārt nosaka koka krūšaugstuma caurmērs. Tāpēc katrā audzē paraugkoku atlase tika veikta intervālā $d_{\min} \leq d_j \leq d_{\max}$, cenšoties



1. att. Nestumbru biomasas datu ievākšanas kvalitātes pārbaude.

Fig. 1. The quality control for non-stem biomass data collection.

1. tabula / Table 1

Paraugkoku raksturojums
The characteristic of sample trees

Nr. / No.	d, cm	H, m	Zari bez skuļām, kg / Branches without needles, kg			Skujas / Needles, kg	Celmi / Stumps, kg	Saknes / Roots, kg
			kopā / total	zaļie / green	sausie / dry			
1	20.7	18.6	52.1	50.1	2.0	63.7	22.0	61.6
2	26.4	27.5	62.9	62.4	0.5	94.4	48.2	96.4
3	31.8	27.7	51.4	34.4	17.0	161.9	91.6	255.7
4	40.4	25.1	221.5	213.1	8.4	84.5	91.4	371.8
5	23.6	20.6	35.7	29.7	6.0	39.4	33.6	48.1
6	20.7	16.1	17.5	11.1	6.4	49.1	24.2	53.4
7	26.4	21.8	50.5	38.9	11.6	46.5	29.0	72.8
8	26.5	19.9	87.0	82.6	4.4	78.7	30.0	73.0
9	12.1	11.1	8.7	8.1	0.6	8.0	4.2	11.2
10	42.4	31.3	179.6	150.6	29.0	56.8	117.4	269.6
11	27.7	20.1	94.8	87.4	7.4	70.4	35.4	87.6
12	12.7	13.9	14.3	13.0	1.3	15.9	8.0	24.2
13	18.8	13.0	35.3	32.5	2.8	30.4	17.2	59.4
14	15.6	14.7	23.8	21.8	2.0	30.9	14.0	38.5
15	33.7	22.2	240.2	220.6	19.6	65.9	59.8	129.6
16	42.7	24.7	438.2	424.7	13.5	261.4	117.8	378.4
17	24.5	23.5	59.5	55.9	3.6	52.6	29.2	58.0
18	17.5	17.5	22.5	19.1	3.4	14.0	10.6	42.0
19	8.0	19.2	4.3	3.1	1.2	1.7	1.6	3.6
20	22.6	17.8	43.1	39.0	4.1	33.9	39.5	28.0
21	10.8	9.6	4.7	4.5	0.2	25.7	3.5	9.2

pārstāvēt I, II un III G. Krafra klases (iespēju robežās attiecībā 2:3:2). Atziņa par koka biomasas apjoma atkarību no krūšaugstuma caurmēra tika arī izmantota, lai pārbaudītu lauka darbu kvalitāti (1. att.). Tā kā empīriskie punkti, izņemot divus, blīvi grupējas ap izlīdzinošo līkni, tad var uzskatīt, ka paraugkoku dati ievākti, konsekventi ievērojot metodiskos nosacījumus. Paraugkoku Nr. 10 un Nr. 16 novirzes izskaidrojamas ar apzinātu šo koku izvēli, lai parādītu krasi atšķirīgas biežības ietekmi. Paraugkoks Nr. 16 bija audzis pilnīgi atklātā vietā un neierobežotā apgaismojumā, turpretī paraugkoks Nr. 10 – blīvā egļu biogrupā.

Izvēlēto paraugkoku sadalījums un vērtējuma dati rāda (skat. 1. tabulu), ka paraugkoku krūšaugstuma caurmērs pārstāvēts intervālā $d_{\min} = 8.0$ cm un $d_{\max} = 42.7$ cm, un augstums – $h_{\min} = 9.6$ m un $h_{\max} = 31.3$ m.

Rezultāti un diskusija

Zaru, skuju, celmu, sakņu un kopējās nestumbru biomasas pārejas koeficientu vērtības c_Z , c_{Sk} , c_C , c_S un Σc_i redzamas 2. tabulā.

Paraugkoku biomasas frakciju pārejas koeficientu summa Σc_i un krūšaugstuma caurmērs (2. att.) ir savstarpēji neatkarīgas pazīmes (sacītais attiecas arī uz atsevišķu frakciju koeficientiem). Empīrisku punktu izkliede korelogrammā ir relatīvi plaša. Tas izskaidrojams ar paraugkoku paraugkopai piemītošo dendrometrisko, fitocenotisko un edafisko daudzveidību, kas izraudzīta apzināti, lai iespējami atbilstošāk pārstāvētu Latvijas egļu audzes. Atziņa, kas izriet no 2. attēla, pieļauj audžu un to kopu nestumbru biomasas aprēķināšanai lietot pārejas koeficientu aritmētiskās vidējās vērtības, kas būtiski vienkāršo kokaudžu biomasas vērtēšanu, jo kopējās biomasas vai tās atsevišķu frakciju biomasas noteikšanai jāzina

2. tabula / Table 2

Biomassas pārejas koeficienti Biomass expansion factors

Nr. / No.	v , m^3	Koeficienti / Factors				
		c_Z	c_{Sk}	c_C	c_S	Σc_i
1	0.30964	0.16826	0.20572	0.07105	0.19894	0.64398
2	0.75419	0.08340	0.12517	0.06391	0.12782	0.40030
3	1.04073	0.04939	0.15556	0.08801	0.24569	0.53866
4	1.36497	0.16227	0.06191	0.06696	0.27239	0.56353
5	0.43522	0.08203	0.09053	0.07720	0.11052	0.36028
6	0.25921	0.06751	0.18942	0.09336	0.20601	0.55631
7	0.56181	0.08989	0.08277	0.05162	0.12958	0.35385
8	0.50358	0.17276	0.15628	0.05957	0.14496	0.53358
9	0.07151	0.12166	0.11187	0.05873	0.15662	0.44888
10	2.01177	0.09035	0.02857	0.04682	0.13401	0.31361
11	0.54827	0.17291	0.12840	0.06457	0.15978	0.52566
12	0.10002	0.14297	0.15896	0.07998	0.24195	0.62386
13	0.17126	0.20612	0.17751	0.10043	0.34685	0.83091
14	0.14792	0.16090	0.20890	0.09465	0.26028	0.72472
15	0.85972	0.27939	0.07665	0.06956	0.15075	0.57635
16	1.44796	0.29910	0.17842	0.08136	0.26133	0.81622
17	0.54601	0.10897	0.09634	0.05348	0.10623	0.36501
18	0.21908	0.10270	0.06390	0.04838	0.19171	0.40669
19	0.06858	0.06270	0.02479	0.02333	0.05249	0.16331
20	0.33802	0.12751	0.10029	0.11686	0.08283	0.42748
21	0.05088	0.09238	0.50514	0.06879	0.18083	0.84714
$\bar{c}_i$		0.13539	0.13939	0.07041	0.17912	0.52478

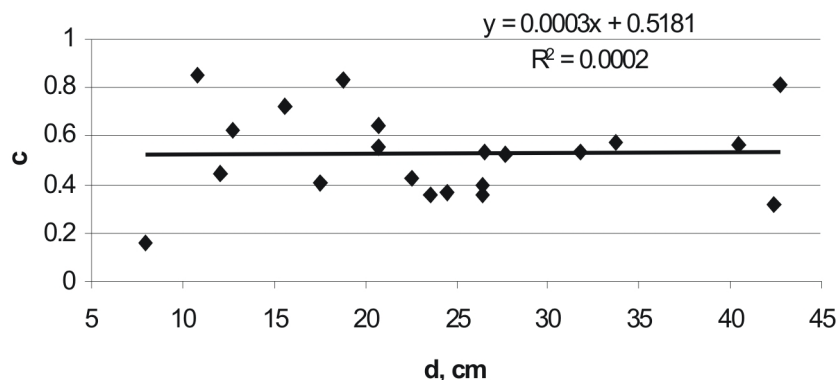
2. att. Pārejas koeficientu summas Σc_i un krūšaugstuma caurmēra korelācija.

Fig. 2. Correlation between expansion factors sum and stem diameter.

3. tabula / Table 3

Latvijas egļu mežu krāja un biomasas
The volume and biomass of spruce forests in Latvia

Bonitāte / Site quality index	Krāja, m ³ / Volume, m ³	Biomasas, milj. t / Biomass, million t					
		stumburu / of stems	zaru / of branches	skuju / of needles	celmu / of stumps	sakņu / of roots	kopā / total
I ^a	8 562 380	6.799	1.159	1.194	0.603	1.534	11.289
I	43 219 922	34.317	5.852	6.024	3.043	7.742	56.978
II	29 359 041	23.311	3.975	4.092	2.067	5.259	38.704
III	6 274 406	4.982	0.849	0.875	0.442	1.124	8.272
IV	1 309 380	1.040	0.177	0.183	0.092	0.235	1.727
V	87 333	0.069	0.012	0.012	0.006	0.016	0.115
V ^a	7 835	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.010
Kopā / Total	88 820 297	70.524	12.025	12.381	6.254	15.911	117.095
%		60.2	10.3	10.6	5.3	13.6	100.0

tikai viens izejas parametrs – attiecīgās audzes vai audžu kopas krāja.

Pārejas koeficientu aritmētiskie vidējie un to standartklūdas: $c_z = 0.13539 \pm 0.01453$, $c_{sk} = 0.13939 \pm 0.02185$, $c_c = 0.07095 \pm 0.00451$, $c_s = 0.17905 \pm 0.01577$ un $\Sigma c_i = 0.52478 \pm 0.03945$. Latvijas egļu audžu biomasas aprēķins sadalījumā pa bonitātes klasēm redzams 3. tabulā. Kopējais biomasas apjoms ir 117.095 milj. t, no kurām 70.524 milj. t jeb 60.2% ir stumburu, bet 46.571 milj. t jeb 39.8% – nestumburu frakciju daļa. Tā kā egļu mežu kopējā platība Latvijā ir 515 322.2 ha [3], tad vidēji 1 ha egļu kokaudzes ir uzkrātas 227.2 t biomasas. Savukārt zari aizņem 10.3%, skujas – 10.6%, celmi – 5.3%, un saknes – 13.6% no kopējā biomasas daudzuma (3. tabula), kas ir potenciāla mežu resursu saimnieciskās izmantošanas rezerve un izejmateriāls akumulētā oglekļa daudzuma aprēķināšanai.

Secinājumi

1. Dobeles, Jelgavas un Bauskas rajonu vēra, slapjā vēra un šaurlapju āreņa vai kūdreņa I^a, I un II bonitātes, 0.6–0.8 biežības atšķirīga mistrojuma vidēja vecuma, briestaudzēs un pieaugušās audzēs ievākti 21 egles paraugkoka dati par nestumburu frakciju biomasas sadalījumu.
2. Aprēķinātas egļu nestumburu biomasas frakciju (zari, skujas, celmi, saknes) pārejas koeficientu c_i vērtības kā attiecīgās frakcijas biomasas un stumbra tilpuma attiecības (aritmētiskais vidējais $\pm$ standartklūda): zaru $c_z = 0.13539 \pm 0.01453$, skuju $c_{sk} = 0.13939 \pm 0.02185$, celmu $c_c = 0.07095 \pm 0.00451$, sakņu $c_s = 0.17905 \pm 0.01577$ un nestumburu frakcijas kopā $\Sigma c_i = 0.52478 \pm 0.03945$.
3. Latvijas egļu mežu stumburu frakcijas biomasas aprēķināta kā krājas un svaigi cirstas koksnes

blīvuma koeficienta, bet nestumbru frakciju biomasas – kā krājas un attiecīgo pārejas koeficientu reizinājums, iegūstot šādas vērtības: kopējais biomasas apjoms ir 117.095 milj. t, no kurām 70.524 milj. t jeb 60.2% ir stumbru, bet 46.571 milj. t jeb 39.8% – nestumbru frakciju daļa. Savukārt nestumbru frakcijā zari aizņem 10.3%, skujas – 10.6%, celmi – 5.3%, un saknes – 13.6% no kopējā biomasas daudzuma. Šie dati raksturo mežu resursu saimnieciskās izmantošanas rezervi un ir izejmateriāls akumulētā oglekļa aprēķināšanai.

Literatūra

1. John, A. Helms (1998) *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Foresters, Bethesda, 210 pp.
2. Michael, S. Philip (1994) *Measuring Trees and Forests*. Second edition, CAB International, Department of Forestry, University of Aberdeen, 310 pp.
3. Уголев, Б. Н. (2001) *Древесиноведение с основами лесного товароведения*. Изд. третье, Москва, МГУЛ, 340 с.
4. Stephen, F. Lincoln (2005) Fossil Fuels in the 21st Century. In: *Ambio*, Vol. 34, No. 8, pp. 621-627.
5. Liepa, I., Mauriņš, A., Vimba, E. (1991) *Ekoloģija un dabas aizsardzība*. Rīga, Zvaigzne, 302 lpp.
6. Боровиков, А. М., Уголев, Б. Н. (1989) *Справочник по древесине*. Москва: Лесная промышленность, 296 с.
7. *Forest Sector in Latvia 2005*. (2005) Rīga, 32 pp.
8. *Growth Ring*. (2005) State Forest Service, Rīga, 28 pp.
9. Liepa, I. (1996) *Pieauguma mērīšana*. LLU, Jelgava, 123 lpp.
10. Zar, J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*. Fourth edition, Prentice Hall International, Northern Illinois University, USA, 663 pp.
11. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Datorzinību centrs, Rīga, 352 lpp.

Kopšanas ciršu režīms egļu jaunaudzēs Thinning Regime in Young Spruce Stands

Pēteris Zālītis, Zane Lībiete

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava"
Latvian State Forest Research Institute „Silava”
e-mail: zalitis@silava.lv

Abstract. The article analyses the growth rate peculiarities of young spruce stands in connection with the mean height of the stand at the moment of thinning. The data from 34 permanent sample plots established from 1963 to 1982 in the forest of Forest Research Station “Kalsnava” are used. These systematically re-measured sample plots provide unique information about the growth of spruce stands. In thinned stands with 1500-2000 trees per ha the productivity reaches $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$; however, at the mean height of 17 m the volume difference sharply decreases and often becomes negative. The productivity of the stand is the highest if the number of spruces is reduced to 1500-2000 trees per ha before the mean height of the stand reaches 5 m. The removal of the suppressed stand after the mean height of the stand has reached 10 m does not provide positive influence upon the productivity of the dominant stand. In the drained forests it is recommended to remove downy birch at the same time as the drainage system is established, if the number of conifers including vital spruce undergrowth reaches 1000 tree per ha. In 20 years the volume of thus reconstructed stand exceeds the volume of the unthinned birch stand.

Key words: young spruce stand, thinning regime, stand mean height.

Ievads

Latvijas mežkopju galvenais uzdevums ir sasniegt maksimālo koksnes krāju cērtamā vecuma audzēs ar iespējami resnākiem kokiem. Tas panākams, ievadot mežā papildu enerģiju, veicot sēklkopības, selekcijas, stādu audzēšanas, meža kultūru ierīkošanas, meža aizsardzības, meliorācijas un jaunaudžu kopšanas pasākumus. Visu šo pasākumu lietderība vērtējama saistībā ar to, vai cērtamā vecuma audzes kļuvušas ražīgākas un kvalitatīvākas.

Daudzus gadu desmitus meža kopšanas ciršu nepieciešamība tika argumentēta ar neapstrīdētu atziņu – jaunaudzēs kociņu skaits ir ļoti liels. Diskusijas un pētījumi izvērsās par to, cik lielā mērā, kurā laikā un pēc cik gadiem audzi lietderīgi izretināt. Pareizākais variants iezīmējās tā, ka, to realizējot, palielinājās iegūtais kokmateriālu apjoms vienas cirtes aprites laikā. Dzenoties pēc papildu kubikmetriem, kopšanas cirtes visbiežāk veica vidēja vecuma audzēs un briestaudzēs. Parādījās sauklis: otro kubikmetru no kopšanas cirtēm! Otrais kubikmetrs (pirmais kubikmetrs no kailcirtes) starpizmantošanā tomēr noveda pie tā, ka priekšlaicīgi tika izcirsta liela daļa no koksni ražojošās valdaudzes. Rezultātā galvenās izmantošanas vecumā ilgus gadus iegūtās koksnes apjoms vidēji pa Latviju bija $220 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Tādu krāju kokaudze sasniedz 40 gadu vecumā. Parādījās arī ekonomiski secinājumi, ka krājas kopšanas cirtē

ievāktā kubikmetra pašizmaksa ir divreiz lielāka un kokmateriālu sortimentu struktūra ir divreiz sliktāka nekā kailcirtē iegūtiem kokmateriāliem.

Meža nozares vadība nesamierinājās ar tādu stāvokli un rosināja zinātniekus pievērsties kopšanas ciršu režīma skaidrošanai. Pamatojoties uz objektīvām likumsakarībām, tika izstrādāti jauni krājas kopšanas ciršu modeļi (Буш, Иевинь, 1984), kas novērsa briestaudžu nevajadzīgu izretināšanu.

Pārnēsot krājas kopšanas cirtes galvenokārt uz 30–40 gadus vecām jaunaudzēm un vidēja vecuma audzēm, mežos jūtami palielinājās uzkrātās koksnes apjoms. Jau pēc neilga laika galvenās izmantošanas cirtēs iegūtā koksne sasniedza $280 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, tādējādi tuvinoties mežzinātnieku prognozētajiem $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kopšanas ciršu režīma sakārtošanas pirmais etaps noslēdzās ar „Papildināto norādījumu par kopšanas cirtēm” (1985) izstrādi un ieviešanu mežkopībā, tādējādi ierobežojot kļūmīgo ievirzi uz pārbiezinātām jaunaudzēm un pārlietu izretinātām briestaudzēm.

Nākamais etaps nosacīti sākās, uzsākot intensīvas sastāva kopšanas cirtes jaunaudzēs. Šāda pasākuma lietderību apliecināja pastāvīgajos jaunaudžu parauglaukumos ievāktie dati par dažādas biežības kokaudžu augšanas gaitu (Zālītis, Špalte, 2002; Zālītis, Lībiete, 2004; 2005). Iegūtie materiāli apliecināja, ka 3–5 m augstā jaunaudzē, atstājot 1500–2000 kociņu uz hektāra, 15 gados audzes vidējais augstums palielinās

par aptuveni 13 m, sasniedzot 18 m augstumu, turklāt visi kociņi ir saglabājušies un starpaudzē pagaidām neveidojas.

Kokaudzēs, kas cēlušās no retām vai izretinātām jaunaudzēm, valdaudzes koksnes krāja ir lielāka, stumbri resnāki un to skaits lielāks nekā audzēs, kas sākotnēji bijušas pārbiezinātas un nav izretinātas (Zālītis u.c., 2006). Šādu vidēja vecuma audžu izretināšana atbilstoši A/S "Latvijas valsts meži" krājas kopšanas ciršu normatīviem vērtējama kā mežsaimnieciska kļūda. No retām jaunaudzēm veidotās cērtamā vecuma audzēs koksnes krāja reāli var sasniegt $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pašreiz iecerēto $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ vietā.

Turpinoties ilglaicīgiem novērojumiem izretinātās egļu audzēs, kā trešais etaps iezīmējas negaidīta sakarība: kokaudzes "atmiņa" ir vēl izsmalcinātāka nekā tas šķita iepriekš. Šajā rakstā pastiprināta uzmanība pievērsta augšanas gaitas savdabībām, kas parādās saistībā ar to, kāds bijis jaunaudzes vidējais augstums, kad veikta sastāva kopšanas cirte, izretinot audzi līdz 1500–2000 kociņiem uz hektāra.

Metodika un objekti

Egļu jaunaudžu augšanas gaitas analīzei izmantoti MPS "Kalsnava" mežos, t.s. Medņu līnijas apkaimē, izveidotos 34 pastāvīgos parauglaukumos iegūtie dati: 30 parauglaukumi Jāņa Bisenieka vadībā ierīkoti 1982. gadā saistībā ar pētījumiem par egļu pārmalkas plantāciju lietderīgākiem parametriem, 4 parauglaukumi ar autora līdzdalību ierīkoti 1963. gadā kā nosusināto pārejas purvu apmežošanas eksperimenti.

Pārmalkas plantācijas parauglaukumi organizēti šaurlapju kūdrēnī jau agrāk ierīkotās egļu kultūrās ar sākotnējo biežumu $6000 \text{ gab. ha}^{-1}$, 1982. gadā audzi izretinot līdz 1500–2000 gab. ha^{-1} . Puse (15) parauglaukumu raksturo 4–6 m augstas, otra puse (15) parauglaukumu – 9–11 m augstas jaunaudzes augšanas gaitu pēc to izretināšanas.

Ar vaļējiem grāvjiem un segtām drenām 1960. gadā nosusinātajā pārejas purvā (kūdras dziļums 4.5 m) eksperimentālajā izcirtumā 4 parauglaukumi apstādīti ar egļu meženiem; tiem vēlāk piesējušās papildu eglītes. 1988. gadā 24 gadus vecas audzes (vidējais augstums $\approx 12 \text{ m}$) divos parauglaukumos izcirstas tievākās eglītes, audzes šķērslaukumu samazinot līdz toreiz rekomendētajam.

Parauglaukumos visi koki ir numurēti, uz stumbra fiksējot caurmēra mērīšanas vietu 1.3 m augstumā. Koku caurmērs mērīts ar 1 mm precizitāti divos stateniskos virzienos. Augstums izmērīts ikvienam piektajam kokam atbilstoši to numerācijai. Stumbra tilpums aprēķināts saistībā ar ikviena koka faktisko caurmēru un no parauglaukuma augstumlīknes

nolasīto augstumu. Kokaudzes krāju veido atsevišķo stumburu tilpumu summa.

Kokaudzes pārmitrajos mežos visbiežāk pieskaitāmas mistraudzēm ar bērza piemistrojumu vai pat audzēm ar bērzu kā valdošo sugu. Tā ir pārmitro mežu dabiskā struktūra, un bērzu izciršana pārmitrajos mežos, veidojot egļu vai priežu tīraudzes vērtējama kā nepareiza rīcība. Skuju koku pieaugums neuzlabosies, bet visai iespējama kļūs meža ekosistēmas pārvēršanās purvā.

Līdz ar meliorācijas grāvju izrakšanu ievērojami uzlabojas augsnes aerācija, un sākas skuju koku krass augšanas kāpinājums, taču bērzs savu ražību palielina visai nedaudz. Latvijā pārsvarā ir meliorētie meži ar pietiekami auglīgām augsnēm, un tādēļ kokaudzes sastāvā visbiežāk sākas egles agresīva ieviešanās. Bērzs vairs neiederas kokaudzes sastāvā, un tas, kļuvis par traucēkli eglīšu augšanai, izvēlams no meža.

Risinot uzdevumu par vēlamo eglīšu skaitu pirms bērza izvākšanas, savulaik tika izmantoti bērza–egļu mistraudžu taksācijas elementu (vecums, kokaudzes sastāvs, šķērslaukums, krāja) statistiskie rādītāji un, sakarības starp tiem aproksimējot regresijas vienādojumu veidā, aprēķinājām, ka bērzu audzēs, kurās dzīvotspējīgu eglīšu kopskaits ir vismaz 1000 gab. ha^{-1} , rentabla ir visu purva bērzu izciršana (Залитис, 1986). Aprēķini liecināja, ka pēc 20 gadiem egļu audzes krāja pārsniegs tās audzes krāju, kurā bērzi saglabāti kā valdošā suga. Prognozes ticamības empīriskai pārbaudei tika ierīkoti četri parauglaukumi 40 gadu vecās purva bērzu audzēs (E-14, 15, 16, 17), no kuriem divos 1982. gadā tika izcirsti visi bērzi, un tādējādi bērzu audze transformējās par skuju koku audzi. Pagājuši 25 gadi un 2006. gadā, atkārtoti pārmērot tolaik ierīkotos parauglaukumus, tika pārbaudīta savulaik izstrādātā modeļa ticamība.

Bērza audžu transformēšanas lietderība par egļu mežu analizēta arī tādā platlapju kūdreņa audzē, kur valdošā suga bija 80–100 gadīgi, tātad cērtamo vecumu krietni pārsnieguši, purva bērzi. Egle veidoja otro stāvu. Vienā parauglaukumā (E-5) izcirsti visi bērzi, otrajā (E-6) bērzi netika izcirsti.

Rezultāti un diskusija

Augšanas gaitu raksturojošie dati daudzkārt pārmērītajos egļu parauglaukumos izmantoti, lai ilustrētu: 1) vienvecuma egļu jaunaudžu augšanas gaitu meliorētos mežos un 2) atšķirīgā augstumā (vecumā) izretināto jaunaudžu augšanas savdabības.

Tradicionālajās 1924. gada Augšanas gaitas tabulās normālām audzēm (Mežsaimniecības ..., 1963) fiksēti kokaudzes parametri tādām audzēm, kuru jaunībā kociņu skaits bijis ļoti liels. Populāra ir atziņa, ka koku skaits ir audzes augstuma funkcija. Patiešām, ja 1. bonitātes dabiskas izcelsmes egļu audzēs atbilstoši

1. tabula / Table 1

Egļu jaunaudžu vidējie taksācijas rādītāji 30 parauglaukumos pēc sastāva kopšanas cirtes ≈ 5 m un ≈ 10 m augstās audzēs
 Characteristics of young spruce stands in 30 sample plots after thinning at the mean height of ≈ 5 m and ≈ 10 m

Gads / Year	Koku skaits, gab. ha ⁻¹ / Number of trees per ha		Vidējais caurmērs / Mean diameter, cm		Vidējais augstums / Mean height, m		Šķērslaukums / Basal area, m ² ha ⁻¹		Krāja / Standing volume, m ³ ha ⁻¹		Krājas difference, m ³ ha ⁻¹ gadā / Volume difference, m ³ ha ⁻¹ year ⁻¹	
	H ₀ $\approx$ 5 m	H ₀ $\approx$ 10 m	H ₀ $\approx$ 5 m	H ₀ $\approx$ 10 m	H ₀ $\approx$ 5 m	H ₀ $\approx$ 10 m	H ₀ $\approx$ 5 m	H ₀ $\approx$ 10 m	H ₀ $\approx$ 5 m	H ₀ $\approx$ 10 m	H ₀ $\approx$ 5 m	H ₀ $\approx$ 10 m
1981	6000	5100	5.1	9.8	4.3	9.9	12	33	38	197		
1982	1890	1850	7.1	11.2	5.5	10.7	8	18	31	114	13.2	9.8
1987	1890	1850	10.9	13.0	8.9	11.7	17	24	97	163	14.7	13.8
1994	1840	1590	14.0	15.5	12.7	16.6	28	30	200	260		
1999	1660	1290	15.8	17.3	16.7	17.2	33	30	289	271	17.8	2.2
2006	1560	980	16.7	18.8	17.1	18.3	34	27	306	253	2.4	-2.6

Augšanas gaitas tabulām, audzes vidējam augstumam palielinoties par 1 m, eglīšu skaits samazinās par 900 gab. ha⁻¹, tad mūsu parauglaukumos, kuros jaunaudze izretināta līdz 2000 gab. ha⁻¹, kociņu skaits sarucis tikai par 300 gab. ha⁻¹ 25 gadu laikā, audzes vidējam augstumam pieaugot no 5.5 m līdz 17.1 m (1. tabula). Lietderīgi akcentēt, ka koki atmiruši tikai pēdējos gados.

Bijušajā pārejas purvā ierīkotajās kultūrās ar 3–4 tūkst. gab. ha⁻¹, kociņu atmiršana ir atšķirīga (2. tabula), bet visos 34 parauglaukumos kopīgs ir tas, ka neatkarīgi no apsaimniekošanas režīma kociņu skaits samērā retās 17 m augstās jaunaudzēs vidēji

ir apmēram 1500 gab. ha⁻¹. Skaits ir krietni lielāks nekā tas iekļauts A/S “Latvijas valsts meži” prasībās par krājas kopšanas ciršu izpildi, kur paredzēts 17 m augstā biežā egļu audzē pirmajā kopšanas cirtē kociņu skaitu samazināt līdz 950 gab. ha⁻¹. Visticamāk, ka 1500 gab. ha⁻¹ ir vienvecuma egļu tīraudžu pašizretināšanās robeža līdz 20 m augstumam. Ar to jāreķinās, ierīkojot egļu meža plantācijas, un šo skaitu lietderīgi iestrādāt 2–5 m augstās egļu kultūrās.

Augšanas gaitas svarīgākais raksturotājs ir kokaudzes krājas uzkrāšanās dinamika. Krājas uzkrāšanās visstraujāk notiek 12–17 m augstās audzēs, kad 10 gados nereti uzkrājas 200 m³ ha⁻¹.

2. tabula / Table 2

Egļu jaunaudžu augšanas gaita šaurlapju kūdreņa (bijušā pārejas purvā) 4 parauglaukumos
The growth of young spruce stands in 4 sample plots on drained peatland (former transition bog)

Gads / Year	Kociņu skaits, gab. ha ⁻¹ / Number of trees per ha	Vidējais caurmērs / Mean diameter, cm	Vidējais augstums / Mean height, m	Šķērs- laukums / Basal area, m ² ha ⁻¹	Krāja / Standing volume, m ³ ha ⁻¹	Krājas uzkrāšanās temps, m ³ ha ⁻¹ gadā / Volume accumulation rate, m ³ ha ⁻¹ year ⁻¹
Kontrole / Control						
1966	3300	—	0.4	—	—	
1970	2800	—	1.2	—	—	
1977	2750	7.0	5.8	12	42	
1986	2450	12.0	11.4	25	156	
1988	2400	13.1	12.5	27	172	+18.7
1990	2150	13.3	13.5	30	222	
1994	1950	15.0	15.2	35	284	
1999	1700	16.5	16.87	38	328	-4.0
2006	1280	18.2	17.8	33	304	
1988. gadā veikta sastāva kopšanas cirte / Thinning carried out in 1988						
1966	3700	—	0.4	—	—	
1970	3100	—	1.4	—	—	
1977	3100	7.0	5.2	12	44	
1986	2650	11.9	10.8	28	170	
1988	2650	13.6	11.5	30	188	
1988	1550	14.4	12.2	26	164	+20.8
1990	1550	15.6	14.5	28	218	
1994	1550	16.8	16.2	34	289	
1999	1550	17.8	17.2	40	364	-0.7
2006	1350	19.2	18.4	38	360	

Krājas pieaugums (krājas difference) krasi samazinās vai kļūst negatīvs aptuveni tad, kad audzē uzkrājušies $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un audzes vecums sasniedzis 35 gadus. Kokaudzes, kuru krāja nepalielinās, mežsaimnieciskā aspektā vērtējamas kā brūkošas, to ražību paaugstināt ar krājas kopšanas cirtēm nav iespējams, un tās lietderīgi nocirst tūlīt, kamēr šajās audzēs uzkrātā pamatīgā krāja nav zaudējusi savu kvalitāti.

Vienvecuma egļu audzes jāapsaimnieko atbilstoši to augšanas potenciālam neatkarīgi no audžu faktiskā vecuma. Enerģiski un veiksmīgi retinot jau esošās jaunaudzes, mūsu mežos radikāli pieaug šo mērķtiecīgi veidoto jaunaudžu īpatsvars. Tas nozīmē, ka nākotnē samērā ilgu laiku audzi veidos spēcīgi, savstarpējā konkurencē nenovājināti un tādēļ veselīgi koki. Starpaudzes koku izvākšana kļūst mazefektīva vai pat nevajadzīga – līdz 40 gadu vecumam starpaudzes tikpat kā nav.

Mežsaimniecībā nav pierasts pie šāda apsaimniekošanas režīma. Joprojām populāras ir krājas kopšanas cirtes ar starpaudzes un valdaudzes tievāko koku izciršanu, saglabājot atstātās audzes daļas pieļaujamo mazāko šķērslaukumu. Pēdējo gadu vējgāžu postījumi noliedz krājas kopšanas ciršu lietderību, un maznozīmīgs kļuvis arī kopšanas ciršu atkārtojums. Certe jāveic nevis iepriekš uzdotā laika režīmā, bet gan atbilstoši faktiskajai situācijai audzē, balstoties uz ekonomisko izdevīgumu un rēķinoties ar atstātās audzes daļas noturības pasliktināšanos. Audžu, kurās jāparedz sistemātiskas krājas kopšanas cirtes, veidošana vērtējama kā kļūmīga ievirze.

Uzskatām par lietderīgu šajā rakstā ar konkrētu piemēru (2. tabula) ilustrēt audžu augšanas potenciāla neatgriezenisku pasliktināšanos arī tādās audzēs, kurās kopšanas cirte veikta pie 12 m vidēja augstuma. Pirms 10 gadiem audzes bija ražīgas un veselīgas

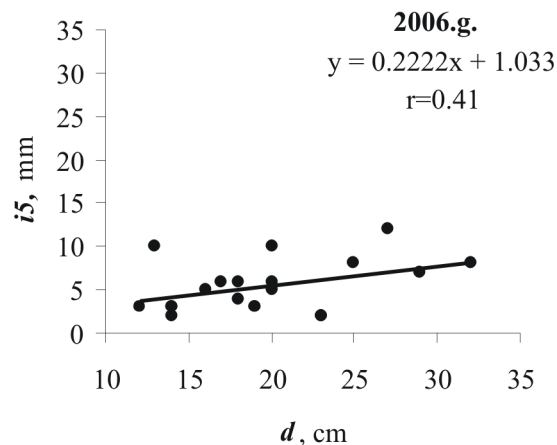
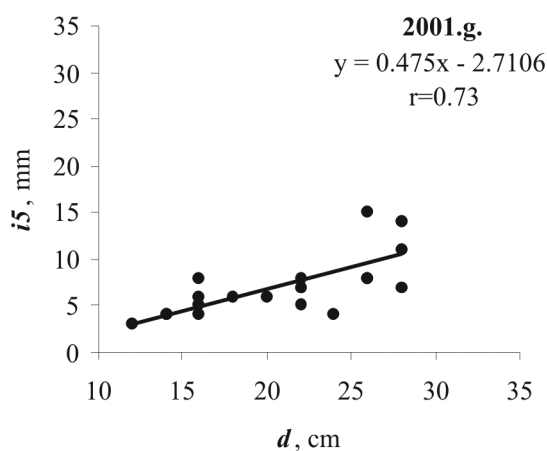
(1. grupa), pirms 5 gadiem (2001. gadā) audzes atbilstoši augšanas potenciālam novērtētas kā paaugstināta riska audzes (2. grupa), bet 2006. gadā tās atbilst brūkošu, tātad bezperspektīvu, audžu grupai (3. grupa).

Egļu tīraudzes augšanas potenciāla apzināšanai tiek izmantoti trīs rādītāji (Zālītis, Lībiete, 2005): 1) gadskārtu vidējais platums pēdējos 5 gados i ; 2) regresijas koeficients a vienādojumā $i = ad + b$, kur d – koka caurmērs krūšaugstumā, cm; un 3) korelācijas koeficients r starp i un d . Salīdzinām šo rādītāju vērtības 1963. gadā ierīkotajos parauglaukumos 2001. un 2006. gadā (1. attēls):

- 1) gadskārtu platums i :
2001. gadā $i = 1.46 \text{ mm} < 2.0 \text{ mm} \rightarrow$ 3. grupa,
2006. gadā $i = 1.10 \text{ mm} < 2.0 \text{ mm} \rightarrow$ 3. grupa;
- 2) regresijas koeficients a vienādojumos:
2001. gadā $a = 0.475$ ir lielāks par 3. grupas ($a \leq 0.30$) un mazāks par 1. grupas ($a > 0.60$) $\rightarrow$ 2. grupa,
2006. gadā $a = 0.222$ ir mazāks par 3. grupas ($a \leq 0.30$) $\rightarrow$ 3. grupa;
- 3) korelācijas koeficients r :
2001. gadā $r = 0.73$, kas lielāks par 0.60 $\rightarrow$ 1. grupa,
2006. gadā $r = 0.41$, kas mazāks par 0.60 $\rightarrow$ 3. grupa.

Vērtējums:

2001. gadā audze pieskaitāma paaugstināta riska grupai – 2. grupa;
2006. gadā – audze bezperspektīva – 3. grupa.



1. att. Sakarības starp egļu caurmēru (d) un pēdējo 5 gadskārtu platumu ($i5$) 2001. un 2006. gadā.
Fig. 1. Relation between the stem diameter (d) and the width of last 5 annual rings ($i5$) of the spruces in the years 2001 and 2006.

Līdzīgus rezultātus iegūstam arī, izmantojot augšanas potenciāla integrālo indikatoru $i \times r$, ko lietderīgi izmantot augšanas potenciāla raksturošanai paaugstināta riska audzēs. Šī koeficienta robežlielums starp 2. un 3. grupas audzēm ir 0.7 mm:

2001. gadā $i \times r = 1.46 \times 0.73 = 1.07 > 0.7$, kas norāda, ka audze ir vāja 2. grupas audze, kas drīz pāries bezcerīgo audžu 3. grupā;

2006. gadā $i \times r = 1.1 \times 0.41 = 0.451 < 0.7$, kas raksturo, ka audze tiešām pārgājusi bezcerīgo audžu grupā.

Krājas pieauguma dinamikas izpēte, analizējot caurmēra izmaiņu precīzus mērījumus, ko iegūst, kokus dastojot pēc 3–5 gadiem, var dot neprecīzu vērtējumu. Atšķirība starp tekošā vidējā pieauguma lielumiem, kas aprēķināti saistībā ar gadskārtu platumu no vienas puses un audzes dastojumiem no otras puses, sasniedz $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā, t.i., par šādu lielumu tekošais vidējais pieaugums apsekotajā laika periodā pārsniedz krājas diferenci, pēdējā neieskaitot atmirušo koku stumbru tilpumu (Zālītis, Lībiete, 2004). Visticamāk to izraisa atšķirīgi meteoroloģiskie apstākļi veģetācijas periodā pirms koku dastošanas.

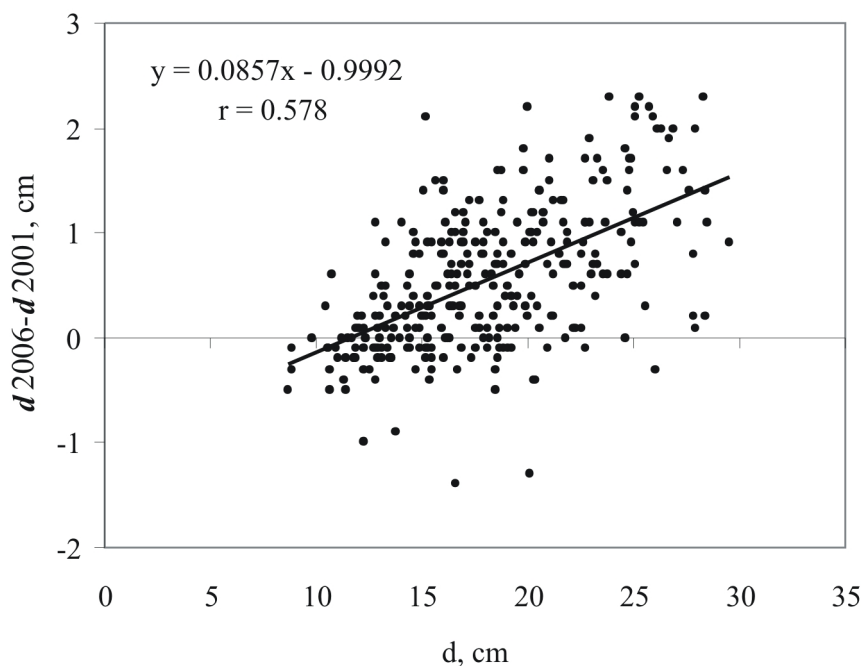
Pārmērot 320 numurētās egles 2001. un 2006. gadā, konstatēts, ka 2006. gada ekstrēmi sausajā vasarā 55 koki izrādījās tievāki, nekā tie bija 2001. gadā (2. attēls). Tas nozīmē, ka mizas un, iespējams, arī stumbra koksnes sarūkšana bezlietus periodā ir

lielāka par stumbra caurmēra tekošo pieaugumu, veidojot jaunas gadskārtas. Šāda sakarība, saprotams, spilgtāk iezīmējas tievākiem kokiem ar šaurākām gadskārtām, mūsu piemērā – kokiem līdz 20 cm resnumam.

Šī atziņa akcentē audzes atkārtotas dastošanas lietderību pastāvīgajos parauglaukumos ne biežāk kā pēc 5 gadiem. Nav izstrādāta pārliedzinoša iespēja koriģēt dastojuma rezultātus atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Tikai uzkrājoties atkārtotiem mērījumu rezultātiem apmēram 15 gadu ilgā laikā, iespējams izvilkt datus izlīdzinošu līkni, kas dod daudz objektīvāku informāciju par audzes augšanas faktisko gaitu, nekā tā iegūstama, salīdzinot divus neilgā laika posmā veiktos dastojumus.

2. attēlā izpaužas arī egļu meža ilglaicīgas saglabāšanās iespēja pat tad, ja no mežsaimnieciskā viedokļa audze vērtējama kā bezperspektīva. Apmēram desmit, pārsvarā resnākās, egles piecos gados pieaugušas resumā vismaz par 2.0–2.5 cm, tādējādi apliecinot savu vitalitāti un piesakoties par mātes kokiem, veidojot nākotnē salikto egļu audzi.

Inventarizējot mežu, par jaunaudzēm dēvē egļu audzes līdz 40 gadu vecumam. Mežkopiskā aspektā šāds iedalījums vērtējams kā visai pavisams. Ne tikai tāpēc, ka 40 gadus vecā audzē koksnes krāja nereti pārsniedz $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, kas līdzinās cirtmeta vecuma audžu krājai, bet arī tāpēc, ka jaunaudzes faktiskie parametri sastāva kopšanas cirtes laikā visai būtiski ietekmē egļu meža tālāko augšanas gaitu. Šo atziņu uzskatāmi ilustrē dati, kas iegūti, salīdzinot augšanas



2. att. Sakarība starp stumbra caurmēru (d) un caurmēru starpību 2006. un 2001. gadā.

Fig. 2. Relation between the stem diameter (d) and the difference of the diameter in the years 2006 and 2001.

gaitu audzēs, kas 1982. gadā izretinātas līdz 2000 gab. ha⁻¹ aptuveni 5 m un 10 m augstās tīraudzēs (1. tabula).

Piecu metru paraugkopā 25 gadu laikā valdaudzes koku skaits samazinājies par 300 gab. ha⁻¹, desmit metru paraugkopā – par 900 gab. ha⁻¹. Starp paraugkopām vidējais caurmērs sākumā atšķīrās par 4.1 cm, beigās – par 2.1 cm; vidējais augstums sākumā atšķīrās par 5.2 m (divkārt), beigās – par 1.2 m. Šķērslaukums piecu metru paraugkopā sākumā bija par 10 m² ha⁻¹ mazāks, taču beigās par 7 m² ha⁻¹ lielāks nekā desmit metru paraugkopā. Koksnes vidējā krāja piecu metru paraugkopā palielinājusies desmitkārt, desmit metru paraugkopā – tikai divkārt.

Stumbru koksnes krāja piecu metru paraugkopā 2006. gadā svārstās pa 15 parauglaukumiem robežās no 203 m³ ha⁻¹ līdz 460 m³ ha⁻¹, desmit metru paraugkopā – no 154 m³ ha⁻¹ līdz 303 m³ ha⁻¹. Turklāt desmit metru paraugkopā krājas difference kļuvusi negatīva, un pēdējo 7 gadu laikā tā vidēji sarukusi par 18 m³ ha⁻¹. Abu paraugkopu vidējo aritmētisko (307 m³ ha⁻¹ un 253 m³ ha⁻¹) salīdzināšana liecina par to signifikanto atšķirību augstā ticamības līmenī: $t_{\text{fakt}} = 2.86 > t_{0.05;28} = 2.05$.

Uzskatām, ka šie dati atkārtoti pārliecina par to, cik lietderīgi pavisam agri novērst koku savstarpējo konkurenci. Tas jāveic, pirms audzes vidējais augstums nav pārsniedzis 5 m. Tādu audžu retināšana, kurās vidējais augstums sasniedz vai pārsniedz 10 m, saistāma tikai ar pašreizējo ekonomisko situāciju – cik rentabla ir tievo koku izciršana. Tievāko koku izciršana šādā augstumā vairs pozitīvi neietekmēs atstātās valdaudzes koku tālāko augšanu. Gluži otrādi – starpaudzes mašinizēta izciršana gan mehāniski traumēs valdaudzi, gan pastiprinās tās inficēšanos ar piepi caur izcirstās starpaudzes celmiem.

Ilglaicīgo parauglaukumu pārmērīšanas rezultāti paver iespēju izsekot arī tādu rekonstruktīva rakstura kopšanas ciršu ietekmi, kas saistās ar galvenās

sugas (mūsu gadījumā – bērza) pilnīgu izciršanu meliorētajos mežos, veidojot egļu tīraudzi vai egļu-priežu mistraudzi. Purva bērza izciršanas un skuju koku saglabāšanas lietderību ilustrē seši parauglaukumi, kas raksturo trīs kokaudzes.

MPS “Kalsnava” mežos platlapju kūdrenī parauglaukumā E-5 (50 m × 50 m) 1981. gadā izcirta visus 80–110 gadīgus purva bērzus (ap 100 m³ ha⁻¹), kuri augstumā 17.0 m pārsniedza gan priedi, gan egli. Tā rezultātā audzes kopkrāja samazinājās no 211 m³ ha⁻¹ līdz 113 m³ ha⁻¹, un audzes sastāvs bija uzrakstāms kā 6E4P. 2006. gadā audzes kopkrāja ir 366 m³ ha⁻¹ ar sastāvu 8E2P. Nogabala līdzšinējā produkcija tādējādi bija 464 m³ ha⁻¹.

Blakus parauglaukumā E-6 (kontrole) bērzi netika izcirsti. Bērzu krāja 25 gadu laikā būtiski nav mainījusies (ap 80 m³ ha⁻¹), un, kokiem atmirstot (to pašreizējais vecums ir 120 gadu), valdaudzes bērzu skaits samazinājies no 510 gab. ha⁻¹ līdz 180 gab. ha⁻¹. Kokaudzes sastāvs 1981. gadā bija 5B3P2E, bet 2006. gadā – 6E2P2B. Bērziem atmirstot, arī šajā parauglaukumā norisinās audzes pakāpeniska transformēšanās par skuju koku audzi, taču 2006. gadā audzes kopkrāja ir 338 m³ ha⁻¹, un egles krāja šeit ir par 100 m³ ha⁻¹ mazāka nekā parauglaukumā E-5, kur bērzus izcirta.

Vesetnieku stacionāra mežos šaurlapju kūdrenī analizēta meža augšana divos nogabalos, kuros ierīkoti pa diviem parauglaukumiem – viens kontrolei, bet otrā 1982. gadā izcirsti visi aptuveni 40 gadus veci purva bērzi, kuru vidējais augstums sasniedza 12 m. Otrā stāva un paaugas eglīšu kopskaits bija relatīvi neliels un pa parauglaukumiem svārstījās 700–800 gab. ha⁻¹ robežās, nesasniedzot pat 1000 gab. ha⁻¹, ko uzskatījām par robežlielumu.

Visi parauglaukumi trīs reizes pārmērīti. Uzskatāmu informāciju par kokaudzes transformēšanos sniedz parauglaukumu salīdzinājums 1982. un 2006. gadā.

	Kokaudzes sastāvs		Krāja, m ³ ha ⁻¹	
	1982. g.	2006. g.	1982. g.	2006. g.
Parauglaukums E-14	9B1P+E	4E4B2P	94	182
Parauglaukums E-15	6B3P1E	6E4P	103	211
Parauglaukums E-16	6B3P1E	4E3P3B	119	233
Parauglaukums E-17	7B2E1P	7E3P	123	246

1982. gadā izcirsto bērzu apjoms bija 61 m³ ha⁻¹.

1982. gadā izcirsto bērzu apjoms bija 84 m³ ha⁻¹.

Kopš eksperimenta uzsākšanas pagājuši 25 gadi, un 1986. gadā izstrādātā modeļa ticamība apstiprinājusies pilnībā; iecerētie rezultāti turklāt sasniegti ar mazāku eglīšu skaitu par 1000 gab. ha⁻¹. Kontroles parauglaukumos (E-14, E-16) 16 m augstu

bērzu krāja joprojām saglabājusies 70–80 m³ ha⁻¹ apjomā, taču šajos parauglaukumos audžu kopkrāja ir par 40–50 m³ ha⁻¹ mazāka nekā tajos parauglaukumos, kur visi bērzi izvākti, iegūstot 60–80 m³ ha⁻¹ papildu kokmateriālu.

Secinājumi

1. Pastāvīgie parauglaukumi, kas pirms 25–40 gadiem ierīkoti egļu jaunaudzēs un sistemātiski pārņemti, sniedz unikālu informāciju par tīraudžu augšanas gaitu. Izretinātās jaunaudzēs ar 1500–2000 kociņiem uz hektāru ilgus gadus nesamazinās valdaudzes koku skaits, audzes ražība sasniedz $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā, taču pie 17 m vidējā augstuma kokaudzes krājas difference krasi samazinās, nereti kļūstot negatīvai.
2. Kokaudzes ražība ir visaugstākā tad, ja eglīšu skaitu samazina līdz 1500–2000 gab. ha^{-1} , iekams audzes vidējais augstums nepārsniedz 5 metrus. Starpaudzes izciršana, ja audzes vidējais augstums pārsniedz 10 m, pozitīvi neietekmē atstātās valdaudzes ražību.
3. Meliorētajos mežos purva bērzu ir lietderīgi izcirst līdz ar grāvju izrakšanu, ja skuju koku, ieskaitot dzīvotspējīgu egļu paaugu, kopskaits sasniedz $1000 \text{ gab. ha}^{-1}$. Pēc 20 gadiem rekonstruētās kokaudzes krāja pārsniegs nekoptas bērzu audzes kopkrāju.

Literatūra

1. *Mežsaimniecības tabulas*. (1963) Rīga, 190 lpp.
2. *Papildinātie norādījumi par kopšanas cirtēm Latvijas PSR mežos*. (1985) Rīga, 46 lpp.
3. Zālītis, P., Lībiete, Z. (2004) Egļu jaunaudžu augšanas gaitas savdabības āreņos un kūdreņos. *Mežzinātne*, 13(46), 21.-36.
4. Zālītis, P., Lībiete, Z. (2005) Egļu jaunaudžu augšanas potenciāls. *LLU Raksti*, 14(306), 83.-93.
5. Zālītis, P., Lībiete, Z., Zālītis, T. (2006) Mērķtiecīgi izveidotu kokaudžu augšanas gaita un strukturēšanās. *Mežzinātne*, 16(49), 9.-29.
6. Zālītis, P., Špalte, E. (2002) Egļu jaunaudžu augšanas gaita. *Mežzinātne*, 10(44), 3.-12.
7. Буш, К.К., Иевинь, И.К. (1984) *Экологические и технологические основы рубок ухода*. Рига, «Зинатне», 174 с.
8. Залитис, П. (1986) Накопление запаса древесины и критерии рубок ухода в осушенных лесах Латвийской ССР. *Лесоведение*, 2, 31-39.

Latvijas skujkoku mežu krājas pieaugums Annual Volume Increment of Coniferous Forests in Latvia

Imants Liepa

LLU Meža fakultāte

Forest Faculty, LLU

e-mail: Imants.Liepa@llu.lv

Abstract. The method for estimation of current annual volume increment of large forest stand sets has been elaborated. This method is used to calculate potential, natural, and real values of current volume increment for pine and spruce forests at the national level. The main statistics of Latvia coniferous forests are presented in Tables 3 to 7. These forests occupy 1.162 million ha and contain 336.92 million m³ of growing stock, its potential annual increment is 11.952, natural increment – 9.894 and real increment – 4.260 million m³, wood death rate in coniferous forests is evaluated to be 2.058 and total felling volume – 5.634 million m³ in 2004. The possibilities to use different kinds of annual current increment in volume to calculate felling intensity of wood resources in accordance with macroeconomic purposes are considered.

Key words: coniferous forests, annual increment, evaluation.

Ievads

Latvijā sastopamas četras autohtonas skujkoku sugas: parastā priede *Pinus sylvestris* L., parastā egļu *Picea abies* (L.) Karst., parastā īve *Taxus baccata* L. un kadiķis *Juniperus communis* L. Komerčiāla nozīme ir pirmajām divām sugām, kas Latvijas apstākļos veido produktīvas, noturīgas, vienkāršas, saliktas, tīraudzes un mistraudzes. Kopumā Latvijas skujkoku meži izceļas ar lielu edafisko, fitocenotisko un bioloģisko daudzveidību. Tāpēc skujkoku audzes vai to piemistrojums sastopamas visos 23 Latvijas meža augšanas apstākļu tipos [2]. Latvijas meži ir pārcietuši postošas ietekmes (vējgāzes, ugunsgrēkus, kaitēkļus, slimības, cilvēku alkātību un pārprastu dabas likumu interpretāciju). Ne mazums ļaunuma ir nesuši kari. Taču, neskatoties uz to, koksnes resursi (krāja) Latvijas mežos kopš to inventarizācijas pirmsākumiem ir nemitīgi palielinājušies [3]. Neiedziļinoties šī fakta cēloņu detālā analīzē, jāatzīmē divi aspekti. Pirmkārt, tā ir mūsu binomam raksturīgā īpatnība, atbilstoši kurai sukcesiju terminālajā stadijā izveidojas noturīgas meža ekosistēmas [16]. Turklāt šajā dabiskajā procesā līdzsvaroti palielinās ekosistēmu noturība un produktivitāte. Otrkārt, daudzu iepriekšējo desmitgadu praktiskajā mežu apsaimniekošanā ir dominējusi tendence cilvēka saimnieciskās intereses saskaņot ar dabas mātes vēlmēm. Protams, ne vienmēr tas ir izdevies ierobežoto zināšanu dēļ.

Krāja jeb koku kopas stumbru tilpuma summa izsaka šīs kopas koku dzīves laikā uzkrāto koksnes resursu apjomu. Savukārt krājas uzkrāšanās ātrums

raksturo krājas pieaugums noteiktā laika intervālā Δt [11]. Matemātiski krājas uzkrāšanos apraksta kā koku kopas augšanas gaitas integrālo, bet pieauguma dinamiku – kā diferenciālo funkciju [7]. Līdz ar Δt samazināšanos ekoloģiskās un mežsaimnieciskās informācijas daudzums, ko satur pieaugums, un tās izmantojamība palielinās, taču palielinās arī pieauguma praktiskās noteikšanas grūtības. Ja $\Delta t = 1$ gadu, ir runa par ikgadējo tekošo pieaugumu [12], kas īpaši jutīgi un integrēti atspoguļo vides dažādo faktoru ietekmi uz meža ekosistēmas produktivitātes un fizioloģiskā stāvokļa izmaiņām. Galvenokārt šī iemesla dēļ ikgadējais pieaugums tiek plaši izmantots meža ekoloģijas pētījumos [6]. Vienlaikus jāuzsver, ka pastāv ne mazums ieteikumu, kā šo informatīvo rādītāju izmantot meža praktiskās apsaimniekošanas interesēs, piemēram, īstenojot vispārzināmo tēzi, ka krājas resursu izmantošanas apjoms nedrīkst pārsniegt to ikgadējo pieaugumu [15], kā arī risinot virkni citu meža ekonomikas jautājumu [5]. Plašāku krājas pieauguma izmantošanu praksē ierobežo tā noteikšanas grūtības. Sevišķi tas sakāms par dažādu saimniecisko (koku sugas, vecuma, bonitātes) un teritoriālo (pagasta, rajona, reģiona, valsts) audžu kopu pieaugumu. Valstīs, kur meža inventarizācija jau ilgāku laiku notiek pēc matemātiskās statistikas metodes, audžu kopu pieaugumu aprēķina, izmantojot atsevišķu audžu datus [8, 13]. Latvijā meža inventarizācijā joprojām dominē nogabalu metode, kas šādu risinājumu izslēdz. Tāpēc šī raksta autors izstrādājis tādu ikgadējā krājas pieauguma noteikšanas metodi, pēc kuras šo rādītāju vajadzīgajai

audžu kopai aprēķina kamerāli, izmantojot vienīgi ar nogabalu metodi iegūto kopas informāciju: valdošo koku sugu, bonitātes klasi, vecumu un šķērslaukumu.

Audžu un to kopu krājas pieaugums izceļas ar lielu daudzveidību un sarežģītu klasifikāciju [14, 9]. No ikgadējā pieauguma veidiem lielākā nozīme ir faktiskajam pieaugumam, kas izsaka noteikšanas gadā esošās koku kopas jeb faktiskās audzes krājas palielināšanās potences. Tāpēc tieši faktiskais ir tas tekošā pieauguma veids, kas visjutīgāk reaģē uz vides izmaiņām, tajā skaitā atsedzot dažādu saimniecisko pasākumu izpildes kvalitāti. Tas arī vislabāk raksturo koku kopas fizioloģisko stāvokli [9].

Faktiskais krājas pieaugums iedalās potenciālajā Z_M , dabiskajā Z_{dab} un reālajā Z_{real} pieaugumā. Potenciālais pieaugums raksturo faktiskās koku kopas krājas palielināšanās tempu. Z_M nevar būt negatīvs. Matemātiski to apraksta krājas diferenciālā funkcija, tā fizikālais analogs ir kustības momentālais ātrums [1]. Labākai uztverei to var salīdzināt ar populācijas dzimstību demogrāfijā.

Jāuzsver, ka katrā audzē un to kopās līdzās organisko vielu sintēzes procesam norisinās nepārtraukta krājas atmiršana, citiem vārdiem, krājas pieaugums un atmirums ir nešķiramas krājas dinamikas sastāvdaļas. Demogrāfiskais analogs te ir populācijas mirstība. Kā zināms, no dzimstības atskaitot mirstību, iegūst populācijas skaita dabisko pieaugumu. Līdzīgi meža pieauguma mācībā, no krājas potenciālā pieauguma atņemot atmirumu $Z_{(-)}$, aprēķina krājas dabisko pieaugumu Z_{dab} . Tā skaitliskā vērtība var būt kā pozitīva, tā negatīva vai vienāda ar nulli. Būtiskas korekcijas krājas dinamikā ienes mežizstrāde, par gada laikā izcirstās koksnes daudzumu samazinot dabisko pieaugumu. Starpība starp dabisko pieaugumu un cilvēka izcirsto krāju M_c izsaka reālo krājas pieaugumu Z_{real} . Pieauguma mācībā to pazīst arī kā krājas diferenciāli. Vienīgi Z_{real} atspoguļo patieso stāvokli audžu kopas krājas resursu uzskaitē. Ja $Z_{real} > 0$, krājas resursi palielinās, ja $Z_{real} < 0$, tie samazinās. Līdz ar to Z_{real} var kalpot kā ciršanas apjomu kontroles kritērijs. Turklāt, analizējot visu piecu komponentu (Z_M , M_{atm} , Z_{dab} , M_c , Z_{real}) datus, atsedzas vājā vieta, kas novēršama krājas resursu nenoplicinošas izmantošanas interesēs.

Pēc mūsu metodes aprēķinātas Latvijas skujkoku mežu dažādu ikgadējā krājas pieauguma veidu skaitliskās vērtības 2005. gada 1. janvārī. Minētās metodes un aprēķinu izklāsts ir šī raksta mērķis.

Materiāls un metodika

Krājas ikgadējā tekošā pieauguma noteikšanas metodes izstrādei izmantoti attiecīgās koku sugas stumbru tilpuma un augšanas gaitas tabulu [10], kā arī parauglaukumu un paraugkoku dati [17]. Savukārt Latvijas priežu un egļu mežu krājas ikgadējā pieauguma vērtības aprēķinātas, vadoties pēc meža inventarizācijā iegūtās un Valsts meža dienesta (VMD) apkopotās informācijas 2005. gada 1. janvārī [4].

Krājas potenciālo tekošo faktisko pieaugumu Z_M aprēķina pēc formulas (1):

$$Z_M = G \cdot Z'_M, \quad (1)$$

kur G – audžu kopas šķērslaukums, m²;
 Z'_M – audžu kopas reducētais krājas potenciālais tekošais faktiskais pieaugums jeb Z_M vērtība, kas attiecināta uz vienu šķērslaukuma kvadrātmetru, m³ · m⁻².

$$Z'_M = a_1 + b_1 B + c_1 B^2 + \frac{a_2 + b_2 B + c_2 B^2}{A} + \frac{a_3 + b_3 B + c_3 B^2}{A^2}, \quad (2)$$

kur B – bonitāte (Ia bonitātei $B = 0$, I bonitātei $B = 1, \dots$, Va bonitātei $B = 6$);

A – vecums gados;

a_i, b_i, c_i – no koku sugas atkarīgi koeficienti (skat. 1. tabulu).

Vienādojums (2) iegūts, izlīdzinot parauglaukumu Z'_M vērtības, kas aprēķinātas pēc I. Liepas urbumu metodes, lietojot izteiksmi (3) [9]:

$$Z'_M = 12732,4 \psi H^\alpha D^{\beta \lg H + \varphi - 2} \left[\frac{Z_H (\alpha + \beta \lg D)}{H} + \frac{Z_D (\varphi + \lg H)}{10D} \right], \quad (3)$$

kur H – vidējais augstums, m;

D – vidējais caurmērs, cm;

Z_H – vidējā augstuma tekošais pieaugums, m;

Z_D – krūšaugstuma vidējā caurmēra tekošais pieaugums, mm;

$$Z_D = 2iu, \quad (4)$$

kur i – vidējās gadskārtas platums, mm;

u – mizas biezuma koeficients, kas izsaka attiecību starp krūšaugstuma caurmēru ar mizu un bez mizas (1. tabula);

$\psi, \alpha, \beta, \varphi$ – no koku sugas atkarīgi koeficienti (1. tabula).

$$Z_H = \frac{2iH(aD + b)}{cD + 100}, \quad (5)$$

Augstuma pieauguma un mizas biezuma koeficienti
Coefficients of height increment and bark thickness

Koeficients / Coefficient	Koku suga / Tree species		Koeficients / Coefficient	Koku suga / Tree species	
	P / Pine	E / Spruce		P / Pine	E / Spruce
a	$-6.42 \cdot 10^{-2}$	-0.0256	a_3	-340.743	-430.82
b	6.356	1.693	b_3	41.698	26.968
c	27.105	5.794	c_3	-1.0509	5.5933
a_1	$-9.462 \cdot 10^{-2}$	-0.10341	ψ	$1.6541 \cdot 10^{-4}$	$2.3106 \cdot 10^{-4}$
b_1	$1.305 \cdot 10^{-2}$	-0.01785	α	0.56582	0.78193
c_1	$1.312 \cdot 10^{-3}$	0.007786	β	0.25924	0.34175
a_2	38.4359	43.7988	φ	1.59689	1.18811
b_2	-4.7971	-2.5706	u	1.103	1.046
c_2	0.13727	-0.60422	γ	2.1061	2.9419

kur a, b, c – augstuma pieauguma koeficienti (1. tabula).

Krājas ikgadējā atmiruma $Z_{(-)}$ aprēķināšana jeb veikta līdzīgi kā Z_M gadījumā:

$$Z_{(-)} = G \cdot Z'_{(-)}, \quad (6)$$

kur ikgadējais reducētais atmirums

$$Z'_{(-)} = (k_1 B + k_2) A^3 + (k_3 B + k_4) A^2 + (k_5 B + k_6) A + k_7 B + k_8, \quad (7)$$

kur A – vecums gados, g;

B – bonitāte (I^a bonitātei $B = 0$, I bonitātei $B = 1, \dots$, V^a bonitātei $B = 6$);

k_i – izlīdzināšanas koeficienti (skat. 2. tabulu).

Formulas (7) koeficientu vērtības noteiktas, izmantojot Latvijas Meža institūtā „Silava” ievāktos empīriskos datus [18].

Krājas dabiskais tekošais pieaugums Z_{dab} ir

$$Z_{dab} = Z_M - Z_{(-)}. \quad (8)$$

Ikgadējo mežizstrādes krāju M_C aprēķina pēc Valsts meža dienesta uzskaites datiem [3].

Krājas reālo tekošo pieaugumu izsaka formula:

$$Z_{real} = Z_{dab} - M_C \quad (9)$$

$$Z_{real} = Z_M - Z_{(-)} - M_C. \quad (10)$$

Audžu kopu potenciālā pieauguma un atmiruma aprēķināšana (formulas (1) un (6)) ir saistīta ar attiecīgās kopas šķērslaukumu G . Diemžēl meža statistika [4] šīs un arī kopas vidējā augstuma

H vērtības tieši neuzrāda. Tāpēc šajā darbā tās izskaitļotas netieši, izmantojot uzskaites tabulās doto informāciju. Kā zināms,

$$G = \frac{M}{HF}, \quad (11)$$

kur G – kopas audžu vidējais šķērslaukums, $m^2 \cdot ha^{-1}$;

M – kopas audžu vidējā krāja, $m^3 \cdot ha^{-1}$;

HF – kopas audžu vidējais veidaugstums, m.

$$HF = \gamma H^\alpha D^{\beta \lg H + \varphi - 2}, \quad (12)$$

2. tabula / Table 2

Formulas (7) koeficienti
Coefficients of the formula (7)

Koeficients / Coefficient	Koku suga / Tree species		Koeficients / Coefficient	Koku suga / Tree species	
	P / Pine	E / Spruce		P / Pine	E / Spruce
k_1	$-2.74 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-8}$	k_5	$-1.137 \cdot 10^{-4}$	$3.82 \cdot 10^{-4}$
k_2	$-1.17 \cdot 10^{-8}$	$-1.2 \cdot 10^{-7}$	k_6	$-7.178 \cdot 10^{-4}$	$-5.378 \cdot 10^{-3}$
k_3	$1.0278 \cdot 10^{-6}$	$-3.22 \cdot 10^{-6}$	k_7	$-1.076 \cdot 10^{-3}$	$-2.21 \cdot 10^{-2}$
k_4	$4.42 \cdot 10^{-6}$	$4.308 \cdot 10^{-5}$	k_8	$9.367 \cdot 10^{-2}$	0.2679
m_1	-1.3853	-1.356	m_3	2.5056	2.4772
m_2	13.758	13.862	m_4	-19.08	-19.628

3. tabula / Table 3

Latvijas priežu mežu vispārējie parametri
General parameters of pine forests in Latvia

Bonitāte / Site index	S , ha	A , g / yr	M , m ³	G , m ²	H , m	D , cm
I ^a	31 413.7	59.2	9 664 671	835 946	25.4	25.3
I	243 138.4	70.2	69 289 364	6 415 730	23.6	25.7
II	377 071.0	79.0	97 959 423	9 920 466	21.4	25.2
III	231 079.8	80.7	47 962 801	5 635 344	18.0	21.7
IV	108 959.6	80.0	17 344 294	2 401 770	14.7	18.1
V	43 582.5	79.4	5 149 948	841 167	11.9	15.0
V ^a	11 106.1	76.0	724 810	144 464	9.0	10.9
Kopā/Total	1 046 351.1	76.8	248 095 311	26 194 887	19.9	23.2

Apzīmējumi: S – platība, A – vidējais vecums, M – krāja, G – šķērslaukums, H – vidējais augstums, D – vidējais caurmērs.

Notations: S – area, A – average age, M – growing stock, G – basal area, H – average height, D – average diameter.

$$H = (m_1 B + m_2) h D + m_3 B + m_4, \quad (13)$$

kur izlīdzināšanas koeficienti γ (1. tabula) un m_i (2. tabula).

Formulas (13) darbības intervālu nosaka audžu kopas vecums: $25 \leq A \leq 160$ gadi.

Rezultāti un diskusija

Katrai koku sugai audžu kopu parametri 2005. gada 1. janvārī aprēķināti pa bonitātēm, kurus apvienojot, iegūtas atbilstošās valsts līmeņa

vērtības (priedei – skat. 3. un 4. tabulu, eglei – 5. un 6. tabulu).

Arī skujkoku mežu kopējais dendrometriskais raksturojums aprēķināts uz 2005. gada 1. janvārī (skat. 7. tabulu). Jāatzīmē, ka, sākot ar trešo tabulu, šo mežu parametri uzrādīti ar tādu noapaļojumu, kas izmantots meža statistikas diskā [4] vai arī vērtībās uz vienu hektāru tā, lai varētu kalpot dažādos pārrēķinos. Skujkoku mežu kopējā platība ir 1 561 673.3 ha, kas no Latvijas mežu kopējās platības 2 943 572.5 ha aizņem 53.0%. Skujkoku mežu kopējā krāja (336.916 mlj. m³) ir 58.8%. Tas vedina domāt, ka, salīdzinot

4. tabula / Table 4

Latvijas priežu mežu dinamiskie parametri
Dynamic parameters of pine forests in Latvia

Bonitāte / Site index	Z_M , m^3	$Z_{(-)}$, m^3	Z_{dab} , m^3	Z_M , $m^3 \cdot ha^{-1}$	$Z_{(-)}$, $m^3 \cdot ha^{-1}$	Z_{dab} , $m^3 \cdot ha^{-1}$
I ^a	382 369	53 701	328 668	12.172	1.709	10.463
I	2 164 430	359 757	1 804 673	8.902	1.480	7.422
II	2 543 198	484 029	2 059 169	6.745	1.284	5.461
III	1 191 401	244 492	946 909	5.156	1.058	4.098
IV	419 898	92 602	327 296	3.854	0.850	3.004
V	115 998	28 353	87 645	2.662	0.651	2.011
V ^a	15 351	4278	11 073	1.382	0.385	0.997
Kopā / Total	6 832 645	1 267 212	5 565 433	6.530	1.211	5.319

Apzīmējumi: Z_M – krājas tekošais potenciālais pieaugums, $Z_{(-)}$ – atmirums, Z_{dab} – krājas tekošais dabiskais pieaugums.

Notations: Z_M – potential current increment in volume, $Z_{(-)}$ – death rate, Z_{dab} – natural current increment in volume.

5. tabula / Table 5

Latvijas egļu mežu vispārējie parametri
General parameters of spruce forests in Latvia

Bonitāte / Site index	S , ha	A , g / yr	M , m^3	G , m^2	H , m	D , cm
I ^a	37 625.1	41.6	8 562 380	782 797	20.6	18.2
I	219 319.8	50.2	43 219 922	4 313 454	19.2	18.3
II	181 194.7	47.8	29 359 041	3 419 973	16.1	15.8
III	53 590.3	42.4	6 274 406	892 858	12.5	12.4
IV	21 700.7	30.0	1 309 380	270 945	7.1	7.4
V	1750.0	26.7	87 333	20 540	5.9	6.4
V ^a	141.6	44.2	7835	2039	4.9	5.4
Kopā / Total	515 322.2	47.0	88 820 297	9 702 606	16.9	16.3

ar lapu koku mežiem, tie ir produktīvāki (krājīgāki). Par to liecina arī krāja, attiecināta uz vienu platības vienību. Skujkoku mežos tā veido $215.7 m^3 \cdot ha^{-1}$ un visos mežos – vidēji $194.7 m^3 \cdot ha^{-1}$. Diemžēl krājas potenciālā pieauguma, atmiruma un dabīgā pieauguma ikgadējās vērtības zināmas tikai par skujkoku mežiem. Tāpēc pieauguma līmenī līdzīga salīdzināšana nav iespējama. Latvijas skujkoku mežos ik gadu veidojas 11.952 un atmirst 2.058 mlj. m^3 krājas, kas rezultējas 9.894 mlj. m^3 dabīgajā gadskārtējā pieaugumā.

Jāuzsver reālā krājas tekošā pieauguma informatīvā nozīme un tās pārprasta skaidrojuma bīstamība koksnes resursu līdzsvarotā izmantošanā

makroekonomiskā līmenī. Meža speciālistu aprindās plaši pazīstamā tēze, ka ciršanas apjomam ir jābūt mazākam par krājas pieaugumu, neapšaubāmi saskan ar nenoplicinošas mežsaimniecības principiem, bet tikai tad, ja krājas sadalījums pa vecuma intervāliem (dekādēm) ir vienmērīgs un tādējādi garantē vienmērīgu un nepārtrauktu krājas resursu nodrošinājumu ilgtermiņā. Te jāatceras, ka Latvijā neviena mežu veidotāja koku suga ne tuvu neatbilst šai prasībai. Tāpēc tautsaimnieciski aktuāls ir jautājums, cik lielu pieauguma daļu drīkst nocirst, nenonākot pretrunā ar ilgtspējīgas meža apsaimniekošanas prasībām. Lai izslēgtu iespējamās spekulācijas šajā

6. tabula / Table 6

Latvijas egļu mežu dinamiskie parametri
Dynamic parameters of spruce forests in Latvia

Bonitāte / Site index	Z_M , m^3	$Z_{(-)}$, m^3	Z_{dab} , m^3	Z_M , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	$Z_{(-)}$, $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Z_{dab} , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
I ^a	548 306	88 170	462 136	14.573	2.290	12.283
I	2 321 067	351 987	1 969 079	10.583	1.605	8.978
II	1 692 128	259 554	1 432 574	9.339	1.432	7.907
III	419 105	67 320	351 786	7.821	1.256	6.565
IV	131 580	24 139	107 441	6.063	1.112	4.951
V	6522	1293	5229	3.727	0.739	2.988
V ^a	377	82	295	2.664	0.578	2.086
Kopā / Total	5 119 085	790 545	4 328 540	9.934	1.534	8.400

7. tabula / Table 7

Latvijas skujkoku mežu summārie parametri
Summary parameters of coniferous forests in Latvia

Parametrs / Parameter	Koku suga / Tree species		Kopā / Total
	Priede / Pine	Egle / Spruce	
S , ha	1 046 351.1	515 322.2	1 561 673.3
M , m^3	248 095 311	88 820 297	336 915 608
Z_M , m^3	6 832 645	5 119 085	11 951 730
$Z_{(-)}$, m^3	1 267 212	790 545	2 057 757
Z_{dab} , m^3	5 565 433	4 328 540	9 893 973
M_c , m^3	3 303 766	2 330 139	5 633 905
Z_{real} , m^3	2 261 667	1 998 401	4 260 068
M , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	237.1	172.4	215.7
Z_M , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	6.530	9.934	7.653
$Z_{(-)}$, $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	1.211	1.534	1.318
Z_{dab} , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	5.319	8.400	6.335
M_c , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	3.158	4.522	3.607
Z_{real} , $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	2.161	3.878	2.728

jomā, ir jāzina, pirmkārt, par kādu krājas tekošā pieauguma veidu ir runa. Acīmredzot šim nolūkam atbilst dabīgais pieaugums. Latvijas skujkoku mežos tas ir 9.894 mlj. m³, kas ir tikai 82.8% no potenciālā pieauguma. Taču tā noteikšana ir apgrūtināta, jo ir saistīta ar krājas atmiruma aprēķināšanu, bet pēdējais, it sevišķi Latvijas lapu koku mežos, ir relatīvi vāji apzināts uzdevums. Vēl jo vairāk, nereti, apspriežot krājas pieauguma aspektus, dažādie šī pieauguma veidi tiek saprasti kā sinonīmi un to krasi atšķirīgais saturs netiek ņemts vērā. Nenoliedzami, ka šāda neskaidrtība izsauc ievērojamu izcirstās krājas un tās pieauguma attiecības (ciršanas intensitātes koeficienta) variēšanas iespēju. Otrkārt, koku ciršana nenotiek visos, bet tikai saimnieciski izmantojamajos komerciālajos mežos. Tie Latvijā aizņem 1 208 483 ha jeb 82.1% no kopējās mežu platības [3]. Tāpēc arī minētās attiecības saucējā ir jāliek tikai šo mežu krājas pieaugums, kas ir mazāks nekā visu mežu kopējais. Ja šī prasība netiek ņemta vērā, tiek iegūts samazināts ciršanas intensitātes raksturojums, kas var maldinoši motivēt lēmumu par ciršanas apjomu palielināšanu. Šajā darbā iegūtie rezultāti (3.–7. tabula) attiecas uz visiem skujkoku mežiem.

Latvijas skujkoku mežu krājas reālais ikgadējais pieaugums ir 4.260 mlj. m³. Pieņemot, ka sintēzes un destrukcijas procesi mežos neatkarīgi no to piederības komerciālajai vai nekomerciālajai kategorijai notiek līdzīgi, var aprēķināt, ka ciršanai atvēlēto skujkoku mežu $Z_{\text{real}} = 3.0$ mlj. m³, kas uzskatāms par krājas resursu līdzsvarotas izmantošanas rezervi. Vai tā ir pietiekami liela nemitīgi pieaugošas ekoloģiskās nestabilitātes apstākļos? Mūsu gadījumā šī rezerve tikai 1.2 reizes pārsniedz 2004. gada skujkoku krājas izmantošanas apjomu. Turklāt ir zināms, ka atsevišķu vējgāžu postījumu apjomi ir bijuši ievērojami lielāki. Šo datu analīze sadalījumā pa koku sugām nav mazāk satraucoša.

Literatūra

- Brāzma, N., Brigmane, A., Krastiņš, A., Rāts, J. (1970) *Augstākā matemātika*. Zvaigzne, Rīga, 546 lpp.
- Bušs, K. (1981) *Meža ekoloģija*. Zinātne, Rīga, 68 lpp.
- Forest Sector in Latvia 2005*. (2005) Rīga, 32 pp.
- Growth Ring*. (2005) State Forest Service, Riga, 28 pp.
- Iesalnieks, J. (2002) *Meža ekonomikas pamati*. Rīga, 92 lpp.
- Kimmins, J. P. (1997) *Forest Ecology*, 2nd ed., 596 pp.
- Korf, V. (1953) *Dendrometrie*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 328 s.
- Kuliešis, A., Kasperavičius, A. (1998) Optimization of parameters of sampling units in Lithuanian national forest inventory. *Baltic Forestry*, Vol. 4, No. 2: 40-49.
- Liepa, I. (1996) *Pieauguma mācība*. LLU, Jelgava, 123 lpp.
- Mežsaimniecības tabulas*. (1964) Sastādījuši R. Sacenieks un J. Matuzānis. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 208 lpp.
- Michael, S. Philip (1994) *Measuring Trees and Forests*, second edition. CAB International, Department of Forestry, University of Aberdeen, 310 pp.
- Sarma, P. (1948) *Meža taksācija*. Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 589 lpp.
- Söderberg, U. (1997) Country report for Sweden. Study on European forestry information and communication system. In: *Reports on forestry inventory and survey systems*, Vol. 2. European Commission, pp. 955-1017.
- Антанайтис, В. В., Загребев, В. В. (1981) *Прирост леса*. Лесная промышленность, Москва, 200 с.
- Анучин, Н. П. (1982) *Лесная таксация: Учебник для вузов*. 5-е изд., доп. Лесная промышленность, Москва, 552 с.
- Куллерво Куусела. (1991) *Динамика бореальных хвойных лесов*. REPOLA, Хельсинки, 210 с.
- Лиєпа, И. Я. (1980) *Динамика древесных запасов. Прогнозирование и экология*. Зинатне, Рига, 170 с.
- Нормативы для таксации леса Латвийской ССР*. (1988) Ответственный редактор Я. К. Матузанис. Рига, 176 с.

Meža resursu monitoringa datu izmantošana priedes un egles audžu ražības reģionālo atšķirību analizē Latvijā

The Use of Forest Resource Inventory Data in the Analysis of Regional Productivity Differences in Pine and Spruce Stands in Latvia

Zane Lībiete

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”
Latvian State Forestry Research Institute „Silava”
e-mail: zane@silava.lv

Abstract. In Latvia, there is a lack of extensive research concerning productivity and stem quality regional differences of the main tree species, mainly due to the complex and costly collecting of the necessary data set. Forest resource inventory project launched in 2004 provides statistically credible information about the present situation in all forests of Latvia. In this study, Forest resource inventory data of 2004 and 2005 were used. A total of 539 pine stands and 244 spruce stands were selected for the analysis according to previously defined criteria. The total standing volume of the overstorey ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) and the current annual volume increment of the dominant species (mean periodical over last 10 years, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$) were used as productivity indices. Analysis was carried out in three regions of Latvia: western, southern and eastern. One-way ANOVA (single factor analysis of variance) was applied to analyze the regional differences of stand productivity; zero hypothesis was defined: the productivity indices do not differ significantly between the regions. The standing volume of young pine stands differs significantly in eastern and western regions. A significant current annual volume increment differences were detected in pine stands of all ages but not between the same regions in all age groups. Significant current annual volume increment difference was found in middle-age spruce stands between southern and western regions. The results suggest that regional productivity differences of the forest stands can only partly be explained by the occurrence of different site types. It is planned to proceed with this research concretizing selection criteria of the stands and extending the analysis.

Key words: pine stands, spruce stands, stand productivity, regional differences.

Ievads

Priede un egle ir ne vien izplatītākās, bet arī saimnieciski nozīmīgākās skuju koku sugas Latvijā. Skuju koku apaļkoksnes un zāgmateriālu eksports kopā 2005. gadā sastādīja 39% no meža nozares kopējā eksporta (Meža un kokapstrādes ..., 2006). Latvijā līdz šim nav veikti plaši pētījumi par tautsaimnieciski nozīmīgāko koku sugu ražības un stumbra kvalitātes reģionālajām atšķirībām. Galvenais iemesls ir šādam mērķim nepieciešamās apjomīgās datu paraugkopas ievākšanas sarežģītība un augstās izmaksas. Orientējoša informācija gūstama no Meža valsts reģistra, kurā tiek uzturēta meža īpašnieku un tiesisko valdītāju, kā arī Valsts meža dienesta iesniegtā informācija (Meža valsts ..., 2003). Lai arī Meža likums nosaka, ka meža īpašnieka vai tiesiskā valdītāja pienākums ir reizi 10 gados savā īpašumā vai valdījumā esošajos mežos veikt meža inventarizāciju (bez meža inventarizācijas nav iespējama apliecinājuma saņemšana koku ciršanai un citām likumā noteiktajām darbībām), nekādas

sankcijas par šīs likuma normas neievērošanu nav paredzētas. Arī meža apsaimniekošanas plāns mūsu valstī nav obligāts, bet tikai viens no priekšnoteikumiem valsts un Eiropas Savienības finansējuma vai līdzfinansējuma saņemšanai mežsaimniecības attīstībai (Meža likums, 2000). Tādēļ ir ļoti iespējams, ka daļā to privāto mežu, kuros pēdējās gadu desmitgadēs nav veikta saimnieciskā darbība, nav veikta arī meža inventarizācija. 2004. gadā uzsāktais Latvijas meža resursu monitorings dod iespēju iegūt statistiski ticamu un aktuālu informāciju par pašreizējo situāciju visos Latvijas mežos.

Kokaudžu kvalitāti un ražību iespējams raksturot ar ārēji nosakāmām vai izmērāmām fenotipiskām pazīmēm. Pazīmes fenotipiskā izpausme galvenokārt ir atkarīga no populācijas iedzimtajām īpašībām (genotipa) un apkārtējās vides ietekmes, taču to ietekmē vēl kāds komponents – genotipa un apkārtējās vides mijiedarbība (Бауманис и др., 1975; Кривма, 1975; Роне, 1975). Lietuviešu zinātnieki noskaidrojuši, ka genotipa un vides mijiedarbības

ietekme uz egļu augšanas gaitu provenienču līmenī ir neliela, taču būtiska (Pliura, Gabrilavicius, 1993). Neliela, bet būtiska šā faktora ietekme uz augšanu raksturojošām pazīmēm konstatēta arī Lietuvas priežu populācijās (Pliura, Gabrilavicius, 1994).

Literatūrā atrodams neliels publikāciju skaits, kas attiecas uz koku populāciju ražības reģionālo atšķirību analīzi *in situ*. Pārsvārā tiek veikti provenienču izmēģinājumi, ierīkojot meža kultūras ar dažādas izcelsmes stādmateriālu un analizējot augšanas gaitas atšķirības. Provenience tiek definēta gan kā sēkļa izcelsmes ģeogrāfiskais reģions, no kura ņemtas sēklas koku audzēšanai citā vietā, gan arī kā populācijas ģeogrāfiskās izcelsmes vieta (Glossary of forest ..., 2002). Tātad no provenienču izmēģinājumu rezultātiem iespējams izdarīt secinājumus arī par konkrētās populācijas reģionālo atšķirību vispārējām likumsakarībām.

Principā tiek uzskatīts, ka Latvijas apstākļos vietējo provenienču koki aug vislabāk un uzrāda vislabākās piemērošanās spējas (Бауманис и др., 1990). Taču eksperimenti un novērojumi apliecina, ka arī Latvijas mērogā pastāv augšanas tempa un kvalitātes atšķirības starp proveniencēm. Analizējot ciršanas vecuma priežu audzes trijos nosauktos Latvijas reģionos, P. Zālītis un E. Špalte (2000) konstatējuši, ka ražīgākās priežu audzes sastopamas Austrumlatvijā, bet mazāk ražīgās – Rietumlatvijā. Jau iepriekš noskaidrots, ka rietumu izcelsmes priedēm raksturīgs lēns augšanas ātrums (Baumanis u.c., 1986). Visātrāk augošās un adaptētās spējīgākās egles atrodamas Latvijas dienvidaustrumos – tā liecina 1972./74. gadā ierīkoto egļu provenienču izmēģinājumu rezultāti (Gailis, 1993). Savukārt E. Špalte un P. Zālītis (2003), veicot pētījumu par Latvijas egļu audžu ražību un kvalitāti ciršanas vecumā atsevišķi Rietumlatvijā un Austrumlatvijā, secinājuši, ka starp abām paraugkopām nepastāv būtiskas krājas un kvalitātes atšķirības, tāpēc visas pētītās audzes piederīgas vienai ģenerālkopai.

Iepriekšējo pētījumu gaitā atbilstoši Meža valsts reģistra datiem veiktā mežaudžu struktūras analīze liek domāt, ka mežaudžu ražības atšķirības nevar izskaidrot tikai ar augšanas apstākļiem un bonitāti. Šā pētījuma pamatā ir hipotētisks pieņēmums, ka mežaudžu ražību ietekmē arī reģionālā lokalizācija, kas šajā gadījumā raksturo atsevišķu populāciju fenotipiskās savdabības. Šā pētījuma mērķis bija iegūt objektīvu informāciju un padziļinātu izpratni par priedes un egles audžu ražības reģionālajām atšķirībām Latvijas mērogā.

Materiāls un metodika

Pētījumā izmantoti Latvijas meža resursu monitoringa dati par 2004. un 2005. gadu (divu pirmo gadu dati). Meža resursu monitorings tiek veikts 5 gadu ciklā, pārklājot visu Latvijas teritoriju ar regulāru slēpto parauglaukumu tīklu. Parauglaukumu centru dabā atrod ar globālās pozicionēšanas sistēmas (GPS) palīdzību atbilstoši iepriekš aprēķinātām koordinātām. Parauglaukumu uzmērīšanu un visu audzes raksturlielumu aprēķinu veic saskaņā ar LR Zemkopības ministrijas apstiprinātu metodiku¹.

Latvijas meža resursu monitoringa pašreizējā fāzē ir pieejami dati par 2544 parauglaukumiem, kas attiecas uz 2004. gadu, un 3249 parauglaukumiem, kas uzmērīti 2005. gadā, kopā par 5793 parauglaukumiem. Atbilstoši pētījuma mērķim no kopējās datu bāzes veikta parauglaukumu atlase pēc turpmāk aprakstītajiem kritērijiem.

- 1. Parauglaukuma veids.** Tika atlasīti pastāvīgie parauglaukumi, kas ir fiksēti dabā un reizi 5 gados tiks pārmērīti.
- 2. Zemju kategorija.** Tika atlasīti parauglaukumi, kas atrodas mežā.
- 3. Parauglaukuma platība.** Tika atlasīti parauglaukumi, kuru vismaz 4/5 (400 m²) atrodas mežā, lai aprēķinos iekļautu arī tos parauglaukumus, kuros atrodas meža infrastruktūras objekti (stīgas, grāvji).
- 4. Valdošās sugas īpatsvars audzē.** Tika atlasīti skuju koku parauglaukumi, kuros valdošās sugas (priedes vai egles) īpatsvars ir vismaz 60% no kopējās I stāva krājas.
- 5. Koku skaits.** Tika atlasīti parauglaukumi, kuros koku skaits ir vismaz 100 gab. ha⁻¹.
- 6. Audzes vecums.** Tika atlasītas 10-120 gadu vecas mežaudzes.

Parauglaukumu atlases rezultātā iegūtas 2 datu bāzes (valdošā suga „priede” – 539 parauglaukumi; valdošā suga „egle” – 244 parauglaukumi).

Pētījuma vajadzībām izmantots Latvijas teritorijas sadalījums trijos hipotētiskos reģionos: rietumu, dienvidu un austrumu. Šis dalījums daļēji balstīts uz P. Zālīša un E. Špaltes priežu audžu ražības un kvalitātes pētījumā (2000) izmantoto valsts teritorijas sadalījumu pa līnijām „Rīga–Bauska” un „Liepāja–Rēzekne”. Mazākā dalījuma vienība, ar ko patlaban iespējams strādāt meža resursu monitoringa datu bāzes ietvaros, ir administratīvais rajons. Rietumlatvijas reģiona ietvaros analizēti dati par šādiem rajoniem: Ventspils, Liepājas, Talsu, Kuldīgas, Tukuma, Saldus un Dobeles. Dienvidlatvijas reģiona ietvaros analizēti dati par šādiem rajoniem: Jelgavas, Bauskas,

¹ Meža statistiskās inventarizācijas veikšanas un mežaudzes sekundāro parametru aprēķināšanas metodika. 2004. gads (nepublicēts).

Aizkraukles, Jēkabpils, Preiļu, Daugavpils, Rēzeknes, Ludzas un Krāslavas. Austrumlatvijas reģiona ietvaros analizēti dati par šādiem rajoniem: Rīgas, Ogres, Limbažu, Valmieras, Valkas, Alūksnes, Cēsu, Gulbenes, Madonas un Balvu.

Mežaudžu ražības analīze veikta četrās vecuma grupās: jaunaudzēs (priedei un eglei līdz 40 g.v.), vidēja vecuma audzēs (priedei – 41–80 g.v., eglei – 41–60 g.v.), briedaudzēs (priedei – 81–100 g.v., eglei – 61–80 g.v.) un pieaugušās audzēs (priedei – 101–120 g.v., eglei – 81–120 g.v.).

Audzēs ražības raksturošanai izmantota kopējā audzes I stāva krāja ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) un valdošās sugas pirmā stāva koku krājas tekošais vidēji periodiskais pieaugums ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā, iepriekšējo 10 gadu periodā). Tie uzskatāmi par nozīmīgākajiem mežaudzes ražības un ražības dinamikas rādītājiem (Антанайтис, Зарпеев, 1969). Tekošais pieaugums vislabāk raksturo meža stāvokli un ražību izvēlētajā laika posmā (Matuzānis, Tauriņš, 1971). Audzes pieaugumu ietekmē virkne faktoru, no kuriem nozīmīgākie ir vecums, audzes izcelšanās, augšanas apstākļi, audzes biežība un sanitārais stāvoklis.

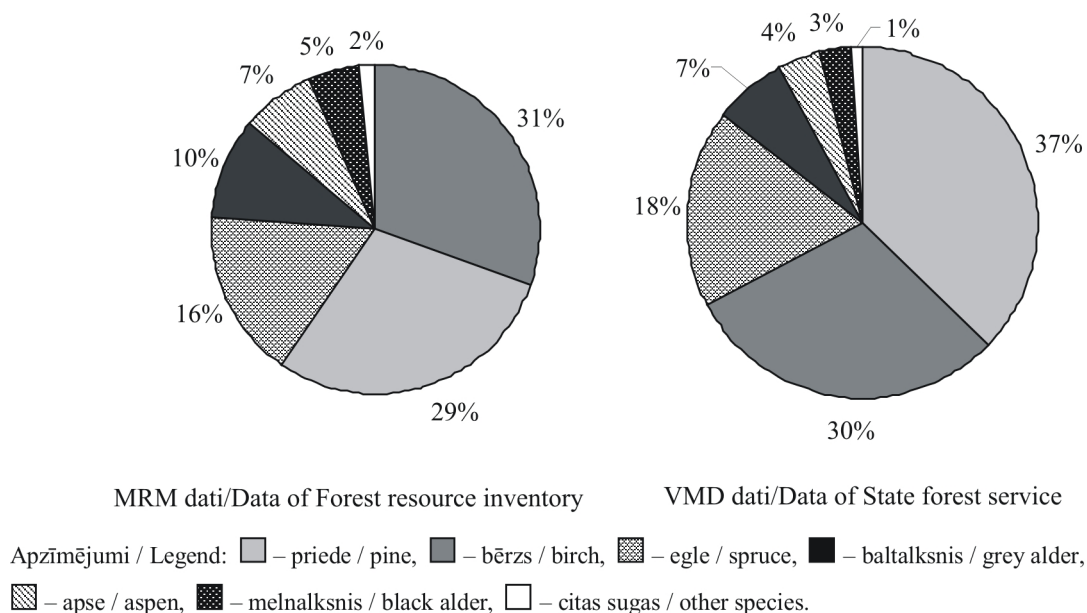
Veicot sadalījuma tipa pārbaudi ar Kolmogorova-Smirnova testu, noskaidrots, ka audžu ražības rādītāji visos gadījumos (paraugkopā kopumā, pa vecumgrupām un pa reģioniem) atbilst normālajam sadalījumam. Tālākai datu analīzei ar mērķi noskaidrot audžu ražības reģionālās atšķirības un to būtiskumu izmantota vienfaktora dispersijas analīze (ANOVA),

formulējot šādu nulles hipotēzi H_0 : ražības rādītājs (attiecināmi krājas tekošais pieaugums vai krāja) pa reģioniem būtiski neatšķiras.

Rezultāti un diskusija

Mežaudžu raksturojums

Atbilstoši patlaban pieejamajiem Latvijas meža resursu monitoringa datiem, mežaudzes, kurās valdošā suga ir priede vai egle, kopā aizņem 1.43 miljonus ha jeb 45% no Latvijas mežu kopplatības (1. att.). Latvijas Republikas Valsts meža dienesta uzrādītā priedes un egles audžu kopplatība ir par 124.6 tūkst. ha lielāka un kopā veido 55% no Latvijas mežu kopplatības (Latvijas valdošo koku ..., 2006). Salīdzinot sugu sastāvu, redzams, ka abos gadījumos ir līdzīgs bērza un egles audžu īpatsvars, taču Valsts meža dienesta dati rāda ievērojami lielāku priedes īpatsvaru un mazāku alkšņu, apses un citu sugu kokaudzju īpatsvaru. Uzskatām, ka meža resursu monitoringa dati labāk raksturo stāvokli Latvijas mežos. Parauglaukumu ierīkošana un uzmērīšana notiek pēc daudzās citās Eiropas valstīs aprobētām metodēm, un daudzviet šāda veida monitorings ir vienīgais informācijas avots par meža resursiem. Turklāt mīksto lapu koku īpatsvara palielināšanās ir ticama, ņemot vērā gan lielās 20. gadsimta beigās aizaugušo (pārsvarā ar baltalksni, apsi un bērzu) lauksaimniecības zemju platības, no kurām daudzas pašlaik jau tiek klasificētas kā mežs, gan Valsts meža dienesta rīcībā esošos bieži vien nekorektos taksācijas datus par privāto īpašnieku mežiem, gan arī jau



1. att. Latvijas mežaudžu platības procentuālais sadalījums pēc valdošās sugas (Pārskats par ..., 2006; Mežaudžu vecumstruktūra, 2006).

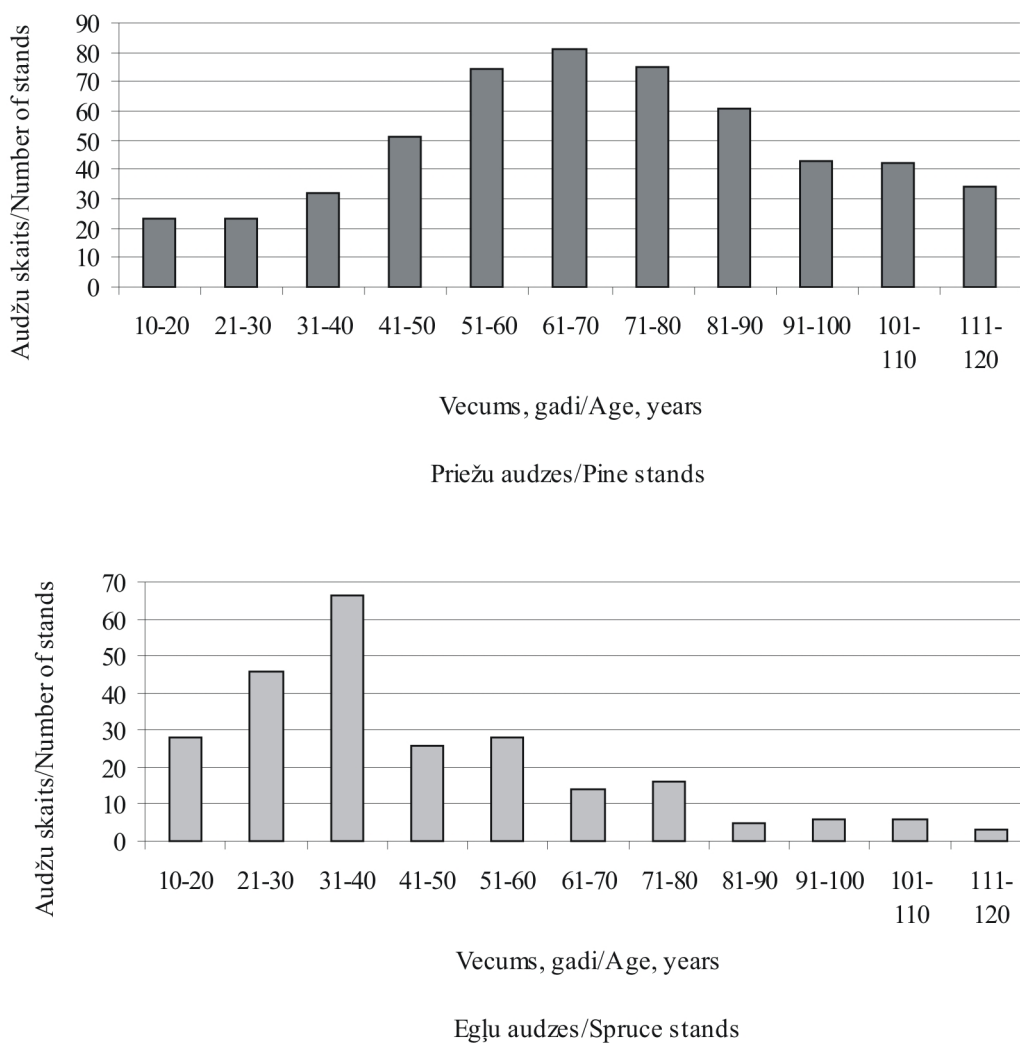
Fig. 1. The percentual distribution of the forest stands' area by the dominant tree species (Data of the Forest resource inventory and of the State forest service).

iepriekš minēto faktu, ka par daudziem privātajiem mežiem nav pieejama vispār nekāda informācija. Protams, precīzi dati par situāciju Latvijas mežos būs pieejami tad, kad būs noslēgusies Latvijas meža resursu monitoringa pirmā kārtā, tātad 2009. gada pavasarī.

Lielākā daļa no sākotnēji atlasītajām mežaudzēm (345 parauglaukumi) atrodas austrumu reģionā, dienvidu reģionā analizēti 173 parauglaukumi, bet rietumu reģionā – 265 parauglaukumi. Šāds sadalījums saistīts ar mežainuma atšķirībām Latvijā – sešos no desmit analizētajiem administratīvajiem rajoniem austrumu reģionā mežainums pārsniedz 50% (Rīgas, Limbažu, Cēsu, Valkas, Gulbenes un Alūksnes rajonā), savukārt divos rajonos dienvidu reģionā (Jelgavas un Preiļu rajonā) mežainums ir mazāks par 30%, un tikai vienā rajonā (Aizkraukles) tas pārsniedz 50%. Arī vienā no rietumu reģionā analizētajiem administratīvajiem rajoniem (Dobeles)

mežainums ir mazāks par 30% (Latvijas mežainums ..., 2006). Visos reģionos pārliecinoši dominē priežu audzes.

Pētījuma vajadzībām atlasīto priežu un egļu audžu vecumstruktūra samērā precīzi ataino vispārējo situāciju Latvijas mežos. Sevišķi uzkrītošs ir egļu jaunaudžu lielais skaits un neliels priežu audžu skaits šajā pašā vecuma grupā (2. att.). Ļoti līdzīga aina vērojama arī, aplūkojot patlaban pieejamo informāciju par valsti kopumā (Mežaudžu vecumstruktūra, 2006). Līdzsvara trūkums priežu un egļu vecumstruktūrā skaidrojams ar straujo egļu stādījumu palielināšanos uz priežu stādījumu rēķina pēc 1960. gada. Tam bija gan nosacīti objektīvi iemesli (pārmērīgais aļņu skaits, kā rezultātā stipri tika bojātas priežu jaunaudzes), gan arī ilgtermiņā nepamatoti apsvērumi, piemēram, mazāki kopšanas izdevumi egļu jaunaudzēs, salīdzinot ar priežu jaunaudzēm (Saliņš, 2002).



2. att. Analizēto priežu un egļu audžu vecumstruktūra.
Fig. 2. Age structure of the analysed pine and spruce stands.

Ražības rādītāju raksturojums

Apkopojot analizēto mežaudžu ražības rādītāju aprakstošo statistiku pa reģioniem, noskaidrots, ka priežu audžu vidējā krāja ir ievērojami lielāka nekā egļu audžu vidējā krāja – $245.2 \pm 5.50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $162.6 \pm 7.61 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Patlaban pieejamajā meža statistikā tiek uzrādītas samērā līdzīgas vērtības: $239.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ priežu audzēs un $174.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ egļu audzēs (Meža statistika, 2004). Tekošā krājas pieauguma vidējās vērtības šajā pētījumā analizētajās abu sugu mežaudzēs sakrīt: $6.8 \pm 0.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā priežu audzēs un $6.8 \pm 0.30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā egļu audzēs (1. tabula).

Salīdzinot izklīdes rādītājus pa audžu grupām, redzams, ka lielāka pirmā stāva krājas standartnovirze konstatēta priežu audzēs, bet lielāka krājas tekošā pieauguma standartnovirze – egļu audzēs. Egļu audzēs konstatēta maksimālā krājas vērtība par $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pārsniedz priežu audzēs konstatēto maksimālo

krājas vērtību, arī maksimālā krājas tekošā pieauguma vērtība egļu audzēs ir par $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā lielāka nekā priežu audzēs.

Lai gan vidējās vērtības ir noderīgas dažādu avotu datu salīdzināšanai un vispārējam priekšstatam, ražības likumsakarības tās atsedz visai nepilnīgi. Sevišķi uzkrītošas ir ļoti mazās minimālās ražības rādītāju vērtības. Tās varētu būt skaidrojamas ar faktu, ka analizētie parauglaukumi ietver arī mazauglīgos meža tipus, turklāt ne vien par atjaunotām atzītas meža kultūras, bet arī dabiski atjaunojušās mežaudzes. Lai gūtu pilnīgāku priekšstatu, mežaudžu ražības rādītāji tika salīdzināti tajās vecuma grupās, kurās tie ir visinformatīvākie. Lai salīdzinātu I stāva krājas, vienā grupā tika apvienotas birstaudzes un pieaugušas audzes, bet krājas tekošā pieauguma salīdzināšana veikta vidēja vecuma audzēs. Noskaidrojās, ka apvienotajā birstaudžu un pieaugušu audžu grupā visos reģionos lielākas krājas ir priežu audzēs, turklāt

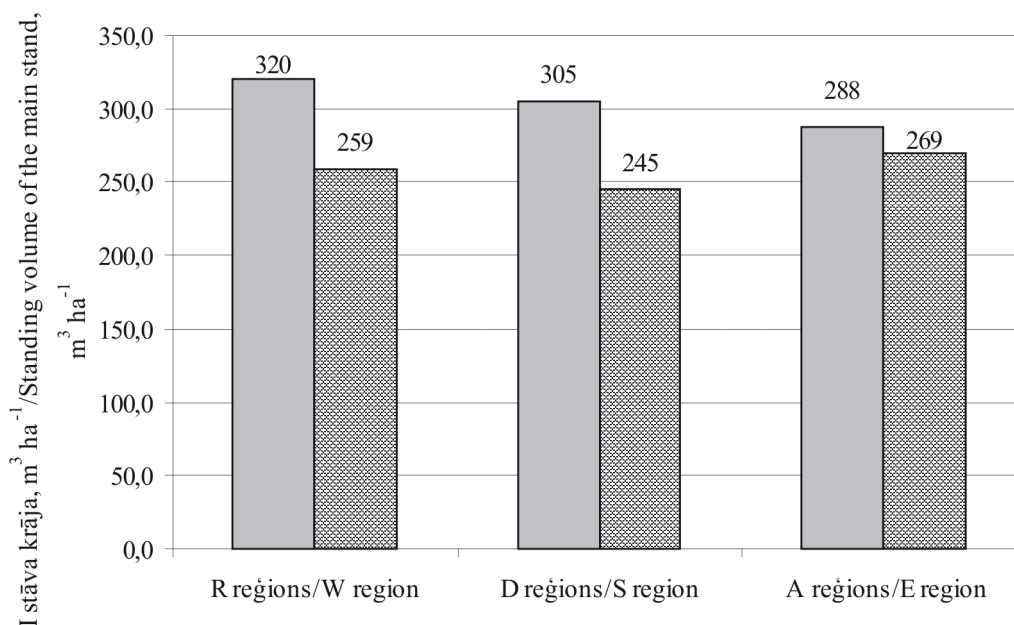
1. tabula / Table 1

Audzū ražības rādītāju raksturojums
Description of the productivity indices of the stands

Koku suga / Tree species	Statistiskais rādītājs / Statistical index	I stāva krāja, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ / Standing volume of the main stand, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Tekošais krājas pieaugums, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā / Current annual volume increment, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$
Priežu audzes / Pine stands	Vidējā vērtība / Mean	245.2	6.8
	Reprezentācijas kļūda / Standard Error	5.50	0.17
	Mediāna / Median	243.42	6.44
	Standartnovirze / Standard Deviation	127.62	4.00
	Minimālā vērtība / Minimum	0.9	0.1
	Maksimālā vērtība / Maximum	643.9	23.3
	Skaitis / Count	539	539
Egļu audzes / Spruce stands	Vidējā vērtība / Mean	162.6	6.8
	Reprezentācijas kļūda / Standard Error	7.61	0.30
	Mediāna / Median	149.26	6.48
	Standartnovirze / Standard Deviation	118.91	4.66
	Minimālā vērtība / Minimum	0.5	0.1
	Maksimālā vērtība / Maximum	720.0	27.2
	Skaitis / Count	244	244

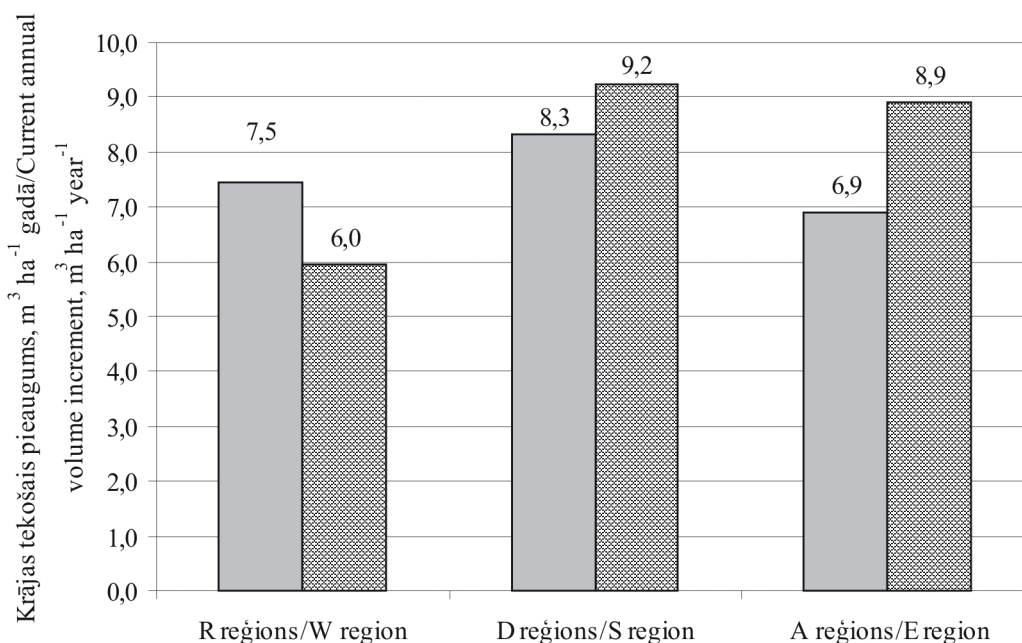
priežu audžu paraugkopā lielākās krājas konstatētas rietumu reģionā, bet egļu audžu paraugkopā lielākās krājas ir austrumu reģionā (3. att.). Salīdzinot vidēja vecuma audzes, noskaidrojās, ka krājas tekošais

pieaugums priežu audzēs pārsniedz krājas tekošo pieaugumu egļu audzēs tikai rietumu reģionā (4. att.). Šajā reģionā vēlākajās vecuma grupās priežu audžu I stāva krāja gluži likumsakarīgi ir lielāka nekā



Apzīmējumi / Legend: – priežu audzes / pine stands, – egļu audzes / spruce stands.

3. att. I stāva krājas salīdzinājums pa reģioniem priežu un egļu briestaudzēs un pieaugušās audzēs.
Fig. 3. Regional comparison of the standing volume in pre-mature and mature pine and spruce stands.



Apzīmējumi / Legend: – priežu audzes / pine stands, – egļu audzes / spruce stands.

4. att. Krājas tekošais pieaugums salīdzinājums pa reģioniem priežu un egļu vidēja vecuma audzēs.
Fig. 4. Regional comparison of the current volume increment in middle-age pine and spruce stands.

egļu audžu I stāva krāja. Taču dienvidu un austrumu reģionos iezīmējas nesaiste starp ražības rādītājiem – šajos reģionos vidēja vecuma egļu audzes ir ražīgākas nekā vidēja vecuma priežu audzes, bet vēlāk egļu audžu I stāva krāja atpaliek no priežu audžu I stāva krājas, jo sevišķi dienvidu reģionā. Jau agrāk pētījumos noskaidrots, ka egļu audzes vecumā līdz 50 gadiem potenciāli ir ļoti ražīgas, bet vēlāk šo audžu augšanas gaitā bieži iezīmējas krass lūzums un krājas uzkrāšanās pat pilnīgi apstājas (Zālītis, Lībiete, 2003; 2005).

Augšanas apstākļu ietekme uz audžu ražības rādītājiem

Sākotnēji ar vienfaktora dispersijas analīzes palīdzību tika pārbaudīts, vai augšanas apstākļiem ir būtiska ietekme uz mežaudzes ražības rādītāju – audzes I stāva krājas ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) un valdošās sugas I stāva koku krājas tekošā pieauguma ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā) atšķirībām. Būtiska augšanas apstākļu ietekme tika konstatēta tikai priežu audzēs, turklāt tikai vidēja vecuma audzēs un briestaudzēs augšanas apstākļi ietekmēja abus ražības rādītājus.

Neatkarīgi no analizēto rādītāju skaitliskajām vērtībām noskaidrojām, ka pieaugušās un pāraugušās priežu audzēs augšanas apstākļi ietekmē tikai audzes I stāva krāju, bet ne tekošo pieaugumu. Priežu vidēja vecuma audzēs un briestaudzēs I stāva krājas un

krājas tekošā pieauguma atšķirības konstatētas starp purvainiem un pārējiem četriem augšanas apstākļu tipiem, bet pieaugušās un pāraugušās priežu audzēs I stāva krājas atšķirības konstatētas starp kūdreņiem un sausieņiem. Egļu audzēs būtiska augšanas apstākļu ietekme uz ražības rādītājiem netika konstatēta nevienā vecuma grupā (2. tabula).

Krājas un krājas tekošā pieauguma reģionālās atšķirības

Salīdzinot mežaudžu vidējās krājas pa reģioniem, konstatējām, ka priežu audzēs visās vecuma grupās, izņemot vidēja vecuma audzes, lielākā vidējā krāja ir rietumu reģionā. Vidēja vecuma priežu audzēs lielākā vidējā krāja ir dienvidu reģionā. Savukārt visu vecumgrupu egļu audzēs, izņemot briestaudzes, lielākās vidējās krājas ir austrumu reģionā. Egļu briestaudzēs lielākās krājas ir rietumu reģionā (5. att.). Šie rezultāti atšķiras no P. Zālīša un E. Špaltes (2000) pētījuma rezultātiem, kurā noskaidrots, ka ciršanas vecuma priežu audzēs valsts mežos Rietumlatvijā ir vismazākā, bet Austrumlatvijā – vislielākā krāja. Mūsu pētījumā analīzē tika iekļauti gan valsts, gan privāto īpašnieku meži, īpašuma struktūru sīkāk neanalizējot, tomēr pieļaujam, ka mežaudžu ražības rādītāji valsts un privātajos mežos varētu būtiski atšķirties. Šā faktora ietekmi paredzēts aplūkot turpmākos pētījumos.

2. tabula / Table 2

Augšanas apstākļu ietekme uz krāju un krājas tekošo pieaugumu The impact of the site type on the standing volume and current annual volume increment of the stand

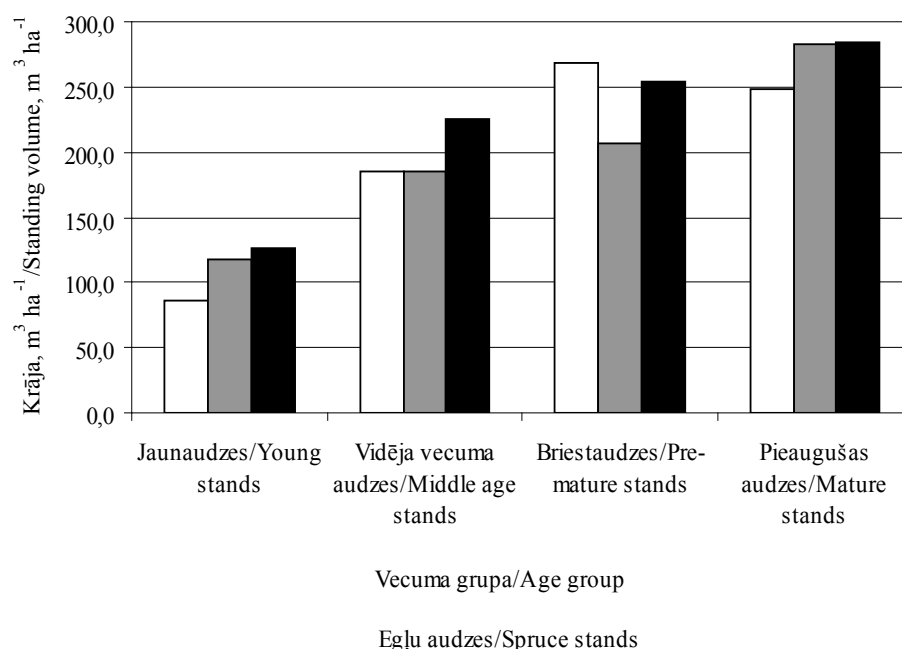
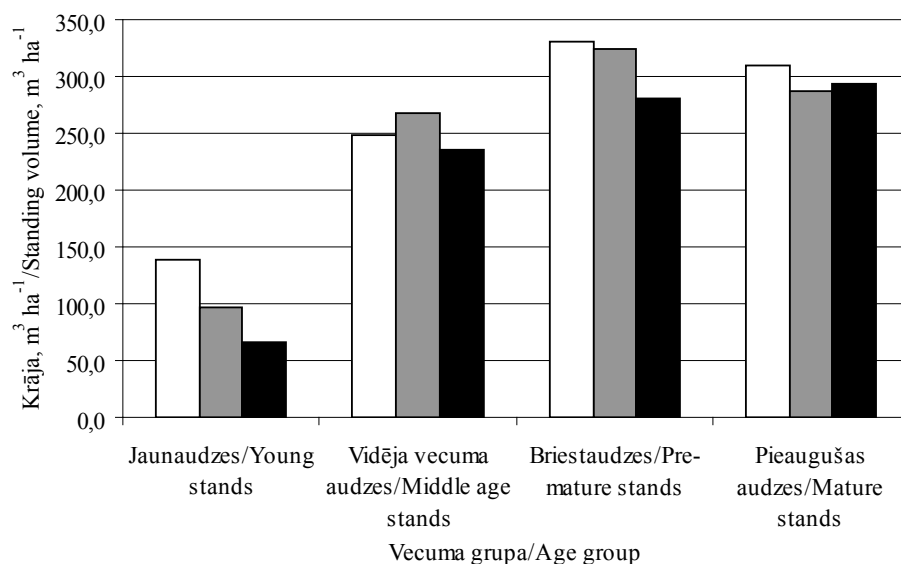
Valdošā suga / Dominant tree species	Augšanas apstākļu ietekme uz krāju ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), vienfaktora dispersijas analīzes p-vērtības / Impact of the site type on the stand volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), p-values of one-way ANOVA			
	Jaunaudzes / Young stands	Vidēja vecuma audzes / Middle-aged stands	Briestaudzes / Pre-mature stands	Pieaugušās audzes / Mature stands
Priede / Pine	0.233	<0.001*	<0.001*	0.027*
Egle / Spruce	0.622	0.258	0.599	0.515
Valdošā suga / Dominant tree species	Augšanas apstākļu ietekme uz krājas tekošo pieaugumu ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā), vienfaktora dispersijas analīzes p-vērtības / Impact of the site type on the current annual volume increment ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$), p-values of one-way ANOVA			
	Jaunaudzes / Young stands	Vidēja vecuma audzes / Middle-aged stands	Briestaudzes / Pre-mature stands	Pieaugušās audzes / Mature stands
Priede / Pine	0.230	<0.001*	0.003*	0.116
Egle / Spruce	0.143	0.349	0.563	0.742

* – augšanas apstākļu ietekme būtiska pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ / the impact of the site type is significant at the confidence level $\alpha=0.05$.

Rezultāti liecina, ka jaunaudzžu vecuma priežu audzēs lielāks krājas tekošais pieaugums ir rietumu reģionā, vidēja vecuma audzēs un briestaudzēs – dienvidu reģionā, bet pieaugušās audzēs – austrumu reģionā. Savukārt egļu jaunaudzēs un briestaudzēs lielākas vidējās krājas sastopamas austrumu reģionā,

bet vidēja vecuma audzēs un pieaugušās audzēs – dienvidu reģionā (6. att.).

Veicot vienfaktora dispersijas analīzi, noskaidrots, ka ne visās audzēs pastāv būtiskas ražības rādītāju atšķirības pa reģioniem (3. tabula, 5. un 6. att.).



Apzīmējumi / Legend: – R reģions / W region, – D reģions / S region, – A reģions / E region.

5. att. Krājas struktūra pa vecuma grupām un reģioniem priežu un egļu audzēs.

Fig. 5. Volume structure according to the stand age and region in pine and spruce stands.

3. tabula / Table 3

Reģionālās lokalizācijas ietekme uz krāju un krājas tekošo pieaugumu
The impact of the regional location on the standing volume and
current annual volume increment of the stand

Valdošā suga / Dominant tree species	Reģionālās lokalizācijas ietekme uz krāju ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), vienfaktora dispersijas analīzes p-vērtības / Impact of the regional localization on the stand volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), p-values of one-way ANOVA			
	Jaunaudzes / Young stands	Vidēja vecuma audzes / Middle-aged stands	Briestaudzes / Pre-mature stands	Pieaugušas audzes / Mature stands
Priede / Pine	0.005*	0.187	0.145	0.793
Egle / Spruce	0.138	0.464	0.422	0.870
Valdošā suga / Dominant tree species	Reģionālās lokalizācijas ietekme uz krājas tekošo pieaugumu ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{gadā}$), vienfaktora dispersijas analīzes p-vērtības / Impact of the regional localization on the current annual volume increment ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$), p-values of one-way ANOVA			
	Jaunaudzes / Young stands	Vidēja vecuma audzes / Middle-aged stands	Briestaudzes / Pre-mature stands	Pieaugušas audzes / Mature stands
Priede / Pine	0.026*	0.048*	0.049*	0.016*
Egle / Spruce	0.078	0.005*	0.585	0.354

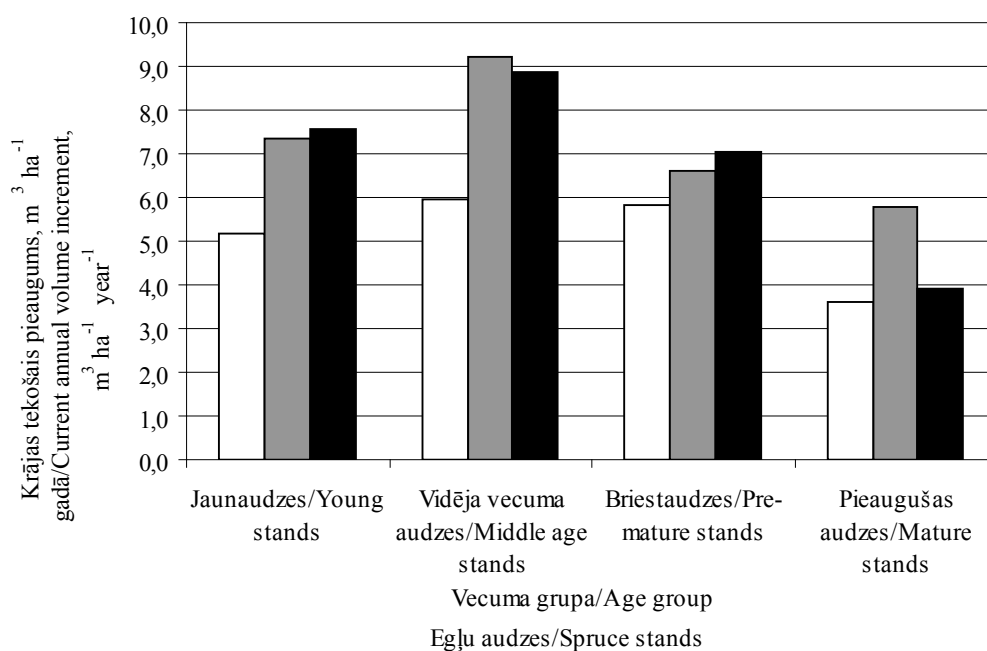
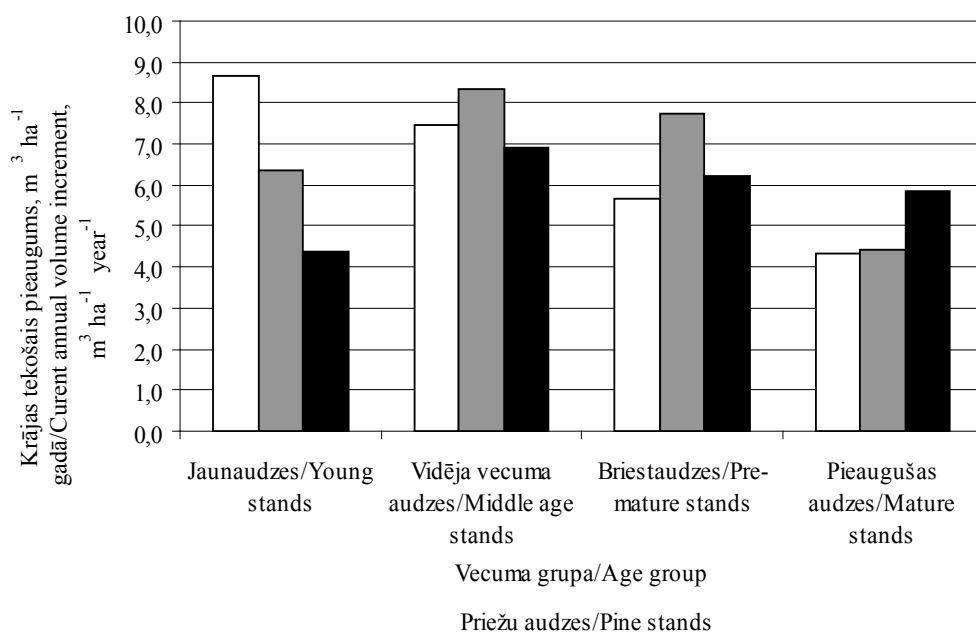
* – reģionālās lokalizācijas ietekme būtiska pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ / the impact of the regional localization is significant at the confidence level $\alpha=0.05$.

Mežaudzēs, kurās valdošā suga ir priede, būtiskas krājas reģionālās atšķirības tika konstatētas tikai jaunaudzēs. Šajā priežu audžu vecuma grupā vērojamas vislielākās I stāva krājas atšķirības starp reģioniem: no $139 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ rietumu reģionā līdz $66 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ austrumu reģionā. Egļu audzēs būtiskas krājas reģionālās atšķirības netika konstatētas nevienā vecuma grupā. Būtiskas reģionālās krājas tekošā pieauguma atšķirības konstatētas visu vecumu priežu audzēs. Priežu jaunaudzēs vērojamas arī vislielākās krājas tekošā pieauguma atšķirības starp reģioniem – no $8.6 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā rietumu reģionā līdz $4.4 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ austrumu reģionā, tātad gandrīz divkārt; pārējās vecuma grupās atšķirības nepārsniedz $2.1 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā. Arī vidēja vecuma egļu audzēs konstatētas būtiskas krājas tekošā pieauguma atšķirības. Dienvidu reģiona vidēja vecuma egļu audzes ir ražīgākas, to vidējā krājas tekošā pieauguma vērtība ir $9.2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā. Būtiski atšķirīgajā rietumu reģionā krājas tekošā pieauguma vērtība ir par $3.3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā mazāka.

Pieņemam, ka krājas un krājas tekošā pieauguma atšķirības daļēji saistāmas ar atšķirīgu augsnes auglību analizētajos reģionos, tātad – atšķirīgu augšanas apstākļu un līdz ar to arī atšķirīgu bonitāšu audžu sastopamību. Taču šādu secinājumu nevar izdarīt viennozīmīgi, sevišķi attiecībā uz jaunaudzēm, jo šajā vecuma grupā, kura mūsu pētījumā apvieno

10-40 gadu vecas audzes, vērojamas sevišķi lielas ar audzes vecumu saistītas ražības atšķirības. Piemēram, priežu jaunaudzēs krājas tekošais pieaugums rietumu reģionā ir būtiski lielāks nekā austrumu reģionā ($p=0.026$), bet šajā vecuma grupā nav konstatēta būtiska augšanas apstākļu ietekme ne uz vienu no ražības rādītājiem ($p=0.233$ krājai un $p=0.230$ krājas tekošajam pieaugumam). Toties rietumu reģionā ir ievērojami mazāks līdz 20 gadus vecu jaunaudžu īpatsvars nekā austrumu reģionā (attiecīgi 15% un 40%).

Vidēja vecuma priežu audzēs konstatēta būtiska krājas tekošā pieauguma atšķirība starp dienvidu un austrumu reģionu ($p=0.048$); dienvidu reģionā tekošais pieaugums ir lielāks). Šajā vecuma grupā patiešām pastāv arī būtiska augšanas apstākļu ietekme uz abiem ražības rādītājiem. Kā jau noskaidrots iepriekš, vienīgais no pārējiem būtiski atšķirīgais augšanas apstākļu tips šajā vecuma grupā ir purvainu meži. Taču purvainu mežu īpatsvars abos reģionos analizētās paraugkopas ietvaros ir gandrīz vienāds: 12% dienvidu reģionā un 11% austrumu reģionā (7. att.). Vienīgā skaidrā sakarība iezīmējas priežu briestaudzēs. Priežu briestaudžu tekošais pieaugums dienvidu reģionā ir būtiski lielāks par priežu briestaudžu tekošo pieaugumu rietumu reģionā ($p=0.049$). Šajā vecuma grupā tiešām konstatēta



Apzīmējumi / Legend: □ – R reģions / W region, ■ – D reģions / S region, ■ – A reģions / E region.

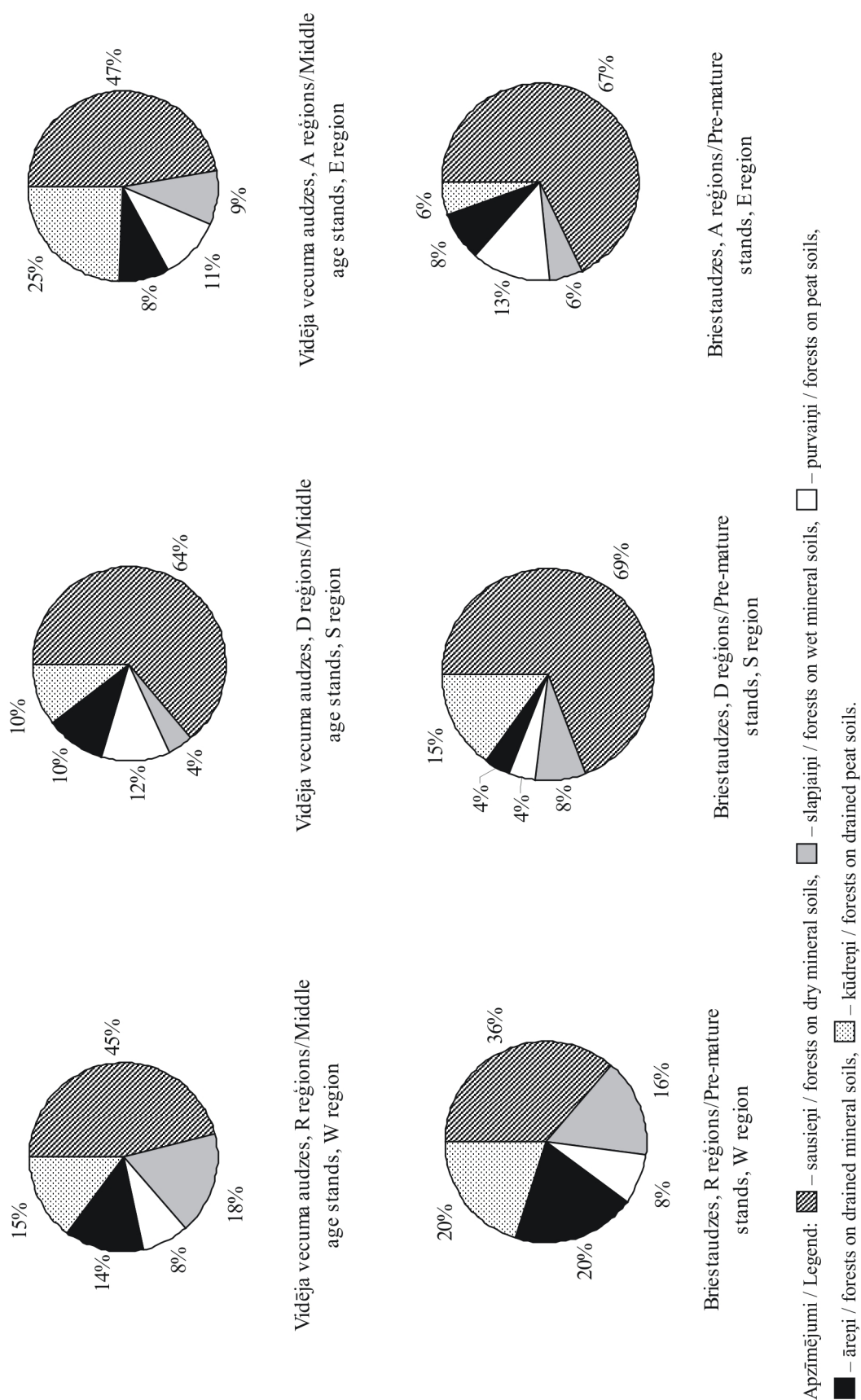
6. att. Krājas tekošā pieauguma struktūra pa vecuma grupām un reģioniem priežu un egļu audzēs.

Fig. 6. Current annual volume increment structure according to the stand age and region in pine and spruce stands.

būtiska augšanas apstākļu ietekme ($p=0.003$, arī šajā gadījumā būtiski atšķiras purvainu meži), turklāt purvainu mežu īpatsvars rietumu reģionā divkārt pārsniedz purvainu mežu īpatsvaru dienvidu reģionā. Pieaugušās priežu audzēs krājas tekošais pieaugums rietumu reģionā ir būtiski mazāks nekā austrumu

reģionā ($p=0.016$). Šajā vecuma grupā būtiska augšanas apstākļu ietekme nav konstatēta.

Vienīgā egļu audžu vecuma grupa, kurā konstatēta būtiska reģionālās lokalizācijas ietekme uz kādu no ražības rādītājiem, ir vidēja vecuma audzes. Vidēja vecuma egļu audžu krājas tekošais pieaugums rietumu



7. att. Augšanas apstākļu sadalījums tajās priežu audžu vecuma grupās, kurās konstatēta būtiska reģionālā un augšanas apstākļu ietekme uz ražības rādītājiem.
Fig. 7. Distribution of site types in those age groups of pine stands where substantial regional and site type impact on the productivity indices was detected.

reģionā ir būtiski mazāks nekā austrumu reģionā ($p=0.005$). Taču būtiska augšanas apstākļu ietekme ne uz šīs, ne uz kādas citas vecuma grupas egļu audžu ražības rādītājiem netika konstatēta. Arī E. Špalte un P. Zālītis (2003) nav konstatējuši būtiskas reģionālas atšķirības, salīdzinot ciršanas vecuma egļu audžu krājas.

Literatūrā minēts, ka ciršanas vecuma priežu audžu krājas rādītāju svārstības ir visai maz atkarīgas no meža tipa (Zālītis, 2006). Iepriekšējos pētījumos arī noskaidrots, ka augšanas apstākļu ietekme uz egļu jaunaudžu augšanas potenciālu (šīs rādītājs ir ļoti cieši saistīts ar audzes krājas diferenci) ir ļoti neliela (Zālītis, Lībiete, 2005). Mūsu rezultāti liecina, ka minētā sakarība attiecināma ne tikai uz ciršanas vecuma priežu audzēm un egļu jaunaudzēm vien. Tādējādi ir izdevies apstrīdēt sākotnēji izvirzīto nulles hipotēzi, ka mežaudžu ražības rādītāji pa reģioniem būtiski neatšķiras. Mežaudžu ražības atšķirības ietekmē arī audžu reģionālā lokalizācija, kas šajā gadījumā raksturo atsevišķu populāciju iedzimtās savdabības, un šīs atšķirības nevar izskaidrot tikai ar augšanas apstākļiem un bonitāti.

Aprakstītais pētījums ir pirmais mēģinājums Latvijā zinātniski analizēt liela apjoma augstas ticamības statistisko datu kopas, kas attiecas uz visas valsts meža resursiem. Pašreizējā pētījuma stadijā pieejamie rezultāti ļauj izdarīt pamatotus secinājumus par priežu un egļu audžu ražības reģionālo atšķirību tendencēm. Tomēr patlaban izdalītie reģioni ir par lieliem, lai detāli atšifrētu populāciju lokālās savdabības. Jebkurā no šiem reģioniem var būt gan izcila, gan slikti augoša audzes (populācijas). Datu pagaidām ir par maz, lai objektīvi aprakstītu audžu ražību pa vecuma grupām, taču ar katru gadu pieejamās informācijas apjoms pieaug. Darba gaitā gūtas svarīgas atziņas par lietderīgāko datu atlases mehānismu un to analīzes principiem. Lai iegūtu precīzākus un plašākus rezultātus, pētījumu nākotnē paredzēts turpināt, precizējot datu atlases kritērijus un padziļinot to analīzi.

Secinājumi

1. Atbilstoši Latvijas meža resursu monitoringa patlaban pieejamajiem datiem aprēķinātais priežu audžu īpatsvars ir ievērojami mazāks nekā Valsts meža dienesta uzrādītais, savukārt alkšņu, apses un citu sugu kokaudžu īpatsvars – lielāks. Uzskatām, ka meža resursu monitoringa dati labāk raksturo stāvokli Latvijas mežos, jo mīksto lapu koku īpatsvara palielināšanās ir ticama, ņemot vērā gan lielās aizaugušo lauksaimniecības zemju platības, gan arī Valsts meža dienesta rīcībā esošos bieži vien nekorektos taksācijas datus par privāto īpašnieku mežiem.

2. Būtiskas ($\alpha=0.05$) krājas reģionālās atšķirības konstatētas tikai priežu jaunaudzēs, vidējā mežaudžu krāja šajā vecuma grupā mainās no $66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ austrumu reģionā līdz $139 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ rietumu reģionā. Būtiskas ($\alpha=0.05$) krājas tekošā pieauguma reģionālās atšķirības konstatētas visu vecumu priežu audzēs, taču ne visās vecuma grupās starp vieniem un tiem pašiem reģioniem. Konstatētas arī būtiskas krājas tekošā pieauguma atšķirības vidēja vecuma egļu audzēs starp dienvidu ($9.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā) un rietumu ($6.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā) reģioniem.
3. Mežaudžu ražības reģionālās atšķirības tikai daļēji saistāmas ar atšķirīgu augšanas apstākļu īpatsvaru analizētajos reģionos. Mežaudzes tekošā pieauguma reģionālās atšķirības ar dažādu augšanas apstākļu sastopamību izskaidrojamas vienīgi priežu briestaudzēs, pārējās audžu grupās šāda sakarība nav konstatēta.
4. Ir izdevies apstrīdēt sākotnēji izvirzīto nulles hipotēzi, ka mežaudžu ražības rādītāji pa reģioniem būtiski neatšķiras, tomēr patlaban izdalītie reģioni ir par lieliem, lai detāli atšifrētu populāciju lokālās savdabības. Tā kā ik gadu palielinās pieejamo datu apjoms un līdzšinējā darba gaitā gūtas svarīgas atziņas par lietderīgāko datu atlases mehānismu un to analīzes principiem, pētījumu paredzēts turpināt.

Literatūra

1. Baumanis, I., Birģelis, J., Lazdiņa, D., Paegle, M. (1986) Priežu provenienču analīze ģeogrāfiskajās kultūrās. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 28, 37.-48. lpp.
2. Gailis, A. (1993) Norway spruce provenances in Latvia. In: Rone V. (ed.) Norway spruce provenances and breeding. *The IUFRO (S2.2-11) Symposium, Latvian Forestry Research Institute „Silava”, Salaspils, Latvia*, pp. 44-49.
3. Glossary of forest genetic resources (English version). Forest Genetic Resources Working Papers, Working Paper FGR/39E. (2002) FAO, Forest Resources Development Service, Forest Resources Division: <http://iufro-down.boku.ac.at/silvavoc/glossary/en.pdf> – Resurss aprakstīts 2006. gada 26. novembrī.
4. Latvijas mežainums pa reģioniem. (2006) Latvijas Republikas Zemkopības ministrija: [http://www.zm.gov.lv/doc_upl/Mezainums_pa_reģioniem\(2\).pdf](http://www.zm.gov.lv/doc_upl/Mezainums_pa_reģioniem(2).pdf) – Resurss aprakstīts 2006. gada 26. novembrī.
5. Latvijas valdošo koku sugu īpatsvars mežaudzēs pēc platības. (2006) Valsts meža dienests: http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/SUGAS_GG.jpg – Resurss aprakstīts 2006. gada 24. novembrī.

6. Matuzānis, J., Tauriņš, J. (1971) *Audžu pieaugums*. Latvijas republikāniskais zinātniski tehniskās informācijas un propagandas institūts, Rīga, 32 lpp.
7. Meža likums. (2000) <http://www.likumi.lv/doc.php?mode=DOC&id=2825> – Resurss aprakstīts 2007. gada 5. martā.
8. Meža statistika. (2004) <http://www.vmd.gov.lv/index.php?sadala=421&id=238> – Resurss aprakstīts 2007. gada 5. martā.
9. Mežaudžu vecumstruktūra. (2006) Valsts meža dienests: http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/02_forma_www_lv.xls – Resurss aprakstīts 2007. gada 25. februārī.
10. Meža un kokapstrādes industrijas sektoru tirgus ziņojums. (2006) Latvijas Republikas Zemkopības ministrija: http://www.zm.gov.lv/doc_upl/Tirgus_zinojums_2006.pdf – Resurss aprakstīts 2006. gada 25. novembrī.
11. Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi. (2003) <http://www.likumi.lv/doc.php?mode=DOC&id=73954> – Resurss aprakstīts 2007. gada 5. martā.
12. Pārskats par Meža attīstības fonda finansēto pētījumu „Meža resursu monitorings”. (2006) Latvijas valsts mežzinātnes institūts „Silava”: http://www.zm.gov.lv/doc_upl/Meza_resursu_monitorings_Silava.pdf – Resurss aprakstīts 2007. gada 5. martā.
13. Pliura, A., Gabrilavicius, R. (1993) Adaptability of Lithuanian Norway spruce provenances. In: Rone V. (ed.) Norway spruce provenances and breeding. *The IUFRO (S2.2-11) Symposium, Latvian Forestry Research Institute „Silava”, Salaspils, Latvia*, pp. 119-127.
14. Pliura, A., Gabrilavicius, R. (1994) Ecological plasticity of Lithuanian Scots pine populations. In: Scots pine breeding and genetics. *The IUFRO (S.02.18) symposium, Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, Lithuania*, pp. 54-62.
15. Saliņš, Z. (2002) *Mežs – Latvijas nacionālā bagātība*. Jelgava: LLU, 248 lpp.
16. Špalte, E., Zālītis, P. (2003) Latvijas egļu audžu kvalitāte ciršanas vecumā. *Mežzinātne*, 13(46), 3.-20. lpp.
17. Zālītis, P. (2006) *Mežkopības priekšnosacījumi*. Rīga: et cetera, 217 lpp.
18. Zālītis, P., Lībiete, Z. (2003) Egļu jaunaudžu augšanas gaitas savdabības āreņos un kūdreņos. *Mežzinātne*, 13(46), 21.-36. lpp.
19. Zālītis, P., Lībiete, Z. (2005) Egļu jaunaudžu augšanas potenciāls. *LLU Raksti*, 14(309), 83.-93. lpp.
20. Zālītis, P., Špalte, E. (2000) Priedes kokaudžu krāja un stumbra koksnes kvalitāte ciršanas vecumā. *Mežzinātne*, 10(43), 11.-28. lpp.
21. Антанайтис, В.В., Загребев, В.В. (1969) *Прирост леса*. Лесная промышленность, Москва, 240 с.
22. Бауманис, И.И., Биргелис, Я.Я., Зундане, А.П. (1990) Сосна обыкновенная в международных опытах в Латвии. В: Пирагс Д.М., Бауманис И.И., Роне В.М. (ред.) *Роль селекции в улучшении латвийских лесов*. Зинатне, Рига, с. 44-64.
23. Бауманис, И.И., Паэгле, М.Г., Роне, В.М. (1975) Изменчивость признаков сосны обыкновенной и методика оценки потомств. В: *Генетические исследования древесных в Латвийской ССР*. Зинатне, Рига, с. 25-33.
24. Кривма, Д.Я. (1975) Экологическая изменчивость признаков березы бородавчатой. В: *Генетические исследования древесных в Латвийской ССР*. Зинатне, Рига, с. 45-51.
25. Роне, В.М. (1975) Межсемейный и клоновый отбор ели обыкновенной. В: *Генетические исследования древесных в Латвийской ССР*. Зинатне, Рига, с. 34-44.

Pateicība

Sirsnīgi pateicos Dr. habil. silv. Pēterim Zālītim, Dr. habil. sc. ing. Hennam Tuhermam un Dr. agr. Zintai Gailei par radošiem ierosinājumiem un lietišķām piezīmēm. Aprakstītie rezultāti iegūti Meža attīstības fonda 2006. gadā finansētā „Pētījuma par priedes, bērza un egles audžu ražības un stumbra kvalitātes reģionālajām atšķirībām Latvijā uz meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu bāzes” ietvaros.

Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) fenotipiskie parametri atkarībā no audzes biezuma juvenīlā vecumā

Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stand Phenotypic Parameters Depending on its Juvenile Stand Density

Āris Jansons

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava"
Latvian State Forest Research Institute „Silava”
e-mail: aris@silava.lv

Agris Džeriņš

Valsts meža dienests, Priekules mežniecība
State forest service, Priekule forest district

Abstract. A study has been made to investigate how Scots pine stand density in juvenile age (6 years), when inter-tree competition begins, influence phenotypic parameters of stand at the age of 32 years. Also genetic influence has been analyzed, since study material consists of open pollinated progenies from phenotypically selected plus trees, planted in 2 forest types – *Cladinoso-callunosa* and *Hylocomyosa*. Increasing stand density in juvenile age leads to increase of survival and yield at the age of 32 years, which is statistically significant in *Cladinoso-callunosa* ($\alpha=0.001$). Dominant trees (highest, chosen with density of 1000 trees ha⁻¹) are slightly higher and thicker in groups with highest juvenile stand density, but the influence is significant only for height in *Cladinoso-callunosa* ($\alpha=0.005$). Changes in juvenile stand density, observed in the experiment (2300-4400 trees ha⁻¹), do not have any clear or statistically significant influence on quality traits (diameter of thickest branch at the height of up to 2 meters, stem straightness and branch thickness evaluated in grades). Open pollinated plus tree progeny family has a significant influence on the height of the tree and diameter of the thickest branch at the height of up to 2 meters (in *Cladinoso-callunosa* $\alpha=0.01$, in *Hylocomyosa* $\alpha=0.05$) as well as on the yield in *Cladinoso-callunosa* ($\alpha=0.0001$). At the age of 32 years greatest differences in average stem straightness and branchiness grade between 2 families within one juvenile stand density group are usually (8 cases out of 10) larger as greatest differences between groups, suggesting strong genetic influence to tree quality traits.

Key words: Scots pine, juvenile survival, phenotypic parameters, family.

Ievads

Koku stādīšana vai sēšana ir mežsaimnieciskā cikla sākums – pirmās nozīmīgās investīcijas gala produkta ieguvē. No izvēlēta stādīšanas biezuma atkarīgs, kādi līdzekļi būs nepieciešami audzes atjaunošanai un agro kopšanas ciršu (to, kuras nenes peļņu) veikšanai. Vienlaikus stādīšanas attālumi ietekmē katra koka augšanas telpu, vainagu saslēgšanās laiku, koku savstarpējās konkurences un diferenciācijas sākumu un, pakārtoti, arī kopējo iegūstamās produkcijas apjomu un kvalitāti. Tādēļ stādīšanas attālumam veltīti daudzi mežzinātnieku pētījumi (Bušs, 1989; Mangalis, 2004). Balsoties uz šo pētījumu rezultātiem, kā arī tādēļ, ka arvien lielāka nozīme meža apsaimniekošanā tiek pievērsta ekonomiskajai efektivitātei, pēdējās desmitgadēs ievērojami samazināties rekomendētais sākotnējais kultūru biezums – piemēram, Bušs 1971. gadā

rekomendē stādīt 10 000 priedes ha⁻¹, Mangalis 2004. gadā – 5000 priedes ha⁻¹, bet šobrīd spēkā esošie „Meža atjaunošanas noteikumi” (2001) – ne mazāk kā 3000 priedes ha⁻¹.

Samazinoties iestādīto koku skaitam, aizvien nozīmīgāk kļūst nodrošināt labu stādu saglabāšanos un katra individuāla koka augšanas un kvalitātes rādītājus. Būtiska loma ir augstvērtīgam stādāmajam materiālam, kura izaudzēšana atkarīga gan no piemērotas agrotehnikas kokaudzētavās, gan atlasīta (selekcionēta) sēklu materiāla izmantošanas. Dažādas izcelsmes reģionu un pat vienas un tās pašas audzes dažādu koku pēcnācēji savu iedzimto īpašību dēļ ievērojami atšķiras pēc to saglabāšanās (konkrētajos ekoloģiskajos apstākļos), stumbrā kvalitātes un ātraudzības rādītājiem (Baumanis u.c., 2001). Meža selekcijā jau sākot no 20. gadsimta piecdesmitajiem gadiem veikti daudzi pētījumi un

ievērojams lauka izmēģinājumu darbs (Gailis, 1971). Ģenētiski augstvērtīga meža atjaunošanas materiāla izmantošanas priekšrocības uzskatāmi parāda 1. kārtas sēklu plantāciju un audžu pēcnācēju salīdzinošais izmēģinājums: austrumu apgabala sēklu plantāciju pēcnācējiem 22 gadu vecumā ir par 19% augstāka krāja un arī labāka kvalitāte (Baumanis u.c., 2002).

Lai gan meža atjaunošana un meža selekcija ir loģiski saistītas jomas, Latvijā tomēr trūkst pētījumu, kaskompleksinovērtētu ģenētisko faktoru un stādīšanas attāluma ietekmi. Arī ārzemju literatūrā par parasto priedi šādu pētījumu apraksti ir reti (Persson, 1994). Pētījumi meža atjaunošanā parasti atsevišķi vērtē juvenīlo (pirmo 4–6 gadu pēc iestādīšanas) audzes biezumu (ko ietekmē saglabāšanās) un stādīšanas biezuma ietekmi uz mežaudzes attīstību. Taču koku savstarpējās konkurences ietekme uz audzes dažādiem parametriem sākas tieši pēc šiem 4–6 gadiem, kad saslēdzas vainagi un sākas arī sakņu konkurence (Bērziņš, 1974). Tātad mežaudzes attīstību ietekmē ne jau iestādītais koku daudzums, bet audzes biezums koku savstarpējās konkurences sākšanās laikā.

Ņemot vērā identificēto problemātiku, šī pētījuma mērķis ir novērtēt parastās priedes audzes biezuma juvenīlajā vecumā (6 gadi) ietekmi uz tās fenotipisko parametru vērtībām turpmāk (32 gadu vecumā).

Materiāli un metodes

Datipētnieciskajam darbam ievākti MPS Kalsnavas meža novadā priedes fenotipiski atlasīto pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu izmēģinājumos 32 gadu vecumā. Eksperimentā pārstāvēts materiāls no visiem Latvijas novadiem. Par pluskoka ģimeni šeit un turpmāk tiek saukta noteikta pluskoka brīvapputes pēcnācēju kopa.

Dati par audzes biezumu (stādu saglabāšanos) saglabāšanos 6 gadu vecumā un vidējo augstumu pa ģimenēm iegūti MPS Kalsnava selekcijas darbu atskaitēs, kuras glabājas Latvijas Valsts Mežzinātnes institūta "Silava" arhīvā.

Eksperiments ierīkots 2 atšķirīgos meža augšanas apstākļu tipos (turpmāk tekstā – MAAT): silā *Cladinoso-callunosa* (Sl) un damaksnī *Hylocomyosa* (Dm). Sila augšanas apstākļi raksturojas ar nabadzīgu, smilšainu, sausu augsni ar pilnas biežības priežu audzes krāju 100 gadu vecumā – 280 m³ ha⁻¹ (Bušs, 1976). Damaksnim raksturīgas vidēji bagātas, normāla mitruma smilšmāla augsnes ar pilnas biežības priežu audzes krāju 100 gadu vecumā – 540 m³ ha⁻¹ (Bušs, 1976). Katrā no MAAT iestādītas vienu un to pašu 35 pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimenes.

Sākotnējais stādīšanas attālums – 1 x 2 metri, ģimenes izvietotas bloku parcelēs pa 15 kokiem (5 koki rindā, 3 rindas) 4 atkārtojumos.

Veikta visu dzīvo koku uzmērīšana, katram nosakot augstumu, m, caurmēru (1.3 m augstumā no

sakņu kakla), cm, un resnākā zara līdz 2 m augstumam (turpmāk tekstā – zara) diametru, mm. Novērtēts arī koka vispārējais zaru resnums un stumbrs taisnums pēc 3 ballu skalas, kur 1 – taisns stumbrs, 2 – stumbrs ar vienu līkumu, 3 – stumbrs ar vairākiem līkumiem un 1 – relatīvi tievi zari, 2 – vidēji resni zari, 3 – resni zari (salīdzinot ar līdzīga caurmēra kokiem viena un tā paša eksperimenta ietvaros).

Šī raksta ietvaros par valdaudzes kokiem apzīmēti 20% (t.i., 12) garāko koku no katras ģimenes, un tas atbilst 1000 koki ha⁻¹ biezumam, kas rekomendēts kā optimāls priedei konkrētajā vecumā (Kvalitātes prasības ..., 2001). Kā norāda Abraitis un Eriksson (1998), starpaudzes koki nav izmantojami ģenētisko vienību (populāciju, ģimeņu) atšķirību raksturošanai, jo tos nozīmīgi ietekmējuši konkurences faktori, „maskējot” ģenētisko faktoru ietekmi. Tādēļ, novērtējot augšanas potenciālu dažādiem genotipiem, izmantoti tikai valdaudzes koki.

Datu apstrādei ģimenes grupētas pēc to juvenīlā biezuma, vienā grupā ierindojot tās, kurās koku skaits 6 gadu vecumā neatšķiras vairāk kā par 5 kokiem (t.i., 8% no sākotnējā iestādīto stādu skaita). Ģimeņu grupējums parādīts 1. tabulā.

Lai izveidotu iespējami homogēnu statistisko kompleksu, katrā grupā saglabātas 5 ģimenes. Ja kādā no grupām ģimeņu skaits bija lielāks, tad vispirms no tālākās analīzes izslēdza tās, kurām ir vienāds koku skaits un vienāda izcelsmes vieta. 1. grupa ir ar zemāko biezumu, 6. – ar augstāko. Silā saglabāta 1. grupa ar 3 ģimenēm, lai no analīzes netiktu izslēgti varianti ar ekstremāli zemu biezumu. Ņemot vērā to, ka silā ģimenes pēc koku skaita atšķīrās ievērojami vairāk nekā damaksnī, to pārstāv 6 grupas (damaksnī – 4).

Stumbrs tilpuma aprēķināšanai izmantota I. Liepas formulas (Liepa, 1996). Iegūtie individuālo stumbru tilpumi pārrēķināti krājā uz hektāru.

Rezultāti

Stāvokļa raksturojums

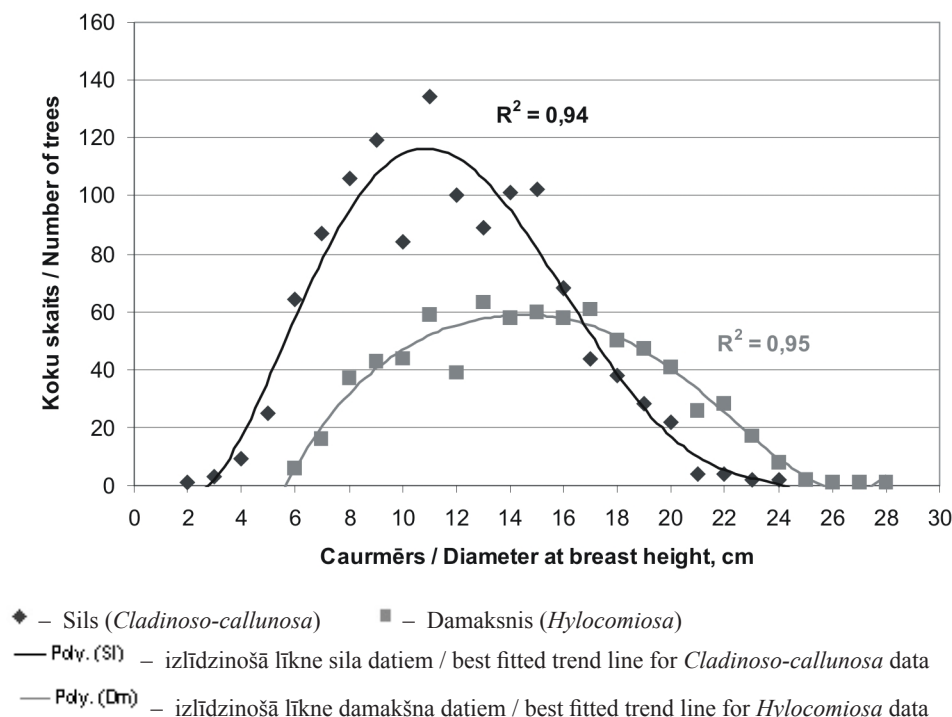
Analizējot pēcnācēju pārbaužu stādījumus, konstatēts, ka labākos augšanas apstākļos (damaksnī) 32 gadu vecumā koku skaits ir ievērojami (gandrīz 2 reizes) zemāks nekā nabadzīgos augšanas apstākļos (silā). Labākos apstākļos notiek asāka konkurence par galveno limitējošo resursu – gaismu. Priedes, kuras nonāks ēnā, zaudēs savas pozīcijas un aizies bojā. Mazāk auglīgos apstākļos koki aug lēnāk, tātad vainagu saslēgšanās un konkurence par gaismas resursiem sākas lielākā vecumā. Tendenci pierāda fakts, ka silā ar caurmēru 2–6 cm ir 102 koki, kamēr damaksnī – tikai 6.

1. attēlā redzams, ka silā 32 gadu vecumā visvairāk koku ir ar caurmēru 8–14 cm, kamēr damaksnī – ar caurmēru 12–18 cm. Atšķiras arī koku fenotipisko

1. tabula / Table 1

Pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimeņu iedalījums pēc to juvenīlā audzes biezuma
Division of plus-tree families according to juvenile stand density

Sils <i>cladinoso-callunosa</i>				Damaksnis <i>hylocomyosa</i>				
koku skaits 6 gadu vecumā / number of trees at the age of 6 years	pluskoka brīvapputes pēcnācēju ģimene / open- pollinated progeny family of plus-tree	izcelsmes reģions / origin region	audzes biezuma grupa / stand density group	koku skaits 6 gadu vecumā / number of trees at the age of 6 years	pluskoka brīvapputes pēcnācēju ģimene / open- pollinated progeny family of plus-tree	izcelsmes reģions / origin region	audzes biezuma grupa / stand density group	
24	Als13	Alsunga	1	35	Ko13	Koknese	1	
28	Als9	Alsunga		36	Ka23	Kalsnava		
29	Va1	Varakļāni		38	Ve25	Ventspils		
30	Ve25	Vantspils	2	39	Als9	Alsunga	2	
32	In13	Inčukalns		39	Va1	Varakļāni		
32	Tu16	Tukums		41	Als10	Alsunga		
34	Ja8	Jaunjelgava		42	Ta17	Talsi		
34	Ta17	Talsi	3	43	Als19	Alsunga	3	
36	Lub19	Lubāna		45	In13	Inčukalns		
38	Als10	Alsunga		45	Ma15	Mazsalaca		
38	Ba29	Bauska		46	Als23	Alsunga		
39	Ma6	Mazsalaca		46	Ba29	Bauska		
39	Ta16	Talsi	4	47	Va3	Varakļāni	4	
40	Ba15	Bauska		48	Als21	Alsunga		
42	Als11	Alsunga		49	Ta1	Talsi		
43	Va3	Varakļāni		50	Ma16	Mazsalaca		
44	In5	Inčukalns		52	Als11	Alsunga		
44	Ve28	Ventspils	5	53	Ko2	Koknese	4	
45	Als19	Alsunga		54	Ja30	Jaunjelgava		
45	Da10	Daugavpils		56	Va2	Varakļāni		
46	Ko2	Koknese						
47	Ka23	Kalsnava						
49	Va2	Varakļāni						
50	Ka14	Kalsnava						
51	Als23	Alsunga						
51	Ja30	Jaunjelgava						
53	Ma13	Mazsalaca						
53	Ma16	Mazsalaca						



1. att. Koku sadalījums pēc caurmēra silā (Sl) un damaksnī (Dm) 32 gadu vecumā.

Fig. 1. Division of trees according to diameter in *Cladinoso-callunosa* (Sl) and *Hylocomyosa* (Dm) at the age of 32 years.

parametru vidējie rādītāji: caurmērs damaksnī – 14.8 cm, silā – 11.7 cm, augstums damaksnī – 15.5 m, silā – 12.7 m.

Vienu un to pašu 35 fenotipiski atlasīto pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimeņu saglabāšanās 6 gadu vecumā silā ir robežās no 2000 līdz 4400 kokiem ha⁻¹, kas ir plašāk nekā damaksnī, kur biezums ir robežās no 2900 līdz 4600 kokiem ha⁻¹. Līdzīga sakarība saglabājas arī 32 gadu vecumā, kad dažādu ģimeņu biezums damaksnī ir no 400 līdz 2400 koki ha⁻¹ un silā – no 900 līdz 3400 kokiem ha⁻¹. Tas liecina par straujāku diferenciāciju un koku skaita samazināšanos damaksnī.

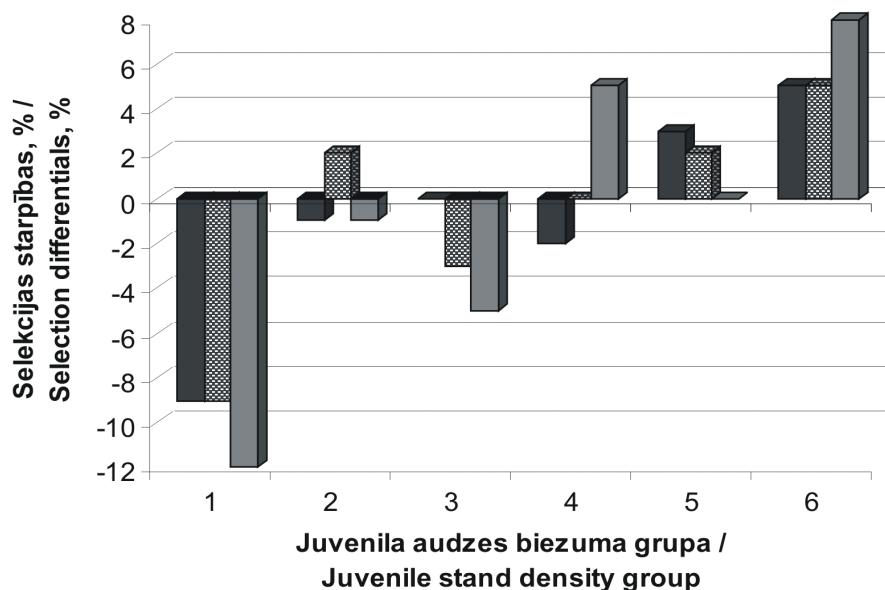
Juvenilā biezuma ietekme uz valdaudzes koku augstumu, caurmēru un resnākā zara diametru

2. attēlā redzams, ka, jo augstāks ir biezums 6 gadu vecumā, jo lielāks valdaudzes koku caurmērs un augstums 32 gadu vecumā. Attiecībā pret eksperimenta vidējo vērtību biezuma grupu vidējā valdaudzes koku augstuma selekcijas starpības silā ir no -9 līdz +5%, bet absolūtos skaitļos – 2.1 m, caurmēra selekcijas starpības no -9 līdz +6%, tas ir, 2.1 cm (2. tabula). Damaksnī koku augstuma selekcijas starpības ir no -1 līdz +3% (attiecīgi 1.1 m) un diametra selekcijas starpība ir no -8 līdz +4% (2.2 cm). Jāatzīmē, ka

šajā gadījumā mazākās atšķirības uzrāda 2. biezuma grupa. Tam par iemeslu varētu būt pluskoku Ka23 un Ve25 brīvapputes pēcnācēju labie augšanas rādītāji 1. biezuma grupā – šīs ģimenes bijušas augšanā pārākas arī citos eksperimentālajos stādījumos Kalsnavā (dati nav publicēti).

Valdaudzes koku kvalitāti šajā gadījumā raksturo resnākā zara diametrs. Attiecībā pret eksperimenta vidējo vērtību tā selekcijas starpības ir no -12% līdz +8% silā un no -3% līdz +3% damaksnī. Absolūtos skaitļos atšķirības starp juvenilā biezuma grupu vidējām vērtībām ir tikai attiecīgi 2 un 1 mm. Ievērojami lielākas resnākā zara diametra starpības var konstatēt starp ģimenēm vienas juvenilā audzes biezuma grupas ietvaros – silā līdz 6 mm, damaksnī – līdz 4 mm. Var secināt, ka priedes stādījuma biezums no 2300 līdz 4400 kokiem ha⁻¹ 6 gadu vecumā neizraisa nozīmīgas valdaudzes koku resgaļa (vērtīgākās daļas) resnākā zara diametra izmaiņas 32 gadu vecumā.

Lai pārbaudītu iegūto rezultātu statistisko būtiskumu, veikta vienfaktora dispersijas analīze. Faktors – juvenilā audzes biezuma grupa. Ģimenes tiek uzskatītas par attiecīgās audzes biezuma grupas variantēm. Konstatēts, ka priedes stādījuma biezuma variēšana 6 gadu vecumā no 2300 līdz 4400 kokiem ha⁻¹ neatstāj statistiski būtisku ietekmi uz valdaudzes



■ – augstums / height ▨ – caurmērs / diameter at breast height ■ – zara diametrs / branch diameter

2. att. Augstuma, caurmēra un resnākā zara selekcijas starpības parastajai priedei silā 32 gadu vecumā dažādās juvenīlā audzes biezuma grupās, %. Juvenīlā audzes biezuma grupas:
1 – ar zemāko biezumu, 6 – ar augstāko biezumu.

Fig. 2. Selection differentials of height, diameter and diameter of thickest branch in different juvenile stand density groups at the age of 32 years in *Cladinosa-callunosa*, %. Juvenile stand density groups:
1 – with lowest stand density, 6 – with highest stand density.

2. tabula / Table 2

Augstuma, caurmēra un resnākā zara vidējie rādītāji parastajai priedei 32 gadu vecumā dažādās juvenīlā audzes biezuma grupās
Average height, diameter and diameter of thickest branch of dominant trees in different juvenile stand density groups at the age of 32 years

Juvenīlā audzes biezuma grupa / Juvenile stand density group	Sils <i>cladinosa-callunosa</i>			Damaksnis <i>hylocomyosa</i>		
	parametru vidējās vērtības / average values			parametru vidējās vērtības / average values		
	augstums / height, m	caurmērs / diameter, cm	zara diametrs / branch diameter, mm	augstums / height, m	caurmērs / diameter, cm	zara diametrs / branch diameter, mm
1	12.8	13.1	0.9	15.8	17.0	1.5
2	14.1	14.7	1.0	15.4	15.3	1.5
3	14.2	13.9	1.0	16.5	17.2	1.5
4	14.0	14.4	1.1	16.4	17.5	1.6
5	14.6	14.8	1.1			
6	14.9	15.2	1.1			

Piezīme. Juvenīlā audzes biezuma grupas: 1 – ar zemāko biezumu, 6 – ar augstāko biezumu.

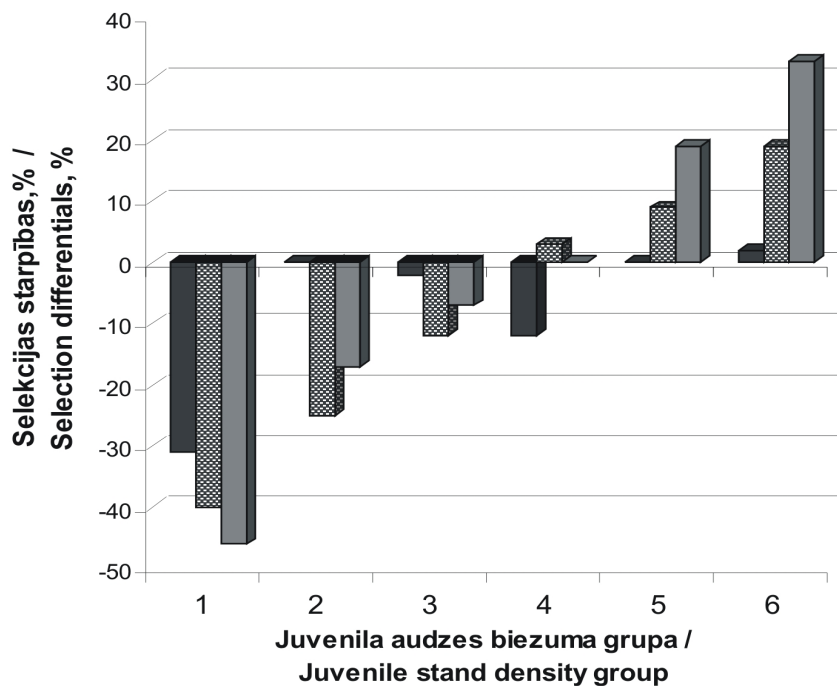
Note. Juvenile stand density groups: 1 – with lowest stand density, 6 – with highest stand density.

koku augstumu (izņemot silu ar ticamības līmeni $\alpha=0.05$), caurmēru un resnākā zara diametru. Tātad cēloņi valdaudzes koku atšķirīgajiem parametriem viena meža augšanas apstākļu tipa ietvaros meklējami citu faktoru (piemēram, atšķirīgā genotipa) ietekmē. Jāņem vērā, ka saskaņā ar metodiku katrā no atlasītajām grupām ar līdzīgu juvenīlo audzes biezumu ietilpst atšķirīgas brīvapputes pēcnācēju ģimenes. Tas nozīmē, ka genotips varēja ietekmēt konkrētās koku kopas ieskaitīšanu vienā vai citā juvenīlā audzes biezuma grupā.

Pārbaudot konstatēts, ka ģimenes ietekme uz visu dzīvo koku augstumu un resnākā zara diametru ir būtiska ($\alpha=0.05$ damaksnī un $\alpha=0.01$ silā), bet uz koku caurmēru nav būtiska. Uz šī paša materiāla pamata aprēķināts, ka ģimenes ietekme uz valdaudzes koku augstumu, caurmēru un resnākā zara līdz 2 m augstumam diametru ir būtiska ($\alpha=0.001$) (dati nav publicēti).

Juvenīlā audzes biezuma ietekme uz audzes biezumu, stumbra tilpumu, kvalitāti un krāju

Vērtējot koku kvalitāti – šajā gadījumā stumbra taisnumu un zaru resnumu ballēs –, nekādas konkrētas to izmaiņu tendences atkarībā no piederības noteiktai juvenīlās saglabāšanās grupai nav konstatētas. Iespējamais izskaidrojums atkal varētu būt meklējams genotipa ietekmē. Piemēram, damaksnī 2. juvenīlā audzes biezuma grupā pluskoka Ma15 brīvapputes pēcnācēju ģimenes zaru resnums ballēs ir vidēji 1.4 (selekcijas starpība -18% no eksperimenta vidējās vērtības), bet pluskoka Als 19 pēcnācējiem – 2.1 (+17%). Tajā pašā laikā vidējā vērtība ballēs 1. audzes biezuma grupā ir 1.8, 2. grupā – 1.8, un 3. grupā – 1.7 – tātad atšķirības ir neizteiktas. Līdzīga tendence vērojama arī attiecībā uz stumbra taisnumu. Datu analīze kopumā atklāj,



■ – vidējais stumbra tilpums / average stem volume ■ – koku skaits / number of trees ■ – krāja / yield

3. att. Stumbra tilpuma, koku skaita un krājas selekcijas starpības silā 32 gadu vecumā dažādās juvenīlā audzes biezuma grupās, %. Juvenīlā audzes biezuma grupas:

1 – ar zemāko biezumu, 6 – ar augstāko biezumu.

Fig. 3. Selection differentials of stem volume, number of trees and yield at the age of 32 years in *Cladinocallunosa* in different juvenile stand density groups, %. Juvenile stand density groups:

1 – with lowest stand density, 6 – with highest stand density.

3. tabula / Table 3

Stumbra tilpuma, koku skaita parcelē* un krājas uz hektāra vidējie rādītāji 32 gadu vecumā dažādās juvenīlā audzes biežuma grupās**
Average stem volume, number of trees in a parcel* and yield at the age of 32 years in different juvenile stand density groups**

Juvenīlā audzes biežuma grupa / Juvenile stand density group	Sils <i>cladinoso-callunosa</i>			Damaksnis <i>hylocomyosa</i>		
	parametru vidējās vērtības / average values			parametru vidējās vērtības / average values		
	stumbra tilpums / stem volume, m ³	koku skaits parcelē / number of trees in a parcel	krāja / yield, m ³ ha ⁻¹	stumbra tilpums / stem volume, m ³	koku skaits parcelē / number of trees in a parcel	krāja / yield, m ³ ha ⁻¹
1	0.06	4	95	0.13	4	188
2	0.08	5	146	0.13	3	155
3	0.08	6	164	0.15	5	233
4	0.07	7	175	0.16	5	215
5	0.08	8	209			
6	0.09	8	234			

* – Parcelē stādīti 15 koki / 15 trees planted in a parcel

** – Juvenīlā audzes biežuma grupas: 1 – ar zemāko biežumu, 6 – ar augstāko biežumu / Juvenile stand density groups: 1 – with lowest stand density, 6 – with highest stand density

ka atšķirības starp ģimenēm tās pašas juvenīlā audzes biežuma grupas ietvaros 8 gadījumos no 10 ievērojami (līdz 2 reizēm) pārsniedz lielāko starpību starp audzes biežuma grupu vidējiem rādītājiem gan stumbra taisnuma, gan zaru resnuma novērtējumam. Ņemot vērā to, ka rezultāti noteikti ballēs (tātad kā kvalitatīvām pazīmēm), dispersijas analīzi pielietot nav iespējams.

Daudz skaidrāka tendence iezīmējas, vērtējot vidējo stumbra tilpumu, saglabājušos koku skaitu un šo raksturlielumu kumulatīvo vērtību – krāju uz hektāra (3. attēls). Saglabājušos koku skaits 32 gadu vecumā ir lielāks grupās ar augstāku juvenīlo audzes biežumu. Analizētajā datu kopā korelācija starp tās pašas ģimenes koku skaitu 6 un 32 gadu vecumā ir cieša silā ($r=0.78$, $\alpha=0.01$), taču tās nav damaksnī ($r=0.21$).

Stumbra tilpums aprēķināts katrai ģimenei atsevišķi un pēc tam attiecināts pret eksperimenta vidējo vērtību. No šiem datiem aprēķinātie aritmētiskie vidējie pa juvenīlās saglabāšanās grupām atspoguļoti 3. attēlā. Kā redzams, nekādu izteiktu šī rādītāja sakarību (izmaiņu tendenci) saistībā ar juvenīlo audzes biežumu nav iespējams konstatēt. Salīdzinot vidējās parametra vērtības pa biežuma grupām, tomēr redzams, ka, paaugstinoties juvenīlās

audzes biežuma rādītājam, palielinās arī visu dzīvo koku vidējais stumbra tilpums 32 gadu vecumā (3. tabula). Konstatēta arī cieša korelācija starp ģimenes biežumu 6 gadu vecumā un vidējo augstumu 32 gadu vecumā ($r=0.39$, $\alpha=0.05$ damaksnī un $r=0.63$, $\alpha=0.01$ silā).

Visu šo faktoru kopuma ietekmē krāja uz hektāra pieaug, palielinoties sākotnējam audzes biežumam. Te gan atkal jānorāda, ka damaksnī lielākās atšķirības nav starp galējiem juvenīlās saglabāšanās variantiem un šo situāciju atkārtoti galvenokārt izraisa tie pluskoku Ka23 un Ve25 pēcnācēji grupā ar mazāko biežumu, kuriem ir ļoti augsta krāja. Iespējams, ka pie šo ģimeņu zemā juvenīlā biežuma vainojami kādi mehāniski apstākļi, piemēram, nekvalitatīva iestādīšana vai arī augstāka meža dzīvnieku bojājumu intensitāte, vai zemāka izturība pret skujbiri.

Dispersijas analīzē konstatēts, ka audzes biežums juvenīlajā vecumā būtiski ietekmē koku skaitu 32 gadu vecumā ($\alpha=0.001$) un krāju ($\alpha=0.01$) silā, taču ne damaksnī. Juvenīlās saglabāšanās ietekme uz vidējo stumbra tilpumu nav statistiski būtiska nevienā no meža augšanas apstākļu tipiem. Genotipa (ģimenes) ietekme uz krāju 32 gadu vecumā silā ir statistiski būtiska ($\alpha=0.0001$).

Diskusija

Juvenilā biezuma ietekme uz valdaudzes koku augstumu, caurmēru un resnākā zara diametru

Analīze par saglabāšanās ietekmi atsevišķi uz valdaudzes koku parametriem literatūrā sastopama reti. K. Miezītis (1983) analizējis dažāda sākotnējā biezuma priežu kultūru fenotipiskos parametrus mētru ārenī 22 gadu vecumā. Viņš konstatējis, ka kultūrās ar sākotnējo biezumu 3333, 5000 un 10 000 koku ha⁻¹ valdaudzes vidējais augstums un caurmērs ir attiecīgi 10.1 m/13.1 cm, 9.9 m/11 cm un 9.7 m/11 cm. Tendence: pieaugot sākotnējam biezumam, samazinās valdaudzes koku augstums un caurmērs, kas ir pretēji mūsu secinājumam. Atšķirības visticamāk izraisa dažāda pieeja koku iedalīšanai valdaudzē un starpaudzē. P. Zālītis un T. Zālītis (2002) bērza parauglaukumos konstatējuši, ka valdaudzes krājas difference ΔV ļoti cieši korelē ar sākotnējo kociņu skaitu ($r = -0.99$). Valdaudzes koku skaitam samazinoties par 1000 kokiem ha⁻¹ (robežās no 5000 līdz 1500 kokiem ha⁻¹), pieaugums palielinās par 1.5 m³ ha⁻¹ gadā. Vienlaikus norādīts, ka liela daļa no šīs starpības izskaidrojama nevis ar valdaudzes koku palielinātu augšanas tempu mazākas biezības kultūrās, bet ar straujāku diferenciāciju (un pāreju starpaudzē) lielākas biezības kultūrās. Secināts, ka, “novēršot kociņu savstarpējo konkurenci un jaunaudzes diferenciēšanos valdaudzē un starpaudzē, panākams krass koksnes ražības pieaugums”.

Juvenilā audzes biezuma ietekme uz tās parametriem jaunaudzes un briestaudzes vecumā

Vērtējot koku kvalitāti 36 gadus vecās priežu kultūrās, I. Mangalis (2004) norāda, ka sauso zaru caurmērs 3 m augstumā biezās kultūrās (stādīti 10 000 koki ha⁻¹) ir par 2.2 mm mazāks nekā vidēji biezās (4.4–5000 koki ha⁻¹). Vērtējot atzarošanos (kritēriji: 1. sausā zara un 1. zaļā zara augstums) 22 gadu vecumā, K. Miezītis (1983) nozīmīgas atšķirības starp priedes kultūrām ar sākotnējo biezumu 3333 un 10 000 koki ha⁻¹ nav konstatējis. Līdzīgi P. Zālītis un T. Zālītis (2002), analizējot dažādas intensitātes (1500–5000 atstāto koku ha⁻¹, audzes vidējais augstums 3 m) bērza jaunaudžu kopšanu, secina, ka “atzarošanās galvenokārt ir ģenētiski nosacīta īpašība, bet jaunaudzes biezums to ietekmē visai maz”. Nozīmīgu agrīnās kopšanas (pie audzes vidējā augstuma 3 m izretinot to līdz 1000–2200 koki ha⁻¹) ietekmi uz zara diametru priedei nav konstatējuši arī M. Varmola and H. Salminen (2004). H. Mäkinen (1999) norāda, ka ar kopšanas ciršu atlikšanu (tādejādi saglabājot lielāku audzes biezību) nav izdevies nozīmīgi ietekmēt

atzarošanās ātrumu priedēm parauglaukumos centrālajā un dienvidu Somijā. Perssons (1994) rezumē, ka, palielinoties stādīšanas attālumam, pieaug arī priedes zaru diametrs, taču tendence ir atšķirīga dažādu genotipu priedēm.

Vairums autoru atzīst, ka stumbra taisnumu lielākoties kontrolē ģenētika, nevis kopšanas intensitāte vai stādīšanas attālums (Persson, 1994; Ståhl et al., 1990).

I. Mangalis (1981), vērtējot saglabāšanos priežu kultūrās ar sākotnējo biezumu 3333 koki ha⁻¹ un 5000 koki ha⁻¹, konstatējis, ka to biezums 17 gadu vecumā faktiski neatšķiras un ir 2340 koki ha⁻¹, tajā pašā laikā koku saglabāšanās atšķiras ievērojami (attiecīgi 70% un 47%). P. Zālītis un T. Zālītis (2002) bērzu kultūrās ar atšķirīgu kopšanas intensitāti izstrādājuši vienādojumu, kurš apraksta koku sadalījumu valdaudzē un starpaudzē audzes attīstības gaitā. Saskaņā ar viņu analīzi diferenciāciju par 76% ietekmē audzes biezums (koku skaits), bet par 23% – valdaudzes koku sākotnējais augstums.

M. Bušs (1971), atsaucoties uz I. Mangaļa pētījumiem, norāda, ka dažāda sākotnējā biezuma egles kultūrās koku augstums cirtmeta vecumā ir aptuveni vienāds, taču no retām egles kultūrām (2220 koki ha⁻¹) iegūstams par 8–14% vairāk zāgbaļķu nekā no biezām (8000 koki ha⁻¹).

Mangalis (1981) no paša pētījumiem un literatūras apskata secina, ka 8–15 gadu vecumā vislielākais koku augstums ir biezās, 20–35 gadu vecumā – vidēji biezās, bet turpmākajā periodā – normāli biezās vai pat retās skuju koku kultūrās.

Euan G. Masson (2005) pētījumā ar *Pinus radiata* konstatējis, ka, palielinot stādvieta skaitu uz ha 8 reizes, koku vidējais caurmērs 26 gadu vecumā ir par 30%, augstums – par 10% mazāks. Burkes u.c. (2003) konstatējis līdzīgu likumsakarību 3 m augstās *Pinus taeda* un *Pinus elliotii* audzēs: stādīšanas attāluma ietekme bija būtiska uz caurmēru ($\alpha = 0.01$), bet ne uz augstumu. Mangalis (2004) norāda, ka priežu kultūrās ar sākotnējo biezumu 3000–10000 koki ha⁻¹ koku vidējais augstums 36 gadu vecumā ir lielāks biezās kultūrās, taču tikai par 1.2 m, savukārt caurmērs par 3.5 cm lielāks ir retās kultūrās.

Kronītis (1972) apraksta likumsakarību: egļu kultūras ar sākotnējo biezību 6700 koki ha⁻¹ krāja 30 gadu vecumā ir par gandrīz 10% zemāka nekā audzei ar sākotnējo biezību 5000 koki ha⁻¹. I. Mangalis (1981), citējot A. Pisarenko, konstatē, ka egļu kultūru sākotnējai biezībai samazinoties no 7700 līdz 2000 kokiem ha⁻¹, to krāja 58 gadu vecumā pieaug no 300 līdz 540 m³ ha⁻¹. Arī K. Bušs (1989), atsaucoties uz pētījumiem Lietuvā, norāda, ka sākotnējā priežu kultūru biezuma palielināšana no 5000 kokiem ha⁻¹ līdz 15 000 kokiem ha⁻¹ samazina to krāju 70 gadu vecumā par 15%.

Burkes u.c. (2003) *Pinus taeda* un *Pinus elliotii* stādījumos aprakstījuši sakarību: palielinoties kultūras biežumam, palielinās uzņemto un izmantoto dabas resursu (barības vielu, ūdens) daudzums, kas nosaka, ka kopējais koksnes pieaugums ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ gadā) palielinās. Tajā pašā laikā samazinās katra individuāla koka pieaugums. Tiek uzsvērts, ka kopējās krājas veidošanā svarīgs ir ne tikai biomasas producēšanas potenciāls, bet arī attiecība, kādā tā tiek novirzīta stumbra augšanai, nevis, piemēram, sakņu vai zaru attīstībai. Pētījums liecina, ka paaugstināts biežums izmaina šo attiecību. Oleksyn u.c. (1999) konstatējuši statistiski būtiskas atšķirības dažādu genotipu priežu biomasas sadalījumā starp saknēm un virszemes daļu, kas likumsakarīgi izpaužas kā virszemes daļas pieauguma atšķirības.

Genotipa būtiska ietekme uz koku saglabāšanos un fenotipisko parametru (augstuma, diametra, krājas) attīstību plaši atzīmēta gan Eiropas mēroga eksperimentos (atsevišķs eksperiments – Oleksyn u.c., 2000, plaša literatūras analīze – Giertych, 1991), gan Latvijā (Baumanis 2001).

Secinājumi

1. Augstāka saglabāšanās 6 gadu vecumā nodrošina augstāku saglabāšanos arī 32 gadu vecumā (silā ietekme būtiska $\alpha=0.001$ līmenī, damaksnī nav būtiska).
2. Valdaudzes koku augstums un caurmērs 32 gadu vecumā palielinās, pieaugot audzes biežumam 6 gadu vecumā: silā starpība starp grupām ar biežību 2300 koki ha^{-1} un 4400 koki ha^{-1} fenotipisko parametru vidējām vērtībām ir attiecīgi 2.1 m un 2.1 cm, damaksnī – starp grupu ar biežību 3500 koki ha^{-1} un 4400 koki ha^{-1} vidējām vērtībām attiecīgi 1.6 m un 2.2 cm. Juvenīlā audzes biežuma ietekme uz šiem parametriem nav statistiski būtiska (izņemot augstumu silā, kur $\alpha=0.05$).
3. Priežu jaunaudzju juvenīlā biežuma (6 gadu vecumā) izmaiņas intervālā no 2300 līdz 4400 kokiem ha^{-1} neizraisa valdaudzes koku resnākāzara diametra izmaiņas 32 gadu vecumā.
4. Genotipa ietekme uz koku augstumu un resnākāzara diametru ir būtiska: $\alpha=0.01$ silā un $\alpha=0.05$ damaksnī.
5. Stumbra taisnuma un zaru resnuma novērtējums ballēs 32 gadu vecumā nav saistīts ar audzes biežumu 6 gadu vecumā.

Literatūra

1. Abraitis, R., Eriksson, G. (1998) Analysis of unreplicated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenance trials. *Baltic Forestry*, 2: 63-68.
2. Baumanis, I., Gailis, A., Liepiņš, K. (2001) Latvijas priežu provenienču salīdzinājums. *Mežzinātne*, 44, 52.-66. lpp.
3. Baumanis, I., Gailis, A., Liepiņš, K. (2002) Priežu sēklu plantāciju pēcnācēju novērtējums. *Mežzinātne*, 45, 46.-59. lpp.
4. Bērziņš, I. (1974) Vainagusaslēgšanās gaita priežu kultūrās. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība: referātu krājums*, 1, 9.-12. lpp.
5. Burkes, E.C., Will, R.E., Barron-Gafford, G.A., Teskey, R.O., Shiver, B. (2003) Biomass Partitioning and Growth Efficiency of Intensively Managed *Pinus taeda* and *Pinus elliotii* Stands of Different Planting Densities. *Forest Science*, 2 (49), pp. 224-234.
6. Bušs, M. (1971) Vides faktori un to ietekme uz meža atjaunošanu. Grāmatā: *Meža kultūras*. Bušs, M., Mangalis, I. (red.) Rīga, Zvaigzne, 283.-302. lpp.
7. Bušs, K. (1976) *Latvijas PSR meža tipoloģijas pamati*. Rīga, LRZTIPI, 24 lpp.
8. Bušs, K. (1989) Egļu un priežu jaunaudžu vērtējums. *Mežsaimniecība un mežrūpniecība: referātu krājums*, 1 (129), 4.-8. lpp.
9. Gailis, J. (1971) Meža selekcija. Grāmatā: *Meža kultūras*. Bušs, M., Mangalis, I. (red.) Rīga, Zvaigzne, 49.-95. lpp.
10. Giertych, M. (1991) Provenance variation in growth and phenology. In: M. Giertych and Cs. Mátyás (Editors) *Genetics of Scots Pine*. Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo, ELSEVER, pp. 87-101.
11. Kronītis, J. (1972) *Mežkopja rokasgrāmata*, Rīga, Liesma, 254 lpp.
12. *Kvalitātes prasības krājas kopšanas ciršu izpildei a/s "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajos mežos*. (2001) A/s "Latvijas valsts meži" rīkojums Nr. 295, Rīga, 3 lpp.
13. Liepa, I. (1996) *Pieauguma mācība*. Jelgava, LLU, 123 lpp.
14. Mäkinen, H. (1999) Growth, suppression, death, and self-pruning of branches of Scots pine in southern and central Finland. *Can. J. For. Res.*, 5 (29), pp. 585-594.
15. Mangalis, I. (1981) *Meža kultūru biežums un tā noteikšana*. Jelgava, LLU, 27 lpp.
16. Mangalis, I. (2004) *Meža atjaunošana un ieaudzēšana*. Rīga, Et Cetera, 455 lpp.
17. Masson, E.G. (2005) A brief review of the impact of stand density on variables affecting radiata pine stand value: <http://www.fore.canterbury.ac.nz/euan/spacing/density3.htm> – Resurss aprakstīts 2006. gada 20. novembrī.
18. *Meža atjaunošanas noteikumi*. (2001) Rīga, LR Ministru kabinets, 5 lpp.

19. Miežītis, K. (1983) *Dažāda biezuma priedes kultūru pašizretināšanās un augšanas gaita*: diplomdarbs. Jelgava, LLU, 108 lpp.
20. Oleksyn, J., Reich, P.B., Chalupka, W., Tjoelker, M.G. (1999) Differential above- and below-ground biomass accumulation of European *Pinus sylvestris* populations in a 12-year-old provenance experiment. *Scand. J. For. Res.*, 14, pp. 7–17.
21. Oleksyn, J., Reich, P.B., Rachwal, L., Tjoelker, M.G., Karolewski, P. (2000) Variation in aboveground net primary production of diverse European *Pinus sylvestris* populations. *Trees*, 14, pp. 415–421.
22. Persson, A. (1994) How genotype and silviculture interact in forming timber properties. *Silva Fennica*, 28, pp. 275–282.
23. Ståhl, E. G., Persson, B., Prescher, F. (1990) Effect of provenance and spacing on stem straightness and number of stems with spike knots in *Pinus sylvestris* L. – Northern Sweden and countrywide models. *Studia Forestalia Suecica*, 184, 16 pp.
24. Varmola, M., Salminen, H. (2004) Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scand. J. For. Res.*, 2 (19), pp. 142–151.
25. Zālītis, P., Zālītis, T. (2002) Bērza jaunaudzū kopšana. *Mežzinātne*, 45, 3.-16. lpp.

Pateicība

Pētījums finansēts no ESF projekta „Atbalsts doktorantūras studijām un pēcdoktorantūras pētījumiem inženierzinātnēs, lauksaimniecības inženierzinātnēs un mežzinātnē” grantu JD18 līdzekļiem.

**Piemistrojuma ietekme uz ražības un stumbra kvalitātes
rādītājiem priedes, bērza un egles audzēs Latvijā:
Meža resursu monitoringa datu analīze
The Impact of Admixture on the Productivity and Stem Quality
Indices of Pine, Birch and Spruce Stands in Latvia:
Analysis of the Forest Resource Inventory Data**

Toms Zālītis

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”
Latvian State Forestry Research Institute „Silava”
e-mail: toms@silava.lv

Abstract. The data from Forest resource inventory provide an opportunity for the researchers to analyze different aspects of the structure of forests in Latvia. A total of 270 pine stands, 254 birch stands, and 111 spruce stands were selected to analyze the impact of admixture on the productivity and stem quality indices in these stands. The results suggest a negative correlation between the proportion of admixture and current annual increment. The admixture of spruce in birch stands does not improve the stem quality of the main stand. The stem quality in pine stands with spruce and birch admixture is lower than in pure pine stands.

Key words: Forest resource inventory, admixture, annual increment, stem quality.

Ievads

Priede, bērzs un egle ir ne vien izplatītākās, bet arī saimnieciski nozīmīgākās koku sugas Latvijā. Izstrādes apjomi 2003. gadā priedei bija 28%, bērzam – 26%, bet eglei – 24% no kopējā Latvijas mežos izcirstā krājas apjoma (Meža statistika, 2004). 2005. gadā skuju koku apaļkoksnes un zāgmateriālu eksports kopā veidoja 39%, bet bērza saplākšņa un finiera eksports – ~9% no meža nozares kopējā eksporta (Meža un kokapstrādes ..., 2006). Plaši un visu valsts teritoriju aptveroši priedes, bērza un egles audžu ražības un kvalitātes pētījumi līdz šim nav veikti galvenokārt nepieciešamo datu ievākšanas sarežģītības un augsto izmaksu dēļ.

2004. gadā uzsāktais Latvijas meža resursu monitorings, kas tiek veikts 5 gadu ciklā, pārklājot visu Latvijas teritoriju ar slēpto parauglaukumu tīklu, ļauj iegūt aktuālu informāciju par pašreizējo situāciju visos Latvijas mežos neatkarīgi no to īpašnieka. Šis projekts patlaban ir viena no Latvijas mežsaimniecības prioritātēm, un tā īstenošanā ieguldīti ievērojami finanšu līdzekļi, tādēļ iegūto informāciju ir svarīgi izmantot pēc iespējas pilnīgāk, veicot datu padziļinātu analīzi un tādējādi paaugstinot projekta zinātnisko vērtību.

2006. gadā ar Meža attīstības fonda finansiālu atbalstu tika īstenots „Pētījums par priedes, bērza un egles audžu ražības un stumbra kvalitātes

reģionālajām atšķirībām Latvijā uz meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu bāzes”. Tā mērķis bija iegūt objektīvu informāciju un padziļinātu izpratni par triju tautsaimnieciski nozīmīgāko koku sugu – priedes, bērza un egles – audžu ražības un kvalitātes reģionālajām atšķirībām Latvijas mērogā, kā arī, balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, nākotnē izstrādāt rekomendācijas efektīvākai mežsaimniecisko pasākumu plānošanai. Šā projekta ietvaros tika veikta arī piemistrojuma analīze priežu, bērzu un egļu audzēs ar mērķi noskaidrot, kā citu sugu piemistrojums ietekmē valdošās sugas koku ražību un stumbra kvalitāti.

Tiek uzskatīts, ka augsnes auglību mistraudzes izmanto labāk nekā tīraudzes, kā arī to uzlabo, mazāk cieš no nelabvēlīgiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem, tām ir lielāka kopējā biomasas produkcija un augstāka ainaviskā un rekreācijas vērtība (Meža enciklopēdija, 2003). Tomēr literatūrā atrodami arī gluži pretēji apgalvojumi. Piemēram, K. Bušs (Буш, 1989) uzskata, ka bērzs priežu audzēs nomāc priedi un pazemina tās rezistenci, turklāt būtiski samazina audžu krāju un kvalitāti. Arī P. Zālīša (Залитис, 1989) pētījums apliecina, ka priežu audzēm ar bērza piemistrojumu ir mazāks šķērslaukums un koksnes krāja nekā tāda paša vecuma priežu tīraudzēm. Pie ļoti līdzīga secinājuma nonākuši arī J. Bisenieks un M. Krastiņš (Бисениекс, Крастиньш, 1989).

Savukārt lietuviešu zinātnieki noskaidrojuši, ka mazauglīgos sausieņu augšanas apstākļu tipos bērza piemistrojums līdz 30% audzes kopējo krāju palielina par 14% (Danusevičius et al., 1991). Literatūrā bieži sastopams uzskats, ka egļu tīraudzes ir nenoturīgākas par mistraudzēm (Мелехов, 1980), taču atrodami arī pilnīgi pretēji dati. Lietuvā un Latvijā veiktie pētījumi pierāda, ka skujkoku tīraudzēs vēja noturība ir augstāka nekā mistraudzēs (Лабанаускас, 1973; Ērglis, Matuzānis, 1973; Ērglis, 1977). Arī K. Bušs un I. Ieviņš (1984) kategoriski noliedz bērza pozitīvo nozīmi egļu audzēs, norādot, ka bērza piemistrojums egļu audžu produktivitāti 60 gadu vecumā samazina par 8–10%. Analizējot bērza un apses mistraudzes, noskaidrots, ka tīraudzēs abas sugas aug ātrāk (Sacenieks, 1960).

Pētījuma mērķis bija noskaidrot, kā citu sugu piemistrojums ietekmē priedes, bērza un egles audžu ražību (šajā gadījumā uzmanību pievēršot tieši valdošās sugas krājas tekošajam pieaugumam) un stumbra kvalitāti.

Materiāls un metodes

Pētījumā izmantotie dati iegūti Latvijas meža resursu monitoringa ietvaros 2004. un 2005. gadā. Parauglaukumu uzmērīšana un visu audzes taksācijas rādītāju aprēķināšana veikta atbilstoši LR Zemkopības ministrijas apstiprinātai metodikai¹.

Kopējais parauglaukumu skaits – 5793, no tiem 2544 uzmērti 2004. gadā, un 3249 – 2005. gadā.

Kā audzes ražības rādītājs izmantots valdošās sugas pirmā stāva koku krājas tekošais vidēji periodiskais pieaugums ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{gadā}$ iepriekšējo 10 gadu periodā). Stumbra kvalitātes raksturošanai izvēlēts valdošās sugas pirmā stāva koku stumbra relatīvais bezzaru daļas garums (% no valdošās sugas koku vidējā augstuma).

Sadalījuma tipa pārbaude tika veikta ar Kolmogorova-Smirnova testu. Citu sugu piemistrojuma (% no mežaudzes kopējās krājas) ietekmes noteikšanai uz valdošās sugas ražību un kvalitāti kā atsevišķas paraugkopas tika analizētas tās priežu, bērzu un egļu audzes, kurās konstatēts kādas citas sugas piemistrojums līdz 50% no audzes I stāva kopējās krājas (priežu audzes ar egles piemistrojumu, priežu audzes ar bērza piemistrojumu, bērzu audzes ar egles piemistrojumu, bērzu audzes ar apses piemistrojumu, bērzu audzes ar melnalkšņa piemistrojumu, bērzu audzes ar baltalkšņa piemistrojumu un egļu audzes ar bērza piemistrojumu). Pārāk mazā novērojumu skaita dēļ šajā analizē netika iekļautas egļu audzes ar apses piemistrojumu, egļu

audzes ar melnalkšņa piemistrojumu un egļu audzes ar baltalkšņa piemistrojumu. Pavisam kopā tika analizētas 270 priežu audzes, 254 bērzu audzes un 111 egļu audzes.

Visos gadījumos atkarīgā skaitliskā pazīme (krājas tekošais pieaugums, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{gadā}$; stumbra relatīvais bezzaru daļas garums, %) atbilda normālajam sadalījumam, tādēļ analīzei izmantotas parametriskās metodes: lineārās regresijas analīze, lai noskaidrotu, vai starp valdošās sugas krājas tekošo pieaugumu (stumbra relatīvo bezzaru daļas garumu) un citas sugas piemistrojumu pastāv lineāra sakarība; un daudzfaktoru dispersijas analīze, lai noskaidrotu, kādu faktoru ietekme uz atkarīgo pazīmi ir būtiska, kā fiksētos faktorus norādot reģionu (rietumu, dienvidu, austrumu), audzes vecuma grupu (jaunaudzes, vidēja vecuma audzes, briedaudzes, pieaugušas un pāraugušas audzes), augšanas apstākļus (sausieņi, slapjaini, purvaini, āreņi, kūdreņi) un piemistrojuma klasi (1–15% – neliels, 16–30% – vidējs, 31–50% – liels).

Pētījuma vajadzībām Latvijas teritorija tika hipotētiski sadalīta trijos reģionos – rietumu, dienvidu un austrumu (dalījums daļēji sakrīt ar P. Zālīša un E. Špaltes priežu audžu ražības un kvalitātes pētījumā (2000) izmantoto valsts teritorijas sadalījumu pa līnijām Rīga-Bauska un Liepāja-Rēzekne). Mazākā meža resursu monitoringa ietvaros patlaban pieejamā dalījuma vienība ir administratīvais rajons. Rietumlatvijas reģiona ietvaros analizēti dati par Ventspils, Liepājas, Talsu, Kuldīgas, Tukuma, Saldus un Dobeles rajoniem. Dienvidlatvijas reģiona ietvaros analizēti dati par Jelgavas, Bauskas, Aizkraukles, Jēkabpils, Preiļu, Daugavpils, Rēzeknes, Ludzas un Krāslavas rajoniem. Austrumlatvijas reģiona ietvaros analizēti dati par Rīgas, Ogres, Limbažu, Valmieras, Valkas, Alūksnes, Cēsu, Gulbenes, Madonas un Balvu rajoniem (1. att.).

Rezultāti un diskusija

Piemistrojuma ietekme uz krājas tekošo pieaugumu

Lineārās regresijas analīzes rezultāti liecina, ka vairumā gadījumu starp audzes valdošās sugas krājas tekošo pieaugumu un citas sugas piemistrojumu pastāv būtiska (ja $\alpha=0.05$), bet vāja lineāra sakarība, un modelis izskaidro tikai nelielu daļu no rezultējošās pazīmes (krājas tekošā pieauguma) svārstībām. Izņēmums ir priežu audzes ar bērzu piemistrojumu un bērzu audzes ar apšu piemistrojumu, kurās lineārā sakarība starp analizētajiem lielumiem ir vidēji cieša un modelis izskaidro vairāk nekā 15%

¹ Meža statistiskās inventarizācijas un mežaudzes sekundāro parametru aprēķināšanas metodika. 2004. gads (nepublicēts).



1. att. Pētījumā izmantotais Latvijas teritorijas sadalījums reģionos.
Fig. 1. The regional division of the territory of Latvia used in the research.

1. tabula / Table 1

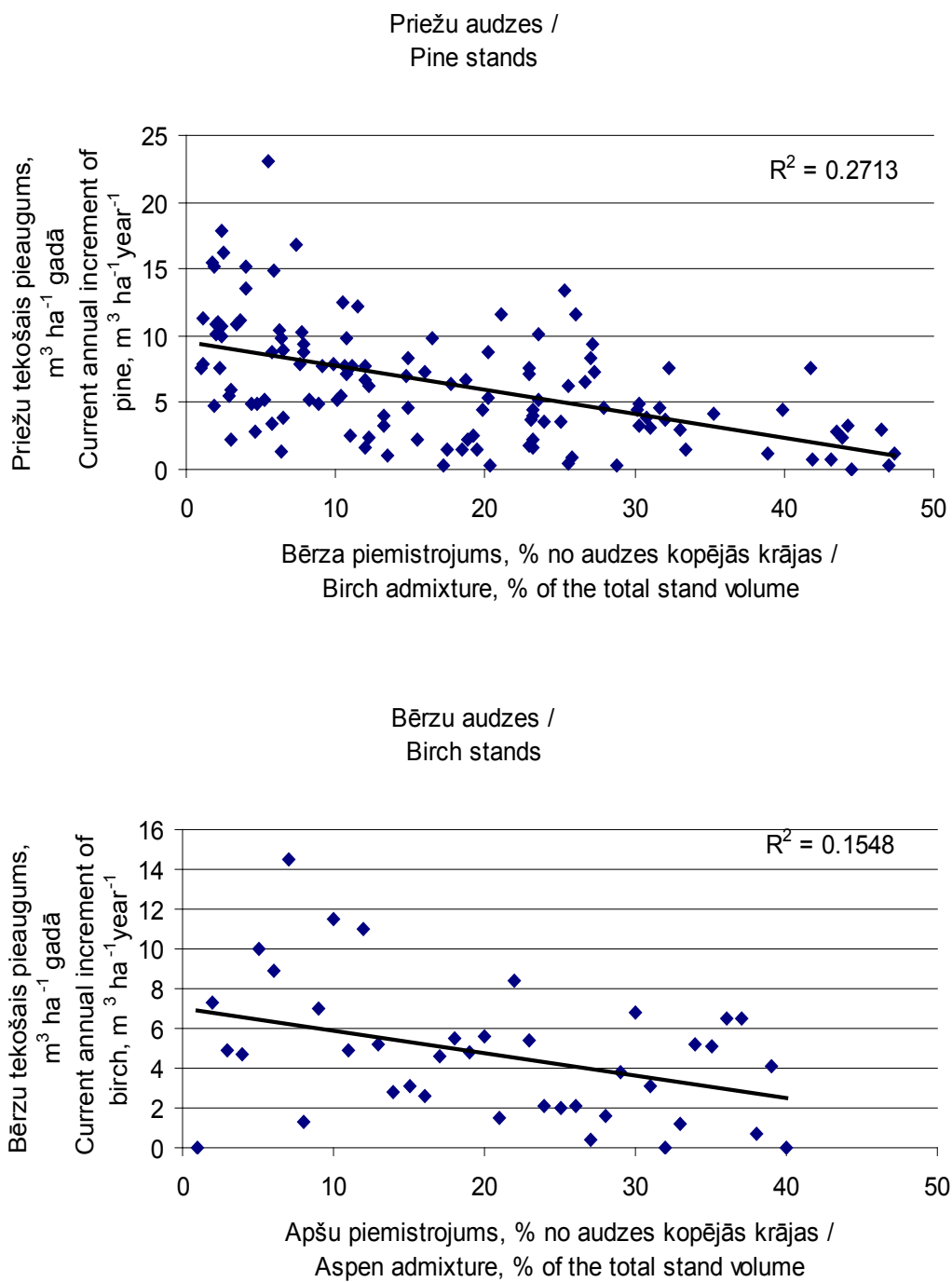
Regresijas rādītāji krājas tekošā pieauguma un citas sugas piemistrojuma sakarības analīzē
Regression indices of analysis of annual increment and admixture

Paraugkopa / Dataset	Korelācijas koeficients r / Correlation coefficient r	Determinācijas koeficients R^2 / Determination coefficient R^2	F-testa p -vērtība / p -value of F test
Priežu audzes, piemistrojumā egles** / Pine stands, spruce admixture	-0.293	0.085	0.0003
Priežu audzes, piemistrojumā bērzs* / Pine stands, birch admixture	-0.521	0.271	$4.764 \cdot 10^{-10}$
Bērzu audzes, piemistrojumā egles** / Birch stands, spruce admixture	-0.210	0.044	0.028
Bērzu audzes, piemistrojumā apse* / Birch stands, aspen admixture	-0.462	0.155	0.003
Bērzu audzes, piemistrojumā melnalksnis*** / Birch stands, black alder admixture	-0.137	0.019	0.273
Bērzu audzes, piemistrojumā baltalksnis*** / Birch stands, grey alder admixture	-0.249	0.062	0.126
Egļu audzes, piemistrojumā bērzs** / Spruce stands, birch admixture	-0.245	0.060	0.010

* – starp pazīmēm pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ pastāv vidēji cieša lineāra sakarība, modelis izskaidro vairāk par 15% no tekošā pieauguma izmaiņām / there is a moderately tight linear relationship between the features at the confidence level $\alpha=0.05$; the model explains more than 15% of the variation of the current annual increment

** – starp pazīmēm pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ pastāv vāja lineāra sakarība, modelis izskaidro mazāk par 10% no tekošā pieauguma izmaiņām / there is a weak linear relationship between the features at the confidence level $\alpha=0.05$; the model explains more than 15% of the variation of the current annual increment

*** – starp pazīmēm pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ nepastāv lineāra sakarība / no relationship exists at the confidence level $\alpha=0.05$



2. att. Lineārās regresijas grafisks attēlojums audzēs,
kurās starp pazīmēm pastāv vidēji cieša lineāra sakarība.

Fig. 2. Linear regression in stands with moderately tight linear relationship
between the features.

no rezultējošās pazīmes svārstībām, kā arī bērzu audzes ar melnalkšņa piemistrojumu un bērzu audzes ar baltalkšņa piemistrojumu, kurās lineāra sakarība pie dotā ticamības līmeņa vispār netika konstatēta (1. tabula, 2. att.).

Mūsu pētījuma rezultāti uzskatāmi ilustrē citu sugu piemistrojuma ietekmi uz valdošās sugas ražību – koksnes krājas tekošo pieaugumu. Piemistrojums visos gadījumos samazina galvenās sugas ražību – visi 1. tabulā ievietotie korelācijas koeficienti ir

2. tabula / Table 2

Daudzfaktoru dispersijas analīzes p-vērtības dažādu faktoru un to mijiedarbības ietekmes būtiskumam uz analizētajām audžu grupām
P-values of the MANOVA used to evaluate the significance of different factors and their interactions upon the analysed stand groups

	Reģions / Region	Vecums / Age	Auģšanas apstākļi / Site type	Piemis- trojums / Admixture	Reģions x vecums / Region x age	Reģions x auģšanas apstākļi / Region x site type	Reģions x piemistrojums / Region x admixture	Vecums x piemistrojums / Age x admixture	R ²
Priežu audzes, piemistrojumā egļu / Pine stands, spruce admixture	0.360	0.030*	0.005*	0.000*	0.179	0.155	0.736	0.001*	0.541
Priežu audzes, piemistrojumā bērzs / Pine stands, birch admixture	0.703	0.079**	0.564	0.000*	0.060**	0.082**	0.723	0.159	0.574
Bērzu audzes, piemistrojumā egļu / Birch stands, spruce admixture	0.212	0.022*	0.121	0.356	0.315	0.555	0.797	0.315	0.505
Bērzu audzes, piemistrojumā apse / Birch stands, aspen admixture	0.786	0.054**	0.554	0.455	–	0.999	0.284	–	0.689
Bērzu audzes, piemistrojumā melnsalksnis / Birch stands, black alder admixture	0.727	0.065**	0.849	0.723	0.922	0.430	0.278	0.551	0.752
Bērzu audzes, piemistrojumā baltalksnis / Birch stands, grey alder admixture	0.273	0.027*	0.333	0.108	0.761	0.052**	0.004*	0.099**	0.847
Egļu audzes, piemistrojumā bērzs / Spruce stands, birch admixture	0.618	0.060**	0.280	0.814	0.239	0.562	0.281	0.989	0.333

* – starpības starp reģioniem ir būtiskas pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ / the differences among regions are significant at the confidence level $\alpha=0.05$

** – starpības starp reģioniem ir būtiskas pie ticamības līmeņa $\alpha=0.1$ / the differences among regions are significant at the confidence level $\alpha=0.1$

ar negatīvu zīmi. Tas sakrīt ar P. Zālīša u.c. (2006) pētījumu rezultātiem, kuros secināts, ka egļu piemistrojums bērzu audzēs samazina bērzu krāju ($r = -0.16$), kaut arī palielina kokaudzes kopkrāju ($r = +0.23$). Tas liecina, ka, audzējot iepriekš plānotas vienas koku sugas vērtīgākos stumbra sortimentus, nevēlama ir jebkādu mistraudžu veidošana.

Daudzfaktoru dispersijas analīze, kurā kā valdošās sugas krājas tekošo pieaugumu ietekmējošie faktori iekļauti reģions, vecuma grupa, augšanas apstākļi un piemistrojuma klase, rāda, ka audzes vecums ir būtisks tekošo pieaugumu ietekmējošs faktors visās analizētajās audžu grupās, kaut arī dažās (priežu audzēs ar bērza piemistrojumu, bērzu audzēs ar apses un melnalkšņa piemistrojumu un egļu audzēs ar bērza piemistrojumu) pie zemāka ticamības līmeņa ($\alpha=0.1$). Piemistrojums kā atsevišķs būtisks faktors parādāstikai priežu audzēs (gan tajās, kur piemistrojumā ir egle, gan tajās, kur piemistrojumā ir bērzs). Priežu audzēs ar egles piemistrojumu būtiska ir arī augšanas apstākļu ietekme un vecuma un piemistrojuma mijiedarbības ietekme. Pie ticamības līmeņa $\alpha=0.1$ priežu audzēs ar bērza piemistrojumu būtiska ir reģiona un vecuma, reģiona un augšanas apstākļu mijiedarbības ietekme. Bērzu audzēs ar baltalkšņa piemistrojumu ir būtiska reģiona un piemistrojuma mijiedarbības ietekme, bet pie ticamības līmeņa $\alpha=0.05$ – arī reģiona un vecuma, vecuma un piemistrojuma ietekme (2. tabula).

Iegūtie rezultāti atkārtoti apliecina, ka citu sugu piemistrojums priežu audzēs negatīvi ietekmē priežu krājas tekošo pieaugumu. Jau agrāk noskaidrots, ka

bērzu piemistrojums priežu audzēs traucē priežu augšanu un samazina priežu krāju, sevišķi pieaugušās audzēs (Буш, 1989; Залитис, 1989; Бисениекс, Крастиныш, 1989). P. Zālītis un E. Špalte (1998) noskaidrojuši, ka egļu piemistrojums neizmaina priežu audžu kopkrāju ciršanas vecumā, taču samazina pirmās šķiras priežu zāģbaļķu apjomu. Arī lapu koku piemistrojuma ietekmi uz priežu zāģbaļķu apjomu zinātnieki novērtējuši kā būtiski negatīvu.

Piemistrojuma ietekme uz stumbra relatīvās bezzaru daļas garumu

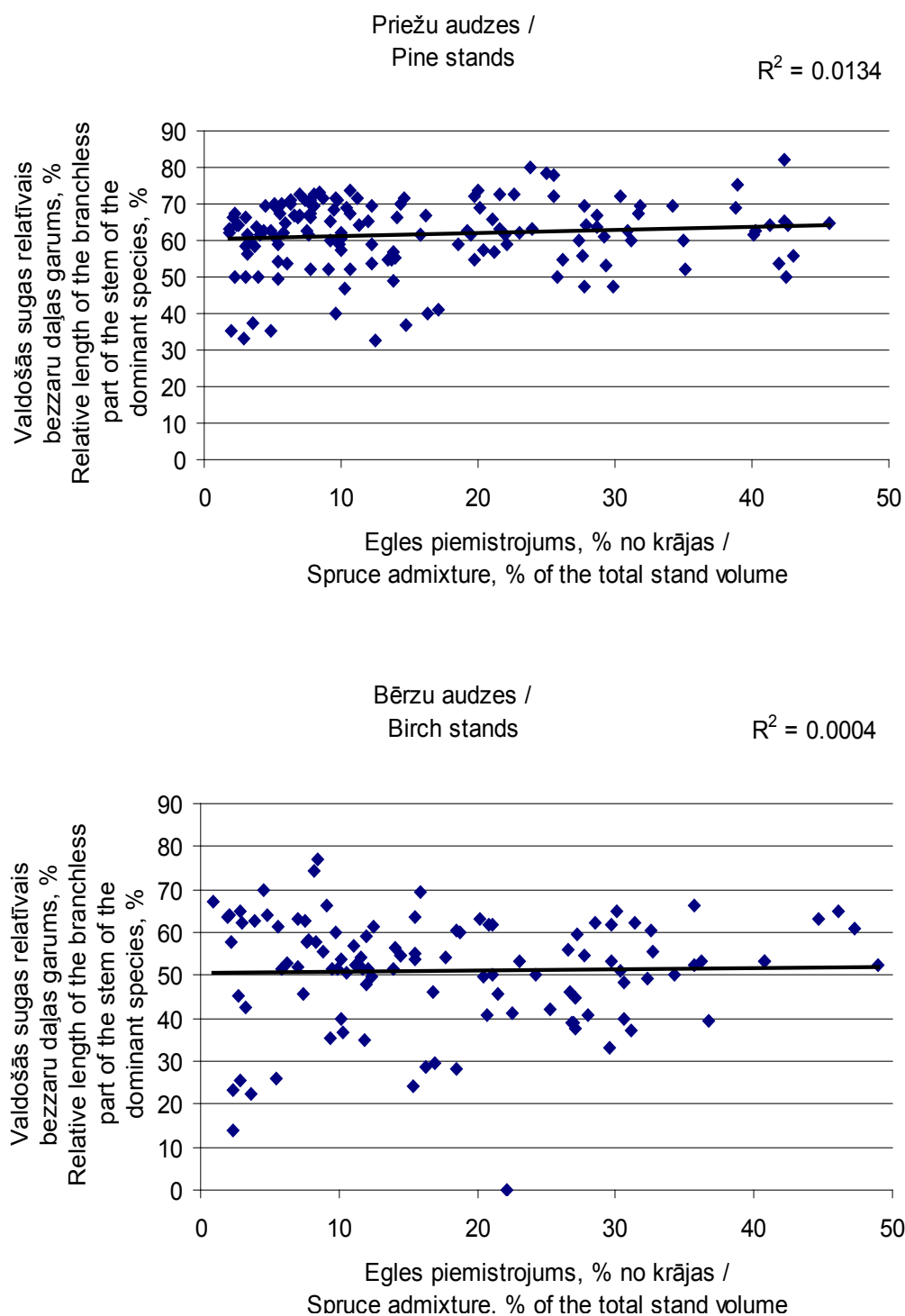
Lineārās regresijas analīzes rezultāti rāda, ka būtiska piemistrojuma ietekme uz valdošās sugas pirmā stāva koku relatīvās bezzaru daļas garumu nepastāv nevienā audžu grupā (3. tabula, 3. att.).

Mūsu pētījuma rezultāti tikai daļēji saskan ar iepriekš literatūrā publicēto. Ir noskaidrots, ka egļu piemistrojums neietekmē bērzu audžu kvalitāti (Zālītis u.c., 2002). Taču P. Zālītis un E. Špalte (2000) arī secinājuši, ka egles un lapu koku piemistrojums priežu audzēs samazina priežu vainagu garumu, tātad palielina stumbra relatīvo bezzaru daļas garumu. Turpat teikts, ka priežu vainaga garuma samazināšanās palielina sauszarainās stumbra daļas garumu, kas kokapstrādē uzskatāma par mazvērtīgāko. Lai gan var uzskatīt (tas hipotētiski pieņemts arī šajā pētījumā), ka lielāks relatīvais stumbra bezzaru daļas garums nozīmē arī relatīvi lielāku apaugušo zaru zonu, tomēr stumbra kvalitātes raksturošanai pareizāk būtu izmantot relatīvo stumbra daļas garumu līdz pirmajam sausajam zaram.

3. tabula / Table 3

Lineārās regresijas analīzes p-vērtības citu sugu piemistrojuma ietekmes būtiskumam uz stumbra relatīvās bezzaru daļas garumu dažādās audžu grupās
p-values of linear regression analysis used to determine the significance of other species' admixture on the relative length of the branchles stem in different stand groups

Paraugkopa / Dataset	Lineārās korelācijas koeficients r / Linear correlation coefficient r	Determinācijas koeficients R^2 / Determination coefficient R^2	F-testa p-vērtība / p-value of F-test
Priežu audzes, piemistrojumā egle / Pine stands, spruce admixture	0.085	0.007	0.311
Priežu audzes, piemistrojumā bērzs / Pine stands, birch admixture	0.000	$2.79 \cdot 10^{-8}$	0.999
Bērzu audzes, piemistrojumā egle / Birch stands, spruce admixture	0.041	0.002	0.671
Egļu audzes, piemistrojumā bērzs / Spruce stands, birch admixture	0.057	0.003	0.553



3. att. Lineārā korelācija starp egles piemistrojumu un valdošās sugas relatīvo bezzaru daļas garumu priežu un bērzu audzēs.

Fig. 3. Linear correlation between spruce admixture and relative length of the branchless part of the stem of the dominant species in pine and birch stands.

Secinājumi

1. Meža resursu monitoringa nodrošinātā statistiskā ticamā un aktuālā informācija dod iespēju veikt plašus mežaudžu ražības un kvalitātes pētījumus Latvijā.
2. Visās pētījumā analizētajās mežaudzēs pastāv negatīva korelācija starp piemistrojuma intensitāti un valdošās sugas krājas tekošo pieaugumu.
3. Egļu piemistrojums bērzu audzēs nepalielina bērzu stumbru relatīvo bezzaru daļas garumu.

Literatūra

1. Danusevičius, J., Gradeckas, A., Kirklys, A., Malinauskas, A. (1991) *Miško Želdinimas*. Vilnius, 351 pp.
2. Ērglis, D. (1977) 1967. un 1969. gadu vētru sekas Latvijas PSR valsts mežos. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība*, Nr. 4, 23.-35. lpp.
3. Ērglis, D., Matuzānis, J. (1973) Audžu noturība 1967. gada viesuļvētrā. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 15. laid., 53.-60. lpp.
4. *Meža enciklopēdija*. (2003) 1. sējums, red. J. Broks. Rīga, Zelta Grauds, 267 lpp.
5. Meža statistika 2004. Valsts Meža dienests. Pieejams: <http://www.vmd.gov.lv/index.php?sadala=421&id=238> – Resurss aprakstīts 26.11.2006.
6. *Meža un kokapstrādes industrijas sektoru tirgus ziņojums 2006*. Latvijas Republikas Zemkopības ministrija: <http://www.zm.gov.lv/?sadala=766> – Resurss aprakstīts 25.11.2006.
7. Sacenieks, R. (1960) Kā veidot bērzu-apšu mītraudzes. *Jaunākais mežsaimniecībā*, 1. laid., 14.-21. lpp.
8. Zālītis, P., Lībiete, Z., Zālītis, T. (2006) Mērķtiecīgi izveidoto mežaudžu augšanas gaita un strukturēšanās. *Mežzinātne*, 16(49), 9.-30. lpp.
9. Zālītis, P., Špalte, E. (1998) Latvijas priežu audžu kvalitāte ciršanas vecumā. *Mežzinātne*, 8(41), 128.-143. lpp.
10. Zālītis, P., Špalte, E. (2000) Priedes kokaudžu krāja un stumbra koksnes kvalitāte ciršanas vecumā. *Mežzinātne*, 10(43), 11.-28. lpp.
11. Zālītis, P., Špalte, E., Liepiņš, K. (2002) Augstvērtīgu bērzu audžu diagnostika, ģenētisko un ekoloģisko faktoru, kā arī mežsaimniecisko pasākumu ietekmes noteikšana pēc bērzu stumbru kvalitātes rādītājiem. *Mežzinātne*, 12(45), 17.-45. lpp.
12. Бисениекс, Я.П., Крастиньш, М.А. (1989) Продуктивность сосново-березовых древостоев. В кн.: Буш, К.К. (ред.) *Береза в сосняках*. Зинатне, Рига, с. 40-45.
13. Буш, К.К. (1989) Экология и типология сосновых лесов. В кн.: Буш, К.К. (ред.) *Береза в сосняках*. Зинатне, Рига, с. 7-28.
14. Буш, К.К., Иевинь, И.К. (1984) *Экологические и технологические основы рубок ухода*. Рига, Зинатне, 172 с.
15. Залитис, П.П. (1989) Гидрологический режим и продуктивность чистых сосновых и смешанных березово-сосновых лесов. В кн.: Буш, К.К. (ред.) *Береза в сосняках*. Зинатне, Рига, с. 29-39.
16. Лабанаускас, Б. (1973) *Создание ветроустойчивых лесонасаждений*. Каунас, ЛитНИИЛХ, 20 с.
17. Мелехов, И.С. (1980) *Лесоведение*. М.: изд-во „Лесная промышленность”, 406 с.

Skujkoku zāģbaļķu raukums Latvijā Taper of Coniferous Saw Logs in Latvia

Imants Liepa, Andris Drēska, Valērijs Grunda, Leonards Līpiņš, Gatis Roga, Ziedonis Sarmulis

LLU Meža fakultāte

Forest Faculty, LLU

e-mail: Imants.Liepa@llu.lv

Abstract. Taper of pine and spruce saw logs is investigated in four regions in Latvia (NW, SW, NE, and SE). Conclusions are based on the measurements of 2017 pine and 903 spruce saw logs. Taper is the decrease in diameter of a log towards the top-end and is one of the main multipliers for calculation of log volume. Analysis of variance shows no differences among Latvia regions in terms of the taper. Taper values of coniferous trees all over the territory of this country are substantially dependent on the top-end diameter d_t and length L of a saw log and its location in a tree stem. In accordance with log location in stem, six taper groups are subdivided: Ps(r) – taper of pine butt-end saw logs; Ps(v) – taper of pine middle part saw logs; Ps(g) – taper of pine top part saw logs; Es(r) – taper of spruce butt-end saw logs; Es(v) – taper of spruce middle part saw logs; and Es(g) – taper of spruce top part saw logs. The taper equation (2) has been developed common for all groups (Table 2). The part of taper dispersion which is not explained with regression can be translated as essential influence of tree growth conditions diversity (forest type, site index, stocking, dendrometric, edaphic and phytocoenotic features) in forest stands. The averaged values (arithmetic mean $\pm$ standard error) of taper groups are Ps(r) = 1.0838 ± 0.0202 ; Ps(v) = 0.7521 ± 0.0080 ; Ps(g) = 1.2038 ± 0.0164 ; Es(r) = 1.1272 ± 0.0343 ; Es(v) = 1.0024 ± 0.0186 ; and Es(g) = 1.1236 ± 0.0256 . Constraints for equation (2) are $10.0 \leq d_t \leq 45.0$ cm and $3.0 \leq L \leq 6.0$ m.

Key words: coniferous saw logs, taper, influence factors.

Ievads

Zāģbaļķa raukums ir caurmēra samazināšanās virzienā no tā resgaļa uz tievgali. Parasti raukumu izsaka, rēķinot to uz baļķa garuma vienu metru, proti, $\text{cm} \cdot \text{m}^{-1}$. Raukums kvantitatīvi raksturo zāģbaļķu formu, tāpēc to izmanto apaļo sortimentu tilpuma noteikšanā, kas kokmateriālu sagatavošanā un tirdzniecībā ir absolūti nepieciešams nosacījums. Raukuma vērtības ir atkarīgas no daudziem faktoriem, kuri katrā atsevišķā valstī vai pat tās reģionā izpaužas atšķirīgi. Tāpēc zāģbaļķu tilpuma aprēķināšanas noteiktas precizitātes līmenī nav iespējama viena kopēja modeļa (formulas vai tabulu) lietošana. Pēc iestāšanās Eiropas Savienībā Latvijā aktuāls kļuvis uzdevums pēc iespējas ātrāk izstrādāt mūsu valsts mežu augšanas apstākļiem un ES prasībām atbilstošu sortimentu tilpuma noteikšanas algoritmu.

Kaut arī koku stumbru formas pētījumi turpinās daudzus gadu desmitus (Тюрин, 1938; Edwards, 1998), vēl joprojām pastāv virkne neskaidrību atšķirīgās interpretācijās. Meža taksācijas teorija un prakse liecina, ka izšķiroša ir ģeogrāfisko apstākļu un koku sugas nozīme (Анучин, 1982), bet līdzīgos

ģeogrāfiskos nosacījumos katrā koku sugai zāģbaļķu raukumu nosaka stumbra forma (Sarma, 1948) un līdz ar to zāģbaļķa vieta koka stumbrā (Sarmulis, Līpiņš, 2002), stumbra formas koeficients q_2 (Матвеев-Мотин, 1960), koka vecums (Кофман, 1986), sortimenta garums un caurmērs (Анучин, 1982). Turklāt daudzos pētījumos ir secināts, ka stumbru un zāģbaļķu raukumu ietekmē audzes mistrojums (Ozoliņš, 1974), bonitāte, biežība un meža augšanas apstākļu tips (Mangalis, 2004). Cik lielā mērā un kā šie faktori ietekmē zāģbaļķu raukumu, nav viennozīmīgi noskaidrots. Taču zāģbaļķu raukuma matemātiskā modeļa veida un argumentu izvēle nav iedomājama bez tā. Turklāt zāģbaļķu raukuma formulu vai tabulu praktiskās pielietojamības aspektā ir ļoti svarīgi, lai argumenti būtu ērti identificējami un uzmērāmi apaļo kokmateriālu krautuvēs, kur zāģbaļķu krāvuma specifika dēļ ir būtiski apgrūtināta attiecīgo parametru, piem., baļķa vidus caurmēra pieejamība. Jāuzsver, ka arī audzes taksācijas rādītāji nav piemēroti, jo informācijas par tiem krautuvēs nav. Šī publikācija izvērtē mūsu pētījumu rezultātus priedes un egles zāģbaļķu raukuma modeļu izstrādē.

Materiāls un metodika

Lai izsekotu skujkoku zāģbaļķu raukuma atšķirībām ģeogrāfiskā aspektā, Latvijas teritorijā izdalīti 4 pētnieciskie reģioni: ziemeļrietumu (ZR), dienvidrietumu (DR), ziemeļaustrumu (ZA) un dienvidaustrumu (DA). Reģionu nosacītās robežas rietumu–austrumu virzienā ir Kuldīga–Ogre–Madona un ziemeļu–dienvidu virzienā – Rīga–Bauska. Reģionu robežas pēc iespējas virzītas pa administratīvo rajonu robežām. Tādējādi ZR reģionā ietilpst Ventspils, Talsu, Tukuma rajons un Rīgas rajona rietumu daļa, DR reģionā – Liepājas, Saldus, Kuldīgas, Dobeles, Jelgavas un Bauskas rajons, ZA reģionā – Limbažu, Valmieras, Valkas, Cēsu, Gulbenes, Alūksnes, Balvu rajons un Rīgas rajona austrumu daļa, DA reģionā – Ogres, Aizkraukles, Madonas, Jēkabpils, Rēzeknes, Ludzas, Preiļu, Daugavpils un Krāslavas rajons. Zāģbaļķi individuāli uzmērīti katra reģiona lielākajās zāģētavās.

Ievērojot Latvijas nacionālā standarta (Apaļo kokmateriālu ..., 2003) prasības, katram zāģbaļķim uzmērīts: garums, tā vērtību noapaļojot ar precizitāti līdz vienam decimetram; resgaļa un tievgaļa caurmērs, katrs ar mizu un bez tās divos savstarpēji perpendikulāros virzienos 5–15 cm attālumā no zāģbaļķa galiem vai to nepiemērotības gadījumā tieši griezumā plaknēs. Stumbru resgaļa daļas zāģbaļķiem izteiktā blīvuma dēļ resgaļa caurmērs mērīts 0.5 m vai 1.0 m attālumā no resgaļa griezuma. Caurmērs mērīts ar 1 mm precizitāti. Atkarībā no zāģbaļķu ieguves vietas koka stumbrā tie šķiroti 3 grupās: resgaļa, vidusdaļas un galotnes zāģbaļķos.

Uzmērīto 2017 priedes un 903 egles zāģbaļķu raksturojums redzams 1. un 2. tabulā.

Lai empīriskais materiāls iespējami labāk reprezentētu zāģbaļķu plūsmas reālo struktūru Latvijā, katrā krautuvē tie uzmērīti piegādes secībā. Tādējādi resgaļa zāģbaļķi priedei veido 35.5% un eglei – 27.5%, stumbra vidusdaļas zāģbaļķi priedei veido 50.8% un eglei – 57.2%, galotnes daļas zāģbaļķi priedei – 13.7% un eglei – 15.3%. Savukārt sadalījums pa reģioniem ir šāds: ZR – priedei 23.4% un eglei 17.0%, DR – priedei 8.8% un eglei 46.3%, ZA – priedei 52.9% un eglei 21.4%, DA – priedei 14.9% un eglei 15.3%. Pavisam uzmērīti 2920 zāģbaļķi, no kuriem 2017 ir priedes (69.1%) un 903 egles (30.9%).

Iegūtā informācija tievgaļa caurmēra intervālā $5.4 \leq d_t \leq 54.8$ cm pārstāv praktiski visu garumu zāģbaļķus, sākot ar 3.0 m un beidzot ar 6.6 m. Jāatzīmē, ka zāģbaļķi, kuru $L \geq 4.0$ m, uzmērīti vairākās mērīšanas vietās – ik pēc 2.0 m, sākot no resgaļa griezuma. Tas ievērojami palielina empīriskās informācijas apjomu un izskaidro, kāpēc 1. un 2. tabulā uzrādītais novērojumu skaits ir atšķirīgs no 3. tabulā minētā.

Atbilstoši nacionālajam standartam LVS 82: 2003 (Apaļo kokmateriālu ..., 2003) katra zāģbaļķa raukums aprēķināts pēc formulas (1):

$$s = \frac{d_r - d_t}{L}, \quad (1)$$

kur s – raukums, $\text{cm} \cdot \text{m}^{-1}$;

d_r – resgaļa caurmērs bez mizas, cm ;

d_t – tievgaļa caurmērs bez mizas, cm ;

L – garums, m .

Empīriskā materiāla matemātiskajā apstrādē lietotas grafiskās un analītiskās metodes (korelācijas, dispersijas un regresijas analīzes) (Zar, 1999; Liepa, 1974), izmantojot datorprogrammas „MS Excel” iespējas (Arhipova, Bāliņa, 2003).

Rezultāti un diskusija

Ievāktā materiāla (1. un 2. tabula) grafiskā analīze rāda, ka starp zāģbaļķu raukumu un tievgaļa caurmēru pastāv lineāra atkarība. Vairumā gadījumu tā ir vāja vai vidēji cieša, taču statistiski būtiska. Acīmredzot izteiktā fona ietekme ir izskaidrojama ar to, ka uzmērītie zāģbaļķi sagatavoti audzēs ar ļoti atšķirīgiem fitocenotiskajiem (audzes veids, mistrojums, bonitāte, biežība) un edafiskajiem (meža augšanas apstākļu tips) apstākļiem, apsaimniekošanas intensitāti (kopšanas cirtes) un koku vecumu. Minētās korelācijas dēļ turpmāk dažādos griezumos salīdzināta tieši šī atkarība un nevis zāģbaļķu atsevišķu grupu raukuma vidējās vērtības (1. att.). Šajā piemērā atkarības determinācijas koeficients $r^2 = 0.4623$ izsaka 46.2% lielu tievgaļa caurmēra tiešu ietekmi uz 3 m garu priedes resgaļa zāģbaļķu raukuma izkliedi. Korelācija ir būtiska, jo $r = 0.680$ un $> r_{0.05; 49} = 0.280$.

Ģeogrāfiskās atkarības skaidrošanai visu četru reģionu dažādu grupu zāģbaļķu raukuma vērtības atlikta kopējā koordinātu sistēmā. Visos gadījumos empīriskie punkti veido kopīgu diagrammu, kurā atsevišķi reģioni nav izdalāmi. Tāpēc priedes un egles zāģbaļķu raukuma kontekstā Latvijas teritorija reģionos nav dalāma.

Skujkoku stumbru forma (Sarma, 1948) nosaka, ka raukuma ziņā tā resgaļa, vidusdaļas un galotnes daļas zāģbaļķi veido trīs būtiski atšķirīgas grupas, un tām jāizstrādā diferencēti raukuma modeļi. Tāpēc skujkoku zāģbaļķu daudzveidību Latvijā (1. un 2. tabula) iespējams reducēt uz sešām būtiski atšķirīgām grupām, katrai koku sugai pa trim (resgaļa, vidusdaļas un galotnes daļas zāģbaļķi): priedes resgaļa zāģbaļķi – raukuma apzīmējums $Ps(r)$; priedes vidusdaļas zāģbaļķi $Ps(v)$; priedes galotnes daļas zāģbaļķi $Ps(g)$; egles resgaļa zāģbaļķi $Es(r)$; egles vidusdaļas zāģbaļķi $Es(v)$; egles galotnes daļas zāģbaļķi $Es(g)$. Ar grafisko analīzi konstatēts, ka šo grupu ietvaros

1. tabula / Table 1

Priedes zāģbaļķu raksturojums
Description of pine saw logs

Reģions / Region	Vieta stumburā / Location at stem	Zāģbaļķu garums L, m / Length of a log, m	Zāģbaļķu skaits, n / Number of logs, n	Intervāls, cm / Interval, cm $\min < d_i < \max$
ZR / NW	Resgalis / Butt-end	3.0	87	10.8-42.4
		3.6	4	27.5-41.5
		4.0	46	21.4-38.5
		4.2	8	16.7-24.7
		4.6	12	14.6-25.5
		4.8	3	23.6-34.5
		5.0	45	12.5-39.3
		5.2	4	17.0-32.8
		6.0	8	28.0-33.8
			217	10.8-42.4
	Vidusdaļa / Middle part	3.0	19	24.6-36.8
		3.6	18	15.8-39.4
		4.0	87	10.4-35.5
		4.2	13	14.8-28.5
		4.6	47	15.7-26.3
		4.8	11	17.0-35.1
		5.0	8	10.4-24.9
		5.2	9	10.0-16.3
		6.0	27	18.2-36.5
			239	10.0-39.4
	Galotne / Top part	4.0	10	10.6-21.7
		4.6	5	15.4-19.8
			15	10.6-21.7
Kopā / Total			471	10.0-42.4
DR / SW	Resgalis / Butt-end	3.0	3	25.0-28.2
		3.6	17	16.5-30.7
		4.0	20	22.7-28.1
		4.8	13	19.9-38.8
		5.0	4	17.3-31.5
			57	16.5-38.8
	Vidusdaļa / Middle part	3.6	51	11.1-22.9
		4.0	16	18.1-26.1
		4.2	8	18.9-26.1
		4.8	23	18.9-36.7
		5.0	6	15.0-33.5
		6.0	10	19.7-21.8
			114	11.1-36.7
	Galotne / Top part	3.6	4	11.1-19.7
		4.0	2	10.0-11.9
			6	10.0-19.7
Kopā / Total			177	10.0-38.8

1. tabulas turpinājums / Table 1 continued

ZA / NE	Resgalis / Butt-end	3.0	43	17.0-39.2
		3.6	52	19.5-42.9
		4.0	77	15.8-35.6
		4.8	56	14.0-41.1
		5.0	52	16.6-43.3
		6.0	50	24.5-40.2
			330	14.0-43.3
	Vidusdaļa / Middle part	3.0	2	19.2-20.0
		3.6	67	15.8-39.4
		4.0	157	10.7-35.4
		4.2	79	13.2-24.9
		4.6	2	14.7-21.0
		4.8	73	14.2-36.2
		5.0	18	12.2-26.7
		6.0	76	17.2-36.2
		6.5	26	18.2-29.9
			500	10.7-39.4
	Galotne / Top part	3.6	51	12.2-21.7
		4.0	53	9.9-20.4
		4.2	11	14.2-18.8
		4.8	73	9.8-20.4
		6.0	50	16.4-28.9
			238	9.8-28.9
Kopā / Total			1068	9.9-43.3
DA SE	Resgalis / Butt-end	3.0	29	16.6-46.8
		3.6	25	15.2-23.9
		4.0	2	11.1-28.6
		4.8	49	17.6-31.2
		5.0	3	19.1-19.4
		5.5	2	10.9-11.8
		6.0	2	21.5-32.0
			112	10.9-46.8
	Vidusdaļa / Middle part	3.0	13	28.6-42.8
		3.6	59	15.2-33.4
		4.0	4	13.0-23.6
		4.2	11	24.7-32.3
		4.8	59	17.5-31.2
		5.0	19	12.7-30.5
		5.5	6	10.0-16.3
			171	10.0-42.8
	Galotne / Top part	5.0	10	17.1-20.7
		5.5	8	9.4-14.6
			18	9.4-20.7
Kopā / Total			301	9.4-46.8
Pavisam / In all			2017	9.4-46.8

Egles zāģbaļķu raksturojums
Description of spruce saw logs

Reģions / Region	Vieta stumburā / Location at stem	Zāģbaļķu garums L, m / Length of a log, m	Zāģbaļķu skaits, n / Number of logs, n	Intervāls, cm / Interval, cm $\min < d_t < \max$
ZR / NW	Resgalis / Butt-end	3.6	2	19.2-23.4
		4.2	11	17.3-29.2
		4.8	33	20.5-52.8
		5.1	5	24.4-41.7
			51	17.3-52.8
	Vidusdaļa / Middle part	3.6	4	16.7-20.7
		4.2	22	16.6-37.6
		4.8	61	18.0-48.1
		5.1	3	19.4-47.8
		5.4	8	32.0-45.9
			98	16.6-48.1
	Galotne / Top end	4.8	4	17.3-24.2
Kopā / Total		153	16.6-52.8	
DR / SW	Resgalis / Butt-end	3.0	35	13.4-45.9
		4.8	35	16.9-38.6
		5.1	5	22.1-36.9
		5.4	30	17.3-33.4
		6.6	14	12.7-34.5
			119	12.7-45.9
	Vidusdaļa / Middle part	3.9	27	11.8-42.0
		4.5	5	13.4-20.2
		4.8	76	15.7-39.4
		5.1	11	22.0-33.5
		5.4	48	16.7-37.6
		5.7	5	22.0-36.4
		6.0	15	13.7-34.6
			187	11.8-42.0
	Galotne / Top end	3.9	27	7.3-20.1
		4.2	12	5.4-16.4
		4.5	6	6.2-12.8
		4.8	23	9.9-21.5
		5.1	3	17.3-23.3
		5.4	32	10.8-25.6
		5.7	4	20.6-24.0
		6.0	6	9.8-15.3
			113	5.4-25.6
Kopā / Total		417	5.4-45.9	

2. tabulas turpinājums / Table 2 continued

ZA / NE	Resgalis / Butt-end	3.6	11	11.0-41.8
		4.2	5	12.5-17.5
		4.8	11	12.7-24.6
		5.1	5	13.0-17.4
		6.0	11	11.5-47.3
			43	11.0-47.3
	Vidusdaļa / Middle part	3.0	20	15.2-43.8
		3.6	12	11.3-27.4
		4.2	11	14.7-17.8
		4.5	4	14.8-16.4
		4.8	32	15.0-21.3
		5.1	27	15.1-21.0
		6.0	13	19.8-26.0
		6.6	11	30.2-40.4
			130	11.3-43.8
	Galotne / Top part	3.6	10	16.4-19.4
		6.0	10	10.8-14.9
			20	10.8-19.4
Kopā / Total			193	10.8-47.3
DA / SE	Resgalis / Butt-end	3.6	25	19.6-39.7
		4.8	6	22.2-28.2
		6.6	4	30.0-39.0
			35	19.6-39.7
	Vidusdaļa / Middle part	3.6	61	17.5-33.3
		3.9	11	18.2-21.2
		4.2	15	21.5-44.3
		4.8	10	37.0-54.8
		6.6	5	30.0-33.5
			102	17.5-54.8
	Galotne / Top part	3.6	1	18.5
	Kopā / Total			138
Pavisam / In all			903	5.4-54.8

starp raukumu un zāģbaļķu garumu pastāv atšķirīga atkarība. Vairumā gadījumu tā nav būtiska (egles resgaļa, vidusdaļas un galotnes daļas, kā arī priedes galotnes daļas zāģbaļķi) vai arī ir lineāra (priedes vidusdaļas zāģbaļķi). Izņēmums ir priedes resgaļa zāģbaļķi, kuriem šī atkarība ir nelineāra.

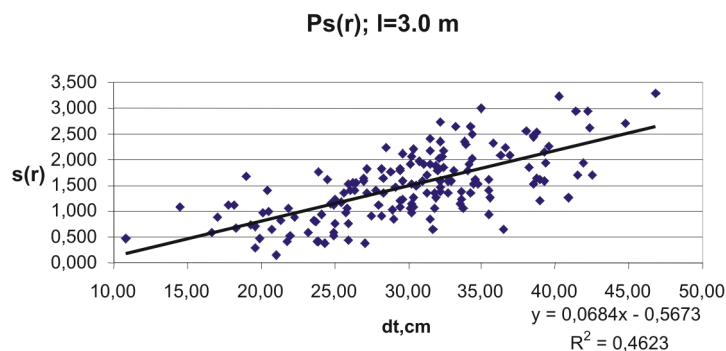
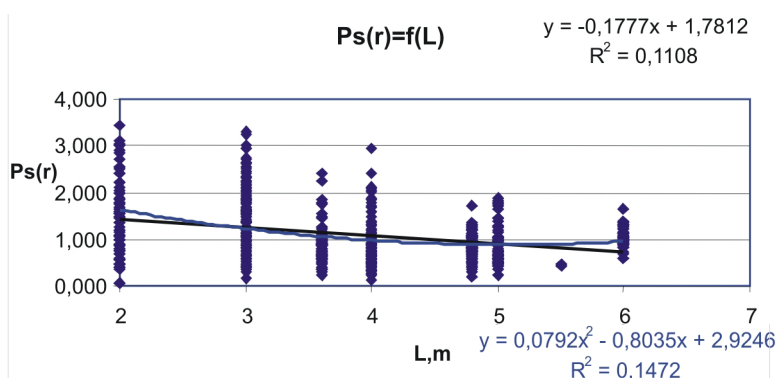
2. attēlā redzams, ka 716 zāģbaļķu raukuma vērtību izkliedi taisnes vienādojums izskaidro tikai 11.1% apjomā, turpretī nelineārais vienādojums – 14.7% apjomā. Arī tas nav daudz, taču sakarā ar ievērojamo novērojumu skaitu šī atkarība ir būtiska un to nedrīkst ignorēt.

Visu grupu zāģbaļķu raukums aprakstāms ar kopēju vienādojumu:

$$s = a + b_1 d_t + b_2 L + b_3 L^2, \quad (2)$$

kur apzīmējumi s , d_t un L ir kā formulā (1), bet raukuma kvantitatīvās atšķirības noteicošās regresijas koeficientu skaitliskās vērtības, kas aprēķinātas pēc mazāko kvadrātu metodes, dotas 3. tabulā. Vienādojuma (2) lietošanas ierobežojumi: $10.0 \leq d_t \leq 45.0$ cm un $2.0 \leq L \leq 6.0$ m.

Regresijas koeficientu būtiskums raksturots ar p vērtību metodi (attiecīgais koeficients ir statistiski

1. att. Priedes resgaļa zāģbaļķu raukuma $Ps(r)$ atkarība no tievgaļa caurmēra, cm.Fig. 1. Taper $Ps(r)$ of pine butt logs as function of top-end diameter, cm.2. att. Priedes resgaļa zāģbaļķu raukuma $Ps(r)$ atkarība no sortimenta garuma.Fig. 2. Taper $Ps(r)$ of pine butt logs as function of log length, m.

būtisks, ja atbilstošā p vērtība <0.05). Savukārt korelācijas koeficients R kalpo visa regresijas vienādojuma (2) būtiskuma pārbaudei, izmantojot atziņu, ka vienādojums ir būtisks, ja tā konkrētais $R > R_{n-k}$, kur k ir dotā vienādojuma locekļu skaits. No šādas salīdzināšanas (3. tabula) izriet, ka visās sešās raukuma grupās vienādojums (2) ir būtisks. Tomēr jāuzsver izteiktā fona ietekme, kas visās raukuma grupās ir lielāka nekā ar regresiju izskaidrojamā. Tas apliecina koku augšanas fitocenotisko un edafisko atšķirību izšķirošo nozīmi stumbru formas veidošanās procesā un līdz ar to arī zāģbaļķu raukumā. Relatīvi vājāk tā ietekmē priedes un egles resgaļa zāģbaļķus (attiecīgi 58.2 un 68.2%). Pārējās raukuma grupās šī ietekme ir ievērojami lielāka. Praktiski tas nozīmē, ka, ja atsevišķu zāģbaļķu raukuma noteikšanas nosacījumi pieļauj šāda lieluma kļūdu, raukuma grupas var apvienot vai vienādojumu (2) var aizstāt ar katras grupas vidējā aritmētiskā vērtību. Grupu vidējie rādītāji un to standartkļūdas ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$): $Ps(r) = 1.0838 \pm 0.0202$; $Ps(v) = 0.7521 \pm 0.0080$; $Ps(g) = 1.2038 \pm 0.0164$; $Es(r) = 1.1272 \pm 0.0343$; $Es(v) = 1.0024 \pm 0.0186$; $Es(g) = 1.1236 \pm 0.0256$.

Secinājumi

1. Latvijas ZR, DR, ZA un DA reģionu kokmateriālu pārstrādes lielāko uzņēmumu krautuvēs uzmērīto 2017 priedes un 903 egles zāģbaļķu datu statistiskā analīze liecina, ka abu koku sugu zāģbaļķu raukums nav atkarīgs no kokmateriālu sagatavošanas vietas. Ģeogrāfisko atšķirību ietekme ir kopējā fona līmenī, kuru nosaka koku augšanas fitocenotiskie un edafiskie apstākļi, kas visā Latvijas teritorijā ir līdzīgi.
2. Abu koku sugu zāģmateriālu raukums ir būtiski atkarīgs no stumbra daļas (resgalis, vidusdaļa, galotnes daļa), no kuras tie izzāģēti. Tādēļ raukuma vienādojuma (2) raksturlielumi (3. tabula) aprēķināti diferencēti pa šādām grupām: $Ps(r)$ – priedes resgaļa, $Ps(v)$ – priedes vidusdaļas, $Ps(g)$ – priedes galotnes daļas, $Es(r)$ – egles resgaļa, $Es(v)$ – egles vidusdaļas un $Es(g)$ – galotnes daļas zāģbaļķi.
3. Katras grupas ietvaros raukumu būtiski ietekmē zāģbaļķu tievgaļa caurmērs d_t un garums L . Starp raukumu un d_t visās grupās pastāv lineāra pozitīva korelācija. Atkarība starp raukumu un L ir daudzveidīgāka: $Ps(r)$ grupā tā ir nelineāra, bet pārējās grupās – lineāra vai nav būtiska. Visu

Vienādojuma (2) raksturojums zāģbaļķu grupās
Description of equation (2) of taper groups

Parametrs / Parameter	Raukuma grupas / Taper groups					
	Ps(r)	Ps(v)	Ps(g)	Es(r)	Es(v)	Es(g)
a	1.0462	0.5563	0.5239	-0.2654	-0.0179	0.6268
s_a	0.1998	0.0774	0.1978	0.2705	0.1681	0.2796
p vērtība	2.1E-07	9.0E-13	0.0084	0.3275	0.9151	0.0258
$b_1 (d_t)$	0.04974	0.00518	0.02367	0.04148	0.02828	-0.0019
s_{b1}	0.0025	0.0016	0.00529	0.0038	0.00245	0.00583
p vērtība	2.9E-70	0.00094	9.6E-06	1.3E-23	4.2E-29	0.7445
$b_2 (L)$	-0.5387	0.06286	0.11875	0.15957	0.21503	0.3329
s_{b2}	0.0926	0.0377	0.0828	0.1271	0.0903	0.1450
p vērtība	8.6E-09	0.0953	0.1510	0.2103	0.0175	0.0225
$b_3 (L^2)$	0.04917	0.010	-0.0103	-0.0174	-0.02923	-0.0437
s_{b3}	0.0115	0.0051	0.0110	0.0154	0.0122	0.0194
p vērtība	2.3E-05	0.0514	0.3498	0.2607	0.0171	0.0249
R^2	0.4182	0.0081	0.0642	0.3131	0.1184	0.0245
R	0.647	0.090	0.253	0.555	0.344	0.157
n	790	1985	486	273	1008	274

grupu raukumu Latvijas teritorijā aproksimē kopējs vienādojums (2).

- Zāģbaļķu raukuma daļa, kas izskaidrojama ar regresiju, ir neliela, taču statistiski būtiska. Izņemot Ps(r) un Es(r) grupas, kur tās ir attiecīgi 41.8 un 31.3%, pārējās grupās tā ir neliela (3. tabula, R^2). Tāpēc, ja atsevišķu zāģbaļķu raukuma noteikšanas nosacījumi pieļauj šāda lieluma kļūdu, radniecīgas raukuma grupas var apvienot vai vienādojumu (2) var aizstāt ar grupas vidējā aritmētiskā vērtību. Grupu vidējie rādītāji un to standartklūdas ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$): Ps(r) = 1.0838±0.0202; Ps(v) = 0.7521±0.0080; Ps(g) = 1.2038±0.0164; Es(r) = 1.1272±0.0343; Es(v) = 1.0024±0.0186; Es(g) = 1.1236±0.0256.
- Vienādojums (2) izmantojams visā Latvijas teritorijā, ievērojot ierobežojumus: $10.0 \leq d_t \leq 45.0$ cm un $3.0 \leq L \leq 6.0$ m.

Literatūra

- Apālo kokmateriālu uzmērīšana. (2003) *Latvijas standarts LVS 82:2003*. VSIA Latvijas standarts, Rīga, 12 lpp.
- Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Datorzinību centrs, Rīga, 352 lpp.
- Edwards, P. N. (1998) *Timber Measurement. A Field Guide*. Forestry Commission, Edinburgh, 64 pp.
- Liepa, I. (1974) *Biometrija*. Zvaigzne, Rīga, 337 lpp.
- Mangalis, I. (2004) *Meža atjaunošana un ieaudzēšana*. SIA „Et Cetera”, Rīga, 455 lpp.
- Ozoliņš, R. (1974) Vidējas formas priedes stubru sortimentu struktūras matemātiskie modeļi. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 16, 101.-105. lpp.
- Sarma, P. (1948) *Meža taksācija*. Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 589 lpp.
- Sarmulis, Z., Līpiņš, L. (2002) Priedes zarojums un citi stumbra kvalitāti raksturojoši rādītāji. *LLU Raksti*, 5 (300), 34.-38. lpp.
- Zar, J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice Hall International, Northern Illinois University, USA, 663 pp.

10. Анучин, Н. П. (1982) *Лесная таксация: Учебник для вузов. 5-е изд., доп.* Лесная промышленность, Москва, 552 с.
11. Кофман, Г. Б. (1986) *Рост и форма деревьев.* Наука, Сибирское отделение, Новосибирск, 210 с.
12. Матвеев-Мотин, А. С. (1960) *Универсальный способ определения запаса древостоя при перечислительной таксации.* Гослесбумиздат, Москва, 76 с.
13. Тюрин, А. В. (1938) *Таксация леса.* Государственное лесотехническое издательство, Москва, 300 с.

Sūnu izplatību ietekmējošie faktori uz trupošas skujkoku koksnes Factors Influencing Distribution of Bryophytes on Dead Coniferous Wood

Baiba Bамbe

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”
Latvian State Forestry Research Institute „Silava”
e-mail: baiba@silava.lv

Abstract. Dead wood in forest ecosystems, including every separate log, forms an ecological subsystem, which development and structure depends on substrate as well as surrounding forest ecosystem and co-existence of organisms living on wood. Many epixylic bryophyte species, especially liverworts, have specific demands to the environment and are threatened by modern forest management. The aim of the study is to investigate distribution of epixylic bryophytes on Scotch pine and Norway spruce logs and to clarify factors influencing biodiversity of bryophytes and occurrence of rare species. Altogether in six forest sites 44 coniferous logs were examined, and 54 bryophyte species including 24 liverworts and 30 mosses were stated. Cover and occurrence of every species was ascertained. The following signalspecies were established: *Anastrophyllum hellerianum*, *Bazzania trilobata*, *Calypogeia suecica*, *Geocalyx graveolens*, *Jamesoniella autumnalis*, *Jungermannia leiantha*, *Lophozia ascendens*, *Lophozia ventricosa*, *Nowellia curvifolia*, *Odontoschisma denudatum*, and *Riccardia palmata*. The correlation was calculated between the mean diameter of log, depth of decay and number of bryophyte species as well as cover of signalspecies and species more typical for ground vegetation. The number of bryophyte species has significant correlation with depth of decay, but non-significant correlation with the diameter of log. The cover of signalspecies and cover of ground vegetation species both have non-significant correlation with diameter of log and depth of decay.

Key words: distribution of bryophytes, dead coniferous wood, diameter of log, depth of decay, correlation.

Ievads

Priekšstatus par procesiem dabā iespējams iegūt, ņemot vērā apskatītās sistēmas mērogu, struktūru un attīstības laiku. Meža ekosistēmās trupoša koksne, tostarp katra atsevišķa kritala, veido ekoloģisku apakšsistēmu, kuras veidošanās un struktūra atkarīga gan no substrāta (koksnes), gan to apdzīvojošo organismu (sūnu, sēņu, ķērpju, kukaiņu u.c.) kopdzīves, gan arī apkārtējās ekosistēmas (meža biotopa) mikroklimata un attīstības vēstures. Lai nodrošinātu sugu aizsardzību, ir īpaši sugām, kuras apdzīvo tādus īslaicīgus un izkaisītus (*patchy*) substrātus kā trupoša koksne, svarīga ir izpratne par procesiem populācijās un tās ietekmējošiem faktoriem. Sūnas, kas aug uz trupošas koksnes, nopietni apdraud dabisko mežu fragmentācija. Liela daļa no epiksīlajām sūnām ir ar specifiskām vides prasībām un jutīgi reaģē uz izmaiņām meža mikroklimatā, ko izraisa intensīva mežu apsaimniekošana (Laaka, 1992; Pohjamo, Laaka-Lindberg, 2004).

Galvenajam iemeslam, izvēloties sūnas aizsargājamo sugu sarakstu veidošanai, vajadzētu būt to paglabāšanai no iznīcības, ko izraisa cilvēka ietekme

(Bisang, Hedenäs, 2000). Mežu apsaimniekošana daudz vairāk ietekmē sūnas un ķērpjus nekā vaskulāros augus. No vairāk nekā 520 sūnu sugām, kas reģistrētas Igaunijā, 96 aug galvenokārt mežos, bet 76 no tām ir jutīgas pret cilvēka ietekmi jeb hemerofobiskas. Vienīgi neapsaimniekotos mežos aug ap 20 meža sūnu sugu, no kurām 13 ir aknu sūnas (Vellak, 1999; Vellak, Paal, 1999; Ingerpuu et al., 2001).

Latvijā epiksīlās sūnas galvenokārt pētītas kopējā brioformas izpētes kontekstā (Āboliņa, 1985, 1991, 1994; Āboliņa, Rēriha, 2004; Āboliņa, Bамbe, 2005; Bамbe, 2002). Atzīmēts, ka sūnu ieviešanās uz trupošas koksnes ir cieši saistīta ar vides apstākļiem: veģetācijas tipu, gaisa mitrumu, apēnojumu. Zināma ietekme ir arī trupošā koka sugai. Vislabākie apstākļi epiksīlajām sūnām ir ēnainos un mitros eitrofos mežos, kur koksne sadalās ātri. Trupēšanas sākumā uz koku mizas un zariem turpina augt epifītiskās sūnas un sugas, kuras ir raksturīgas koku pamatnēm. Vēlāk mazāk konkurētspējīgos epifītus izspiež sugas, kas tipiskas meža zemsedzei (epigeīdi). Trupēšanas beigās, kad kritalas ārējās kārtas jau

vairākkārtīgi nobrukušas, ieviešas tipiskās epiksīlās sugas, kuru skaits Latvijā ir ap 10. Biežāk sastop praulu četrzobi *Tetraxis pellucida*, nokarvēcelīšu poliju *Pohlia nutans*, bet valsts rietumu daļā tām pievienojas arī viengada skrajlapīte *Mnium hornum* un sīklapu krokvēcelīte *Aulacomnium androgynum*. Šie dati ir apkopoti monogrāfijā par lapu sūnām (Аболинь, 1968).

Pētot sugu ieviešanās secību uz skujkoku kritālām Zviedrijas ziemeļos, konstatēts, ka sugas var iedalīt 4 grupās: fakultatīvie epifīti, agrās un vēlās epiksīlās un zemsedzes sugas. Viens no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka sugu sastopamību, ir koksnes trupēšanas stadija. Kritālas, kas atrodas augstu virs zemes, ir piemērotas tikai dažām sugām, jo tām ir mazs mitruma saturs. Liela diametra kritālas svarīgas vairākām sugām, jo 1) tās var saturēt vairāk mitruma; 2) maza diametra kritālas ātri apaug ar zemsedzes sugām (Söderström, 1988a, b).

Jaunas ziņas par sūnu izplatību uz trupošas koksnes iegūtas dabisko mežu biotopu inventarizācijas rezultātā, kas Baltijas valstu mežos nesen veikta, ņemot vērā Zviedrijas pieredzi (Andersson et al., 2003, 2005; Ek, Bērmanis, 2003). Dabisko meža biotopu inventarizācijas metodikā kā biotopu speciālās sugas Latvijā iekļautas vairākas sūnas, kas sastopamas tikai mežos uz trupošas koksnes: Hella ķīllape *Anastrophyllum hellerianum*, zaļā buksbaumija *Buxbaumia viridis*, zviedru somenīte *Calypogeia suecica*, astīšu smaillape *Lophozia ascendens* un smaillapu lāpstīte *Scapania apiculata* (Ek et al., 2002). Inventarizācijā, ko veica daudzi cilvēki ar dažādu kvalifikāciju, iegūtās orientējošās ziņas liecina, ka no tām visbiežāk sastopama Hella ķīllape *Anastrophyllum hellerianum* – 932 meža nogabalos (Ek, Bērmanis, 2003), bet pārējās ir ļoti retas. Nav datu par to, kāda ir epiksīlo sugu saistība ar dažādu koku sugu trupošu koksni. Literatūrā bieži tiek apgalvots, ka biotopu speciālajām sugām nepieciešamas liela diametra kritālas, bet nav konkrētu pētījumu par to, uz kāda diametra kritālām tās biežāk sastopamas.

Darba mērķis bija pētīt epiksīlo sūnu izplatību uz priedes un egles kritālām dažādos Latvijas reģionos dažādos meža tipos un skaidrot faktorus, kas ietekmē sūnu sugu daudzveidību un reto un apdraudēto sugu sastopamību.

Objekti un metodika

Pētījumi veikti 2005. un 2006. gadā no maija līdz oktobrim vairākos Latvijas reģionos dažādos meža tipos: Slīteres Nacionālajā parkā – jauktu koku slapjā gāršā Zilo kalnu kraujas pakājē, Meža pētīšanas stacijas (MPS) Kalsnavas meža novadā – niedrājā, dumbrājā un mētru kūdrenī, Žīguru mežniecībā priežu lānā mitrākās starppauguru ieplakās; atsevišķas

kritālas apskatītas arī Alojas mežniecībā – slapjā damaksnī, MPS Mežoles meža novadā – lānā, un Rīgas Meža aģentūras Garkalnes mežniecībā – šaurlapju kūdrenī.

Pavisam apsekotas 44 kritālas, no tām 28 priedes, 15 egles un 1 neatpazīta skujkoku kritāla. Pētījumiem izmantota metodika, kas izstrādāta dabisko meža biotopu apsaimniekošanas monitoringa projekta gaitā sūnu indikatorsugu sastopamības novērtēšanai: sākot no resgaļa, uzmērīts 10 m (ja tik garš nav saglabājies, tad īsāks) kritālas posms, nosakot, cik cm garā posmā katra sūnu suga dominē kritālas augšpusē, bet atzīmētas arī pavadītājsugas un tās, kas aug tikai trupošā koka sānos. Lauka apstākļos nenoteiktajām sugām ievākti herbāriju paraugi. Datu apstrādes gaitā, summējot katras sugas aizņemto daļu no kopējā kritālas garuma, noteikts sugas segums procentos. Ja suga neaizņem 1% no kritālas garuma, tā atzīmēta ar „+”. Līdz ar to objektīvāk iespējams novērtēt visu trupošo koku, nekā veicot uzskaiti nelielos (dažu dm²) parauglaukumos. Kritālām uzmērīts diametrs 3 vietās: resgalī, uzmērītā posma vidū un beigās: turpat trīs reizes mērīta sadalīšanās pakāpe centimetros, nosakot, cik dziļi koksne iespējams brīvi ievadīt naža asmeni. Ja koksne satrupējusi pilnībā, kā sadalīšanās pakāpi atzīmē pusi no diametra. Tālākiem aprēķiniem izmantots sadalīšanās un diametra vidējais rādītājs.

Pētītie koki izvēlēti subjektīvi – tādi, uz kuriem sastopama kāda no signālsugām (Nitare, 2000), ar kurām šajā gadījumā saprot: 1) meža dabisko biotopu indikatorsugu un speciālo sugu sarakstos iekļautās Latvijā, no kurām konstatētas Hella ķīllape *Anastrophyllum hellerianum*, trejdaivu bacānija *Bazzania trilobata*, zviedru somenīte *Calypogeia suecica*, smaržīgā zemessomenīte *Geocalyx graveolens*, rudens džeimsonīte *Jamesoniella autumnalis*, gludkausiņa jungermannija *Jungermannia leiantha*, astīšu smaillape *Lophozia ascendens* un kailā apaļlape *Odontoschisma denudatum*; 2) citas retās sugas, piem., pirkstainā rikardija *Riccardia palmata*; 3) biežāk sastopamās sugas, kas parasti aug kopā ar sugām, kuras jutīgas pret meža mikroklimata izmaiņām – līklapu novellija *Nowellia curvifolia*, uzpūstā smaillape *Lophozia ventricosa* un pārējās smaillapju *Lophozia* ģints sugas.

Uz katras kritālas noteikts kopējais epiksīlo sugu skaits un segums, signālsugu skaits un segums, kā arī to sūnu sugu skaits un segums, kuras parasti sastopamas meža zemsedzē, bet ieviešas arī uz trupošas koksnes. Sugas pēc iespējas noteiktas uz vietas mežā, bet nenoteiktajām sugām vākti herbāriju paraugi, kas iekļauti LVMI „Silava” briofītu herbārijā un noteikti mikroskopiski. Paraugu noteikšanai izmantoti kaimiņvalstīs un citur Eiropā izdotie sūnu noteicēji: Naujalis et al., 1995; Smith, 1978, 1990;

Шляков, 1979–1982; Савич-Любичкая, Смирнова, 1970; Игнатов, Игнатова, 2003, 2004. Paraugu noteikšana un epiksīlās briofloras precizēšana ir jāturpina.

Apkārtējā meža veģetācija pētījumu vietās aprakstīta, nosakot valdošās sugas katrā veģetācijas stāvā.

Sugu nomenklatūra: vaskulārajiem augiem – Gavrilova, Šulcs, 1999; aknu sūnām – Āboliņa, 2001; lapu sūnām – Hill et al., 2006.

Rezultāti

Kopā konstatētas 54 sūnu sugas, tostarp 24 aknu sūnas un 30 lapu sūnas. Uz egles kritālām konstatētas 40 sugas, no kurām 8 signālsugas (Hellera ķīļlape *Anastrophyllum hellerianum*, trejdaivu bacānija *Bazzania trilobata*, zviedru somenīte *Calypogeia suecica*, smaržīgā zemessomenīte *Geocalyx graveolens*, gludkausiņa jungermannija *Jungermannia leiantha*, līklapu novellija *Nowellia curvifolia*, kailā apaļlape *Odontoschisma denudatum* un pirkstainā rikardija *Riccardia palmata*); vidēji uz vienas kritālas 9.6 sugas. Lielākais segums ir līklapu novellijai – vidēji 27%, bet biežāk sastopamās sugas ir līklapu novellija, slotiņu divzobe *Dicranum scoparium*, Šrēbera rūsaīne *Pleurozium schreberi* un divsmaīļu pumpurzarene *Cephalozia bicuspidata*. Vidējais signālsugu segums ir 36.7%, bet zemsedzes sugu segums – 29.0%.

Uz priedes kritālām pavisam atrasta 31 sūnu suga, no kurām 5 signālsugas (Hellera ķīļlape, rudens džeimsonīte *Jamesoniella autumnalis*, astīšu smaillape, uzpūstā smaillape un līklapu novellija); vidēji uz vienas kritālas 7.8 sugas. Lielākais segums ir līklapu novellijai – vidēji 26%. Biežāk sastopamās sugas ir līklapu novellija, Šrēbera rūsaīne un krāšņā dūnīte *Ptilidium pulcherrimum*. Vidējais segums signālsugām ir 41.8%, bet zemsedzes sugām – 21.9%.

Gan uz priedes, gan egles kritālām atzīmētas 17 sugas, bet 23 sugas atrastas tikai uz egles, toties tikai uz priedes – 14 sugas. Pētīto egļu kritālu diametrs ir lielāks nekā priedēm – vidēji 22.3 cm, tās ir arī vairāk satrunējušas – vidēji 7.1 cm dziļi. Vidējais pētīto priežu kritālu diametrs ir tikai 18.8 cm, tās trupējušas vidēji 3.5 cm dziļi.

Divas nozīmīgākās pētījumu vietas ir Slīteres Nacionālais parks Talsu rajonā un Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada meži Madonas un Aizkraukles rajonos.

Slītere ir aizsargājama teritorija kopš 1921. gada, tajā pētīta Zilo Kalnu kraujas pakāje, kur nav saimnieciskās darbības ietekmes un meža sukcesija notiek dabiski. Apstākļi sūnu attīstībai ir ļoti labi, jo ir augsts gaisa un substrāta mitrums, vērojama arī avotu ietekme. Pētītajās vietās kokaudzi veido egle,

melnalksnis, bērzs un osis; paaugā un krūmu stāvā pārsvarā ir egle un lazda, vietām parastā īve. Zemsedzi veido daudzas nemorāliem mežiem raksturīgas sugas: baltais vizbulis *Anemone nemorosa*, zilā vizbulīte *Hepatica nobilis*, pirkstainais grīslis *Carex digitata*, daudzgadīgā kaņepene *Mercurialis perennis*, kā arī higofti purva cietpiene *Crepis paludosa* un attālvārpu grīslis *Carex remota*. Zemsedzes sūnu stāvā sastopamas galvenokārt auglīgu mežu sugas: platlapu knābīte *Eurhynchium angustirete*, lielā spuraine *Rhytidiadelphus triquetrus*, lielā greizkausīte *Plagiochila asplenoides*, kā arī tūbainā bārkstlape *Trichocolea tomentella*, kas liecina par avotu ietekmi.

Savukārt Kalsnavas mežus pēdējo 50 gadu laikā ievērojami ietekmējusi meža nosusināšana un cita saimnieciskā darbība. Pētītie meži ir vidēji auglīgi, koku stāvā kopā ar priedi un egli sastop vēl tikai bērzu, paaugā un krūmu stāvā galvenokārt ir egle, krūklis un pīlādzis, zemsedzē dominē klases *Vaccinio-Piceetea* rakstursugas meža zaķskābene *Oxalis acetosella*, melle *Vaccinium myrtillus* un gada staipeknis *Lycopodium annotinum*, bet vietām slapjos niedrājos sastopamas arī purva vārnkāja *Comarum palustre* un parastā vīgrīze *Filipendula ulmaria*. Arī sūnu stāvā niedrājos dominē higofti, galvenokārt sfagni: Magelāna, šaurlapu, centrālais un Girgenzona sfāgns *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*, *S. centrale*, *S. girgensohnii*, bet nosusinātos mežos un nanoreljefa paaugstinājumos bieži aug Šrēbera rūsaīne *Pleurozium schreberi*. No pētītajām kritālām tikai 3 atrodas nesen izveidotās aizsargājamās teritorijas – Vesetas palienes purva – mežos. Jāatzīmē, ka 20 no konstatētajām sūnu sugām ir atrastas tikai Slīterē, bet tikai Kalsnavā – 10. Toties kopējā sugu daudzveidība abās teritorijās ir ļoti līdzīga: Slīterē atzīmētas 33 sugas, bet Kalsnavā – 32 sugas.

Pētītas sakarības starp kritālu diametru, vidējo sadalīšanās pakāpi un sūnu sugu skaitu uz vienas kritālas, kā arī signālsugu un zemsedzes sugu segumu (visai skujkoku kritālu kopai un atsevišķi priedēm un eglēm). Sugu skaits ir būtiska pozitīva korelācija ar trupēšanas dziļumu (skujkokiem kopā $R^2=0.246$, $P=0.01$; eglēm $R^2=0.281$, $P=0.05$). Sugu skaita korelācijas ar kritālas diametru ir nebūtiskas, arī signālsugu un zemsedzes sugu segumam nav būtisku korelāciju ar kritālas diametru un trupēšanas dziļumu (sk. 1.– 6. att.). Konstatēto sugu saraksts un kritālas raksturojošie vidējie rādītāji apkopoti 1. tabulā.

Diskusija

Latvijā, tāpat kā citur, kur vērojamas gan boreālo, gan nemorālo mežu iezīmes, sūnu sugu daudzveidība uz trupošas koksnes ir visai augsta. Trupošas koksnes

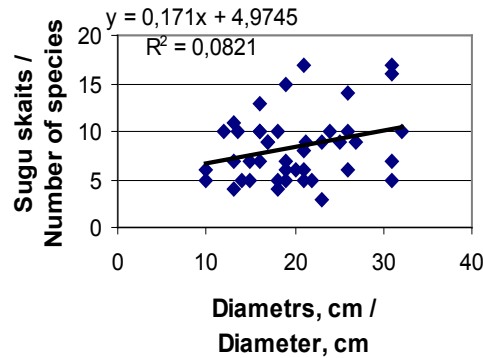
Sūnas uz egles un priedes trupošas koksnes
Bryophytes on decaying wood of Norway spruce and Scotch pine

Rādītājs / Parameter	Egle / Spruce		Priede / Pine	
Vidējais trupēšanas dziļums, cm / Mean depth of decay, cm	7.1		3.5	
Vidējais kritālas diametrs, cm / Mean diameter of log, cm	22.3		18.8	
Vidējais sūnu sugu skaits uz kritālas / Mean number of species on log	9.6		7.8	
Vidējais sūnu segums, % / Mean cover of bryophytes, %	88.5		80.8	
Vidējais signālsugu segums, % / Mean cover of signalspecies, %	36.7		41.8	
Vidējais zemsedzes sugu segums, % / Mean cover of epigeial species, %	29.0		21.9	
Pētīto kritālu skaits / Number of studied logs	15		28	
Sūnu suga / Bryophyte species	vidējais segums / mean cover %	kritālu skaits / number of logs	vidējais segums / mean cover %	kritālu skaits / number of logs
1	2	3	4	5
<i>Anastrophyllum hellerianum</i> (Lindenb.) Schust.*	+	1	9	18
<i>Aneura pinguis</i> (L.) Dum.	+	1		
<i>Bazzania trilobata</i> (L.) S.Gray	+	2		
<i>Blepharostoma trichophyllum</i> (L.) Dum.	+	3		
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i> (Mitt.) Ignatov & Huttunen			1	3
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	1	1		
<i>Brachythecium salebrosum</i> (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp., nom.cons.			+	2
<i>Calypogeia muelleriana</i> (Schiffn.) K.Müll.	3	2	+	2
<i>Calypogeia suecica</i> (H.Arn. et J.Perss.) Warnst. et Loeske	+	3		
<i>Cephalozia bicuspidata</i> (L.) Dum.	1	7		
<i>Cephalozia lunulifolia</i> (Dum.) Dum.			+	1
<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout	+	1		
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Lindb.	+	1		
<i>Dicranum flagellare</i> Hedw.			+	4
<i>Dicranum montanum</i> Hedw.	+	1		
<i>Dicranum polysetum</i> Sw. ex anon.	+	3	+	5
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	5	11	2	16
<i>Eurhynchium angustirete</i> (Broth.) T.J.Kop.	4	6		
<i>Fissidens adianthoides</i> Hedw.	+	1		

1. tabulas turpinājums / Table 1 continued

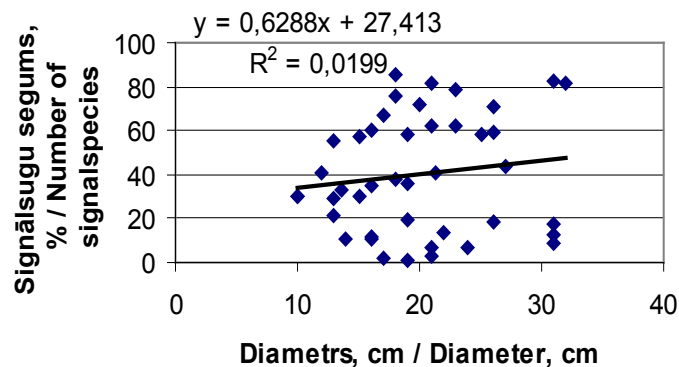
1	2	3	4	5
<i>Geocalyx graveolens</i> (Schrad.) Nees	+	3		
<i>Herzogiella seligeri</i> (Brid.) Z.Iwats.	2	7		
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.	5	4	1	12
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	2	5	+	1
<i>Jamesoniella autumnalis</i> (DC.) Steph.			+	6
<i>Jungermannia leiantha</i> Grolle	+	2		
<i>Lepidozia reptans</i> (L.) Dum.	+	5	+	4
<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dum.	+	3		
<i>Lophozia ascendens</i> (Warnst.) Schust.			2	10
<i>Lophozia ventricosa</i> (Dicks.) Dum.			+	1
<i>Lophozia</i> sp.			6	10
<i>Mnium hornum</i> Hedw.	1	3		
<i>Nowellia curvifolia</i> (Dicks.) Mitt.	27	12	26	26
<i>Odontoschisma denudatum</i> (Nees) Dum.	9	5		
<i>Plagiochila asplenioides</i> (L. emend. Tayl.) Dum.	+	2		
<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow ex Funck) T.J.Kop.	+	2	+	2
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	+	2		
<i>Plagiothecium cavifolium</i> (Brid.) Z.Iwats.	+	1		
<i>Plagiothecium laetum</i> Schimp.			+	3
<i>Pleurozium schreberi</i> (Wild.ex Brid.) Mitt.	10	7	19	26
<i>Polytrichastrum formosum</i> (Hedw.) G.L.Sm.			+	1
<i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe			+	1
<i>Ptilidium pulcherrimum</i> (G. Web.) Vainio	4	3	10	19
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	+	3	+	1
<i>Rhizomnium punctatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	+	3		
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	2	5	+	2
<i>Riccardia latifrons</i> (Lindb.) Lindb.	2	3	+	2
<i>Riccardia palmata</i> (Hedw.) Carruth.	+	2		
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	2	3	1	3
<i>Sphagnum angustifolium</i> (C.E.O.Jensen ex Russow) C.E.O.Jensen			+	1
<i>Sphagnum capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.			+	1
<i>Sphagnum girgensohnii</i> Russow			1	2
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	+	2	1	7
<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.	2	4	+	6
<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	4	7		

* – Tabulā izceltas signālsugas / Signalspecies are marked bold



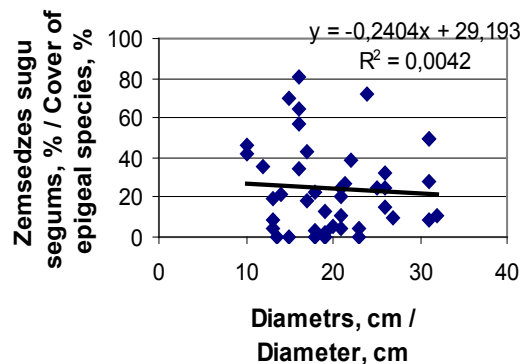
1. att. Kritālas diametra un epiksīlo sūnu sugu skaita sakarība.

Fig. 1. Relation between diameter of log and number of epixylic bryophyte species.



2. att. Kritālas diametra un epiksīlo sūnu signālsugu seguma sakarība.

Fig. 2. Relation between diameter of log and cover of epixylic bryophyte signalspecies.

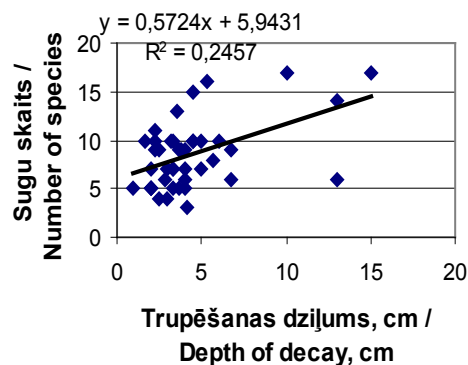


3. att. Kritālas diametra un zemsedzes sūnu sugu seguma sakarība uz koksnes.

Fig. 3. Relation between diameter of log and cover of epigeal bryophyte species on wood.

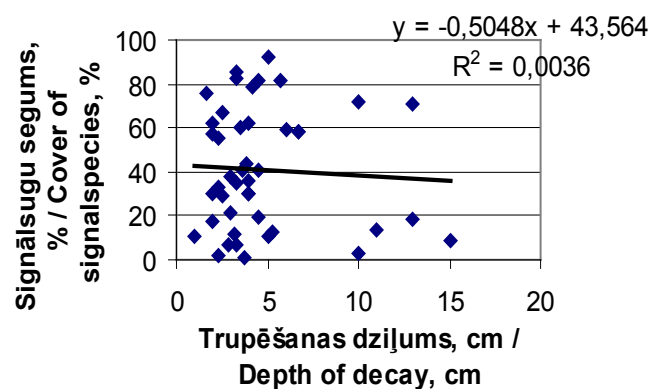
daudzumu mežos ievērojami palielina dabiski traucējumi – vējgāzes un vējlauzes, kas veicina arī mikroaugteņu daudzveidības palielināšanos. Vācijā konstatēts, ka vislielākā sugu daudzveidība ir dabiskās vējgāzēs, tām seko sakoptās vējgāzēs, bet vismazākā

sugu daudzveidība ir neskartā mežā. Sūnas var iedalīt sugās ar plašu ekoloģisko amplitūdu, kas ir sastopamas visās mikroaugtenēs (slotiņu divzobe, nokarvācelīšu polija, gaišā šķībvācelīte *Plagiothecium laetum*, divzobu lapmete *Dicranodontium denudatum*), un



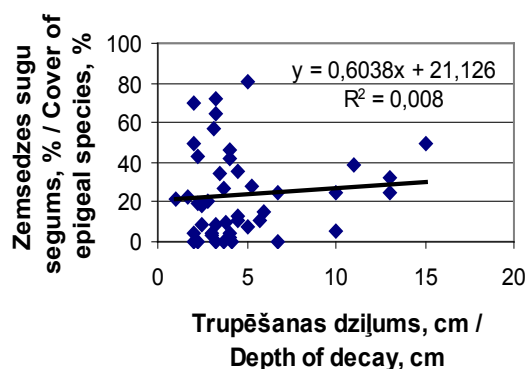
4. att. Trupēšanas dziļuma un kopējā epiksīlo sūnu sugu skaita sakarība.

Fig. 4. Relation between depth of decay of log and number of epixylic bryophyte species.



5. att. Trupēšanas dziļuma un epiksīlo sūnu signālsugu seguma sakarība.

Fig. 5. Relation between depth of decay of log and cover of epixylic bryophyte signalspecies.



6. att. Trupēšanas dziļuma un zemsedzes sūnu sugu seguma sakarība uz koksnes.

Fig. 6. Relation between depth of decay of log and cover of epigeal bryophyte species on wood.

speciālistos, kas sastopamas kādā no mikroaugtenēm (Palisaar, Poschlod, 2001). Pirmās 3 sugas arī Latvijā sastopamas dažādās augtenēs, bet divzobu lapmete ir ļoti reta suga, kas ievākta tikai divas reizes (Аболинь, 1968; Āboliņa – nepublicēti dati).

Sūnas ātri reaģē uz klimata fluktuācijām, jo tās viegli izplatās ar sporām un tām ir īss dzīves cikls (Frahm, Klaus, 2001). Tomēr tas neattiecas uz visām sugām. Piemēram, no mūsu pētītajām aknu

sūnām Hellera ķīļlape vairojas gandrīz tikai ar vairķermeniem, kas veidojas tumšsarkanos sastatos dzinum galos (Smith, 1990; Āboliņa, 2003). Šādas sūnas, kas neražo sporas, nevar tik ātri izplatīties, līdz ar to tās sastopamas retāk. Pastāv sakarība starp sugas sastopamību un tās vairošanās veidu (Laaka-Lindberg et al., 2000; Longton, Hedderson, 2000).

Zviedrijas brioflorā ir nedaudz vairāk par 1000 sugām no kurām 241 (24%) ir ierakstīta Sarkanajā grāmatā. Izplatītākais sauszemes veģetācijas tips ir meži, tomēr 95 % no tiem ir saimnieciski ietekmēti. Atlikušie dabiskie meži (*old-growth forests*) ir nozīmīgi aizsargājamie biotopi. Galvenie sūnas apdraudošie faktori ir mežsaimniecība, lauksaimniecība, gaisa piesārņojums un zināšanu trūkums. Vairākas sugas negatīvi ietekmē sēra un slāpekļa piesārņojums (Hallingbäck, 1996, 1998). Dienvidzviedrijā, kur klimats ir līdzīgs Latvijas rietumu daļas klimatam, bet maigāks nekā austrumu daļā, pētīta dabisko meža biotopu bioloģiskā daudzveidība un trupošanas koksnes daudzums tajos. Parasti tas bija mazāks par 25 m³ ha⁻¹, bet svārstījās 1–81 m³ ha⁻¹ robežās. Dabiskos boreālos mežos tas mēdz būt 60–120 m³ ha⁻¹ (Siitonen, 2001). Vidējais skujkoku kritalu diametrs parasti bija mazāks par 20 cm. Sūnu skaits parauglaukumos svārstījās no 4 līdz 23, vidējais sūnu sugu skaits uz kritalas bija 2–5 (Ericsson et al., 2005). Mūsu pētītajos objektos epiksīlo sugu daudzveidība ir ievērojami lielāka – uz vienas egles kritalas atzīmētas vidēji 10 sūnu sugas (maksimāli 17 sugas), bet uz vienas priedes kritalas – vidēji 8 sugas (maksimāli 15 sugas). Dabiski slapjie meži Zviedrijā ir ļoti reti sastopami. Tajos konstatētas 195 sūnu sugas (33% no Zviedrijas boreālās floras), no kurām 131 ir lapu sūna un 64 – aknu sūnas (Ohlson et al., 1997). Latvijā slapjaini un purvaini kopā aizņem 22.2% no mežu platības (Meža statistika, 2006)¹, un tie ir nozīmīga jutīgu epiksīlo sugu dzīvotne, tāpat kā nosusinātie meži, kur meliorācijas ietekme nav bijusi pārāk intensīva un mikroklimats nav radikāli izmainījies. Konstatēts, ka mežu nosusināšana nav traucējusi saglabāt slapjo mežu daudzveidību Latvijā, jo arī teritorijās ar ievērojamām nosusināto mežu platībām, piemēram, Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas un Jelgavas meža novados dabisko meža biotopu inventarizācijās atrasti vērtīgi meža biotopi un retas sūnu sugas. Tas izskaidrojams ar to, ka nosusināšana veicina vides eitrofikāciju un nemorālo elementu lomas pieaugumu meža ekosistēmās (Āboliņa u.c., 2001; Āboliņa, Bамbe, 2005; Zālītis, 2006; Brūvele, 2007).

Salīdzinot dabiskas un apsaimniekotas egļu audzes Zviedrijas dienvidrietumu daļā, konstatēts,

ka dominanto sūnu sugu segums un sastāvs audzēs atšķiras maz. Tās ir Šrēbera rūšaine, lielā un viļņainā divzobe *Dicranum majus*, *D. polysetum*, Girgensona sfagns un spīdīgā stāvaine *Hylocomium splendens*. Sugu skaits un kopējais segums dabiskā audzē ir lielāks, jo atzīmētas arī retas aknu sūnu sugas: zviedru somenīte, kailā apaļlape, ēnāja lāpstīte *Scapania umbrosa*, lēveru smaillape *Lophozia incisa* un pirkstainā rikardija. Tām nepieciešamas liela diametra kritalas. Reto sugu saglabāšanai jāatstāj neskarti arī mazie zāļu purviņi mežos un grupas ar veciem kokiem. Konstatēts, ka modernā mežu apsaimniekošana visvairāk apdraud pret izžūšanu jutīgās epiksīlās sugas, kas aug uz vidēji sadalījušās trupošanas koksnes (Gustafsson, Hallingbäck, 1988; Söderström, 1988).

Ziemeļkarēlijas biosfēras rezervātā uz trupošanas koksnes konstatētas 33 lapu un 19 aknu sūnas. Mūsu pētītās epiksīlās briofloras sugu daudzveidība ir ļoti līdzīga, nedaudz lielāks ir aknu sūnu īpatsvars. Ziemeļkarēlijā pētītajos mežos dominēja Šrēbera rūšaine, āķveidakroklape *Sanionia uncinata*, brūnganā divzobe *Dicranum fuscescens*, praulu četrzobe, krāšņā dūnīte, ložņu zvīņlape *Lepidozia reptans*, matlapu skropstīte *Blepharostoma trichophyllum* un sašaurinātā bārdlape *Barbilophozia attenuata*. Dabisko mežu indikatori ir *Lophozia longiflora* var. *guttulata*, Hellera ķīļlape un zviedru somenīte. Epiksīlās un epifītiskās sūnas Ziemeļkarēlijas mežos ir visvairāk apdraudētas (Maksimov et al., 2003). Kritalas pilnībā satrup 50–200 gadu laikā. Sūnas uz tām parādās apmēram 10 gadu laikā, bet visvairāk to ir uz 20–90 gadus vecām kritālām.

Jāatzīmē, ka, aizsargājot vienai taksonomiskai grupai nozīmīgu teritoriju, mēs aizsargājam arī citas taksonomiskās grupas. Sūnu un vaskulāro augu sugu daudzveidība (*species richness*) mežos korelē pozitīvi (Ingerpuu et al., 2001).

Secinājumi

1. Sūnu sugu daudzveidība uz priedes un egles trupošanas koksnes ir augsta un samērā līdzīga: uz egles konstatētas 40 epiksīlās sugas, no kurām 8 ir signālsugas, bet uz priedes – 31 suga, no kurām 6 ir signālsugas. Uz vienas priedes kritalas atrastas 3–15 sūnu sugas, vidēji 8 sugas, uz vienas egles kritalas – 4–17 sugas, vidēji 10 sugas. Sūnu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā vienlīdz liela nozīme ir gan priedes, gan egles trupošai koksnei, jo dažādas epiksīlās sabiedrības ar sūnu signālsugām sastopamas gan uz priedes, gan egles kritālām.

¹ Meža statistika. Forest Statistics. Dati uz 01.01.2006. Data on 01.01.2006. Valsts meža dienests. (State Forest Service.) [Kompaktdisks.]

2. Pētīto kritalu diametra amplitūda skujkokiem ir ļoti līdzīga: no 12 līdz 31 cm eglei, vidēji 22.3 cm, un 13–31 cm priedei, vidēji 18.8 cm. Nav konstatētas būtiskas korelācijas starp kritalu diametru un epiksīlo sūnu sugu skaitu uz tām, kā arī diametru un signālsugu un zemsedzes sugu segumu.
3. Pētītas vidēji sadalījušās priedes kritalas (trupēšanas dziļums – 1–5 cm, vidēji 3.5 cm) un vidēji līdz stipri sadalījušās egles kritalas (trupēšanas dziļums no 2.3 cm līdz pilnīgai satrupēšanai, vidēji 7.1 cm). Atzīmēta būtiska pozitīva korelācija starp epiksīlo sugu skaitu uz kritalas un trupēšanas dziļumu.
4. Nav atzīmēta liela atšķirība aizsargājamo teritoriju un apsaimniekotu mežu epiksīlo sūnu sugu daudzveidībā. Būtiska nozīme ir meža tipam: labākie apstākļi epiksīlo sūnu sugu attīstībai ir mitros un auglīgos mežos – niedrājā, dumbrājā, slapjā vērī un gāršā, kā arī šaurlapju un platlapju kūdrenī, kur nosusināšanas ietekme nav pārāk intensīva. Sausieņu un stipri nosusinātos mežos atsevišķas epiksīlās signālsugas, piemēram, Hellera ķīļlape, sastopamas lielos meža masīvos ar maz izteiktu fragmentāciju galvenokārt Latvijas austrumu daļā, piemēram, Žiguros un Mežolē.
10. Andersson, L., Kriukelis, R., Skuja, S. (2005) *Woodland Key Habitat Inventory in Lithuania*. Lithuanian Forest Inventory and Management Institute, Kaunas, and Regional Forestry Board of Östra Götaland, Linköping, Sweden. Vilnius, 121 pp.+129 pp.
11. Andersson, L., Martverk, R., Külvik, M., Palo, A., Varblane, A. (2003) *Woodland Key Habitat Inventory in Estonia 1999-2002*. Regio Publishing, Tartu, 112 pp.+80 pp.
12. Bambe, B. (2002) Jaunu un retu briofītu sugu atradnes Latvijā. *Retie augi*. Rīga, 113.-124. lpp.
13. Bisang, I., Hedenäs, L. (2000) How do we select bryophyte species for conservation, and how should we conserve them? *Lindbergia*, 25: 62-77.
14. Brūvele, I. (2007) *Vides un antropogēno faktoru ietekme uz dabiskajiem meža biotopiem Auces, Jelgavas un Šķēdes meža novados*. Bakalaura darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Vides zinātnes nodaļa, 70 lpp.
15. Ek, T., Bērmāns, R. (2003) The results of the woodland key habitat inventory in Latvia. *Programme, Book of Abstracts. Second International Conference "Research and conservation of biological diversity in Baltic Region"*. Daugavpils, Latvia, April 24-26, 2003, pp. 37-39.
16. Ek, T., Suško, U., Auziņš, R. (2002) *Mežaudžu atslēgas biotopu inventarizācijas metodika*. Rīga, 76 lpp.
17. Ericsson, T. S., Berglund, H., Östlund, L. (2005) History and forest biodiversity of woodland key habitats in south boreal Sweden. *Biological Conservation*, 122: 289-303.
18. Frahm, J.-P., Klaus, D. (2001) Bryophyte as indicators of recent climate fluctuations in Central Europe. *Lindbergia*, 26: 97-104.
19. Gavrilova, Ģ., Šulcs, V. (1999) *Latvijas vaskulāro augu flora*. Taksonu saraksts. Rīga, 136 lpp.
20. Gustafsson, L., Hallingbäck, T. (1988) Bryophyte flora and vegetation of managed and virgin coniferous forests in South-West Sweden. *Biological Conservation*, 44: 283-300.
21. Hallingbäck, T. (1996) *Ekologisk katalog över Mossor*. Artdatabanken, SLU, Uppsala, 122 pp.
22. Hallingbäck, T. (1998) Threats and protection of bryophytes in Sweden. *J. Hattori Bot. Lab.*, No. 84: 175-185.
23. Hill, M.O., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, M.A., Brugués, M., Cano, M.J., Enroth, J., Flatberg, K.I., Frahm, J.-P., Gallego, M.T., Garilleti, R., Guerra, J., Hedenäs, L., Holyoak, D.T., Hyvönen, J., Ignatov, M.S., Lara, F., Mazimpaka, V., Muñoz, J., Söderström, L. (2006) An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. *Journal of Bryology*, 28:198-267.

Literatūra

1. Āboliņa, A. (1985) Jauni materiāli par Latvijas aknu sūnu floru. *Retie augi un dzīvnieki*. Rīga, 26.-37. lpp.
2. Āboliņa, A. (1991) Dažu jaunu un retu sūnu sugu atradnes Latvijā. *Retie augi. Apskats*. Rīga, 44.-48. lpp.
3. Āboliņa, A. (1994) *Latvijas retās un aizsargājamās sūnas*. Rīga, LU Ekoloģiskā centra apgāds "Vide", 24 lpp.
4. Āboliņa, A. (2001) Latvijas sūnu saraksts. *Latvijas veģetācija*, 3: 47-87.
5. Āboliņa, A. (2003) Ķīļlapes. *Meža enciklopēdija*. Pirmais sējums. Rīga, 157. lpp.
6. Āboliņa, A., Bambe, B. (2005) Latvijas egļu mežu briofloras raksturojums. *LLU Raksti*, 14(309):15-29.
7. Āboliņa, A., Jermacāne, S., Laiviņš, M. (2001) Post-Drainage Dynamics of the Ground Vegetation in a Transitional Mire. *Baltic Forestry*, 7(1):19-28.
8. Āboliņa, A., Rēriha, I. (2004) Papildinājumi Slīteres Nacionālā parka sūnaugu florai. *LU 62. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne*. Referātu tēzes. Rīga, 14.-16. lpp.
9. Andersson, L.I., Hytteborn, H. (1991) Bryophytes and decaying wood – a comparison between managed and natural forest. *Ecography*, 14 (2):121-130.

24. Ingerpuu, N., Vellak, K., Kuk, T., Pärtel M. (2001) Bryophyte and vascular plant species richness in boreo-nemoral moist forests and mires. *Biodiversity and Conservation*, 10:2153-2166.
25. Laaka, S. (1992) The threatened epixylic bryophytes in old primeval forests in Finland. *Biological Conservation*, 59: 151-154.
26. Laaka-Lindberg, S., Hedderson, T. A., Longton, R. E. (2000) Rarity and reproductive characters in the British hepatic flora. *Lindbergia*, 25: 78-84.
27. Longton, R. E., Hedderson, T. A. (2000) What are rare species and why conserve them? *Lindbergia*, 25: 53-61.
28. Maksimov, A., Hokkanen, T., Potemkin, A., Maksimova, T., (2003) Bryophyte diversity of mature spruce forests in North Karelia Biosphere Reserve (Finland). *The Finnish Environment*, 485:160-163.
29. *Meža statistika*. (2006) Valsts meža dienests. Kompaktdisks. Dati uz 01.01.2006.
30. Naujalis, J., Kalinauskaite, N., Grinevičiene, M. (1995) *Vadovas Lietuvos kerpsamanėms pažinti*. Vilnius, "Žodynas", 244 pp.
31. Nitare, J. (ed.) (2000) *Signalarter. Indikatorer på skyddsvärd skog. Flora över kryptogamer*. Skogsstyrelsens Förlag, 384 pp.
32. Ohlson, M., Söderström, L., Hörnberg, G., Zackrisson, O., Hermansson, J. (1997) Habitat qualities versus long-term continuity as determinants of biodiversity in boreal old-growth swamp forests. *Biological Conservation*, 81: 221-231.
33. Palisaar, J., Poschlod, P. (2001) Bryophyte diversity in cleared and uncleared windthrow gaps and the adjacent forest stands in the Bavarian Forest National Park, SE Germany. *Lindbergia*, 26: 46-54.
34. Pohjamo, M., Laaka-Lindberg, S. (2004) Demographic population structure of leafy epixylic hepatic *Anastrophyllum hellerianum* (Nees ex Lindenb.) R.M.Schust. *Plant Ecology*, 173:73-81.
35. Siitonen, J. (2001) Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*, 49: 11-41.
36. Smith, A.J.E. (1978) *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, 706 pp.
37. Smith, A.J.E. (1990) *The Liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, 362 pp.
38. Söderström, L. (1988a) Sequence of bryophytes and lichens in relation of substrate variables of decaying coniferous wood in Northern Sweden. *Nord. J. Bot.*, 8: 89-97.
39. Söderström, L. (1988b) The occurrence of epixylic bryophyte and lichen species in an old natural and a managed forest stand in Northeast Sweden. *Biological Conservation*, 45: 169-178.
40. Vellak, K. (1999) Diversity of bryophyte vegetation in unmanaged and managed forests of Estonia. *42nd annual Symposium of the LAVS*. Bilbao, July 26-30, p. 136.
41. Vellak, K., Paal, J. (1999) Diversity of bryophyte vegetation in some forest types in Estonia: a comparison of old unmanaged and managed forests. *Biodiversity and Conservation*, 8: 1595-1620.
42. Zālītis, P. (2006) *Mežkopības priekšnosacījumi*. Rīga, „Et cetera”, 217 lpp.
43. Аболин, А.А. (1968) *Листостебельные мхи Латвийской ССР*. Рига, "Зинатне", 331 с.
44. Игнатов, М. С., Игнатова, М. А. (2003) *Флора мхов средней части Европейской России. Том 1. Sphagnaceae–Hedwigiaceae*. Москва, Scientific Press Ltd КМК, 1-608 с.
45. Игнатов, М. С., Игнатова, М. А. (2004) *Флора мхов средней части Европейской России. Том 2. Fontinalaceae–Amblystegiaceae*. Москва, Scientific Press Ltd КМК, 609-960 с.
46. Савич-Любицкая, Л.И., Смирнова, З.Н. (1970) *Определитель листостебельных мхов СССР. Верхлоплодные мхи*. Л., "Наука", 824 с.
47. Шляков, Р.Н. (1979–1982) *Печеночные мхи Севера СССР*. Л., "Наука", Вып. 2: 191, 3:188, 4:221, 5:196.

Sūnas uz trupošas koksnes Latvijā Bryophytes Found on Decaying Wood in Latvia

Austra Āboliņa

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”
Latvian State Forestry Research Institute „Silava”
e-mail: austra@silava.lv

Abstract. For the first time in Latvia, a list of bryophytes found on decaying wood in various habitats has been made. It includes 190 bryophyte species (35% of the total number of bryophyte species). Epixylic bryophytes usually are found in forests. The majority of epixylic species grow also on other substrates – soil, living tree trunks and branches, and rocks. Obligate epixylic bryophytes are rare, mainly they are liverworts: *Anastrophyllum hellerianum*, *A. saxicola*, *Cephalozia catenulata*, *Lophozia ascendens*, *Riccardia palmata*, and *Scapania apiculata*; but from mosses – *Buxbaumia viridis*. The majority of species represent such genera as *Dicranum*, *Plagiothecium* (7 species), *Cephalozia*, *Sphagnum*, *Bryum*, *Orthotrichum*, *Plagiomnium* (6 species), *Calypogeia* (5 species), and *Brachythecium* (4 species). Species found on rotting wood, that require specific growing conditions and substrates, are ecologically discriminating, and therefore are usually less common. Whereas many epixylic species (e.g. *Hypnum cupressiforme*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Herzogiella seligeri*, *Pohlia nutans*), which have a wider range of growing conditions, are often found in various habitats and on various substrates. For the first time in Latvia, *Ulota drummondii*, which is usually found on the bark of living trees, has been listed.

Key words: epixylic bryophytes in Latvia, occurrence, habitat.

Ievads

Trupoša koksne Latvijā kā sūnu substrāts visbiežāk sastopama mežos, it īpaši mitrajos un auglīgajos tipos, vai arī tādos, kuri aug upju senlejās, gravās un līdzīgās vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu (upju un ezeru krastmalās, uz salām, avotu tuvumā) – tās ir kritālas, vētrās izgāzti koki, sausokņi, lielāki vai mazāki zari, trupošas saknes, koksnes paliekas cirsmās. Pēc nepublicētajiem Latvijas Valsts Mežzinātnes institūta “Silava” Mežu resursu monitoringa grupas pētījumu datiem, kas ievākti pēdējo triju gadu laikā, vidēji uz 1 ha meža ir sastopami ap 20 m³ atmirušas koksnes, kas kopumā valsts teritorijā veido vairāk nekā 60 milj. m³. Taču arī citur sūnas ir izplatītas uz trupošas koksnes – purvos, pļāvās, pat kāpās, apdzīvotās vietās uz māju jumtiem, žogiem – vai arī saldūdeņos uz ūdenī pa pusei iegrimušiem vai ūdenī guļošiem kokiem un koku būvēm, kas pamazām trupē un sairst.

Savā darbā izvirzījām uzdevumu apzināt visas sūnu sugas, kas Latvijā aug uz trupošas koksnes, izmantojot visus ilgā laika posmā ievāktos mūsu rīcībā esošos materiālus.

Nosauktajos ekotopos sūnas uz trupošas koksnes pēc savas attieksmes pret augtēnes mitrumu veido it kā secīgu rindu no sausajiem ekotopiem līdz mitrajiem un slapjajiem, kurā liela loma ir arī koksnes ķīmiskajām īpatnībām, cietībai, sadalīšanās pakāpei,

apēnojumam. Ir arī sugas, kuru velēnās sakrājas augsnes putekļi, tādēļ tās, lai gan atrodas uz trupošas koksnes, tikai nosacīti var pieskaitīt epiksīliem (*Bryum argenteum*, *B. caespitium*, *Syntrichia ruralis*). Līdzīgi var vērtēt arī dažas strautos un avotainās vietās augošas sūnas uz trupošas koksnes. To velēnās pamazām ir ieskalējušās augsnes daļiņas (*Cratoneuron filicinum*, *Calliergon lindbergii*) vai arī kopofilās sūnas, kuru ieviešanās cēlonim uz trupošas koksnes ir kādas organiskas izcelsmes vielas klātbūtne, kas var būt arī nepamanāma (*Splachnum ampullaceum*, *Tayloria tenuis*). Kā liecina speciāli pētījumi cementa ražotnes apkārtnē Brocēnos, priežu damaksnī, karbonātisku putekļu emisijas ietekmē uz trupošas koksnes pastiprināti ieviešas vairākas kalcifīlas vai auglīgāku vietu sūnu sugas, kā *Amblystegium serpens*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiomnium undulatum* (Расиньш и др., 1985).

Epiksīlais substrāts, spriežot pēc sūnu sugu sastāva un sugu augšanas ilguma uz tā, ir ļoti nevienmērīgs un atkarīgs no daudziem faktoriem, kā to jau norādījuši daudzi autori, veicot savu zemju briofloru ekoloģisko analīzi (Бардунов, 1961; Аболинь, 1968; Симонов, 1972; Ахминова, Жукова, 1976; Рыковский, 1980; Бардунов, Черданцева, 1982; Воробьев, 1987; Marsteller, 1987; Хмелев, Попова, 1988; Игнатов, Игнатова, 1990; Laaka, 1992; Ingerpuu et al., 1994;

Jukonienē, 2003 un citi). Taču visumā sūnu sugu sastāvs uz dažādu valstu epiksīlajiem substrātiem ir ļoti līdzīgs, atšķirības izpaužas gandrīz vienīgi saistībā ar sugu ģeogrāfiskās izplatības īpatnībām (sugu areāliem).

Materiāli un metodes

Latvijā sūnu flora pēckara gados dabā vairāk vai mazāk intensīvi tiek pētīta nu jau vairāk nekā 50 gadus. Šajā laika posmā ievākts ievērojams herbāriju materiāls (ap 30 000 paraugu), kas glabājas Latvijas Valsts Mežzinātnes institūtā "Silava" (tajā deponēts arī nelielais ZA Bioloģijas institūta sūnu herbārijs, kura autori ir M. Galeniece, L. Tabaka, Z. Eglīte u.c.), Dabas muzejā un citur. Izveidota sūnu datubāze, kurā ieslēgti arī gandrīz visi Latvijas teritorijā veiktie pirmskara briologu (J. Mikutoviča, K. Kupfera, N. Maltas, K. Starca, H. Starcs, J. Strautmaņa, J. Zaikova, P. Galenieka u.c.) vākumi, kā arī attiecīgā literatūra (Mikutowicz, 1908–1913; Malta, Strautmanis, 1926; Malta, 1930). Šie materiāli bija mūsu izveidotā Latvijas epiksīlo sugu saraksta pamatā. Ne visos gadījumos, ievācot sūnu paraugus, ir norādīta trupošā koka suga (kas arī ne vienmēr ir iespējams, jo tā ne vienmēr ir atpazīstama).

Izsakām sirsnīgu pateicību visiem, kuru materiālus esam izmantojuši, it īpaši B. Bambei un U. Suško, kuru bagātīgie herbāriju vākumi pēdējā laikā, tostarp arī uz epiksīlajiem substrātiem, ar detalizētiem augtenes aprakstiem daudzkārt veikti iepriekš brioloģiski mazāk pētītajā Latvijas austrumu daļā. Uzmanība pievērsta arī jaunākajām literatūras atziņām Latvijā attiecībā uz epiksīlajām sugām (Āboliņa, 1985, 1991, 2004; Tabaka u.c., 1991; Āboliņa, Bambe, 2001, 2005; Bambe, 2002a, 2002b; Bambe, Lārmanis, 2000 u.c.). Mazo izmēru dēļ sūnu ģinšu un sugu identificēšana ne vienmēr iespējama lauka apstākļos, tādēļ tā turpinājusies laboratorijā ar mikroskopijas metožu palīdzību; biežāk lietotie noteicēji minēti literatūras sarakstā (Абрамова и др., 1961; Савич-Любичкая, Смирнова, 1970; Шляков, 1976–1982; Smith, 1980, 1990; Абрамов, Волкова, 1998; Игнатов, Игнатова, 2003, 2004). Daudzi atzinumi gūti, ilggadīgi pētot zemsedzes dinamiku pārpurvotos mežos pēc nosusināšanas dažādās Latvijas vietās.

Rezultāti un diskusija

Darba rezultātā sastādīts uz trupošas koksnes reģistrēto sūnu saraksts. Tajā ir iekļautas 190 sugas, kuras atrastas dažādās augtenēs uz trupošas koksnes Latvijā (35% no kopējā Latvijā reģistrēto sugu skaita). No tām 50 ir aknu sūnu sugas (39% no Latvijas aknu sūnām) – no 28 ģintīm, bet lapu sūnas ir 140 sugas (34% no Latvijas lapu sūnām) – no 78 ģintīm. Ar lielāko sugu skaitu uz trupošas koksnes ir pārstāvētas šādas

aknu sūnu ģintis: *Cephalozia* (6 sugas), *Calypogeia* (5), *Lophocolea* (3), *Lophozia* (3), *Scapania* (3), *Anastrophylum* (2), *Barbilophozia* (2), *Frullania* (2), *Plagiochila* (2), *Riccardia* (2). Savukārt lielākais sugu skaits lapu sūnu ģintīs ir šāds: *Dicranum* (7 sugas), *Plagiothecium* (7), *Sphagnum* (6), *Bryum* (6), *Orthotrichum* (6), *Plagiomnium* (6), *Brachythecium* (4), *Anomodon* (3), *Neckera* (3), *Polytrichastrum* (3), *Rhytidiadelphus* (3), *Sciuro-hypnum* (3), *Thuidium* (3), *Amblystegium* (3), *Aulacomnium* (2), *Buxbaumia* (2), *Calliergon* (2), *Calliergonella* (2), *Campylophyllum* (2), *Drepanocladus* (2), *Eurhynchium* (2), *Fissidens* (2), *Fontinalis* (2), *Homalothecium* (2), *Hygroamblystegium* (2), *Hypnum* (2), *Ulotia* (2), *Zygodon* (2). Pārējās ģintīs ir tikai viena suga.

Neatkarīgi no tā, kur atrodas trupošā koksne – mežā vai atklātā vietā –, tā izceļas apkārtējā veģetācijā ar spilgtākas krāsas kuplāku apsūņojumu, kā arī nereti ar atšķirīgu sugu sastāvu. Uzkrītošāk tas vērojams mitrās augtenēs vai vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu, kas acīmredzot sekmē sūnu izplatīšanos uz epiksīlā substrāta. Ar savām fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām trupošā koksne daudzējādā ziņā atšķiras no pārējiem substrātiem (augšnes un akmens substrātiem, dzīvju koku mizas) – ar dažādu cietību, irdenumu, organisko vielu saturu, kā arī ar lielākām spējām uzsūkt mitrumu – īpašībām, kas atkarīgas no koka sugas vai atmirušās koksnes sadalīšanās pakāpes. Ilggadīgi (ap 30 gadiem) zemsedzes dinamikas pētījumi šaurlapju kūdrēnī, kas izveidojies pēc palienas purva nosusināšanas, liecina, ka higrofitiskās zemsedzes sūnas ilgstošāk nekā uz kūdras saglabājas uz trupošas koksnes, kas garāku laiku posmu uztur vienmērīgu substrāta mitrumu (piemēram, vērojumi par higrofitu *Tomentypnum nitens* – Аболинь, 1977 u.c.).

Nereti uz augšnes epiksīlās sūnas (sevišķi *Dicranum scoparium*, *D. montanum*, *Pohlia nutans*) mežos vai citur ieviešas koku stumbru tuvumā, kur nonāk ievērojami lielāks nokrišņu ūdens daudzums nekā pārējā mežaudzē. Tas ir bagātināts ar barības vielām, kas lielā koncentrācijā izskalojas no kokiem, jo pa stumbru daļēji notek arī ūdens no koka vainaga (Аболинь, 1974; Zālītis, Spalviņa, 1975). Zemsedzē izplatīto augšnes sūnu dzīvīgums šādās vietās ir pazemināts, vai arī tās koku pamatņu tuvumā nespēj augt (Тархова, 1970, 1972).

Reti uz kādas atsevišķas kritālas sastop tikai vienas sūnu sugas veidotu apaugumu, parasti sugas ir vairākas, atsevišķās grupās (velēnās) vai veido jauktas velēnas, bet citkārt aug kā atsevišķi augi starp citām sūnām (piemēram, buksbaumijas).

Koksnes sadalīšanās sākuma fāzē uz kritālām, ja uz tām vēl ir saglabājusies miza, turpina augt sūnas, kas tur jau auga, kokam vēl dzīvam esot, – epifīti un bieži no tām atšķirīgās koku stumbru pamatņu sugas.

Beidzamās, turpinoties trupēšanai, pakāpeniski ieviešas starp epifītiem, vēlāk tos izspiež pilnīgi un bieži pārņem visu trupošās kritālas virsmu. Pēdējā trupēšanas stadijā kā sausos, tā mitros biotopos ieviešas sugas, kuras ir raksturīgas ļoti satrupējušai koksnei (*Tetraphis pellucida*), bet tai savukārt seko zemsedzes – uz augsnes augošas – sugas, piemēram, no ģintīm *Rhytidiadelphus*, *Hylocomium*, *Dicranum*, *Pleurozium* un *Climacium*. Trupošas koksnes apsūņošanas shēma atspoguļo dažādas šī procesa sukcesijas stadijas. Ļoti bieži dažādu apstākļu dēļ atsevišķas sukcesijas stadijas iztrūkst. Mainīgs ir arī katras stadijas norises ilgums.

Tālāk seko uz trupošas koksnes atrasto sūnu sugu saraksts, kurā iekļautas sugas no visām atmirušas un trupošas koksnes apsūņošanas sukcesiju stadijām. Lapu sūnu zinātniskie nosaukumi tajā minēti pēc jaunākā Eiropas sūnu konspekta, kura izstrādē piedalījušies autoritātvī pasaules briologi (Hill et al., 2006), ievērojot jaunākās atziņas daudzu ģinšu un sugu sistemātiskās piederības izpratnē. Gadījumos, kad iepriekšējais (Āboliņa, 2001) sūnas nosaukums izmainīts, tas pievienots kā sinonīms iekavās aiz jaunā nosaukuma (sinonīmi var būt arī vairāki). Aknu sūnu nosaukumi doti pēc 2001. gada Latvijas sūnu saraksta. Ļoti retām sugām atsevišķos gadījumos pievienotas ziņas par atrašanās vietu un atradēju. Pēc sūnas zinātniskā nosaukuma minēts tās izplatības biežums Latvijā uz epiksīlā substrāta ar īsu norādi par to, uz kādiem substrātiem šeit suga vēl sastopama. Tālākais teksts attiecas vienīgi uz sūnām, kas atrastas uz trupošas koksnes – sugas sastopamība dažādās augtenēs un substrāta raksturojums. Mežu tipi un to nosaukumu saīsinājumi minēti pēc K. Buša (1989).

AKNU SŪNAS (HEPATICOPHYTINA)

***Anastrophyllum hellerianum* (Lindenb.) Schust.** Reti, sastop vienīgi uz trupošas koksnes, galvenokārt izplatīta dabiskos, saimnieciski mazskartos mežu masīvos. Skujkoku slapjos un susinātos, retāk sausieņu mežos – Dm, Vrs, Vr, Nd, Db, kā arī Km, Ks, Kp – uz skujkoku, galvenokārt priežu, kritālām bez mizas, resnu kritālu sānos. Aug kopā ar *Nowellia curvifolia*, *Lophocolea heterophylla* un *Cephalozia lunulifolia*.

***Anastrophyllum saxicola* (Schrab.) Schust.** Ļoti reti, sastop vienīgi uz trupošas koksnes. Ma, Os-Lk uz celma; suga vispār Latvijā ievākta vienreiz (Saldus raj., Benkavas mežniecība, O. Demiters).

***Aneura pinguis* (L.) Dum.** Uz epiksīla substrāta ļoti reti – Grs – uz nokrituša oša zara. Bieži uz augsnes karbonātiem bagātos zāļu purvos.

***Barbilophozia attenuata* (Mart.) Loeske**

Reti. Gandrīz vienīgi uz trupošas koksnes, vienreiz – uz dzīva koka (egles) mizas (šis ir U. Suško vākums,

1996. gadā). Slapjos skujkoku un lapu koku mežos – Nd, Db, Kp – sevišķi ēnainās gravās un pie avotiem. Aug uz bērzu un egļu kritālām, celmiem, retāk uz lieliem sausokņiem.

***Barbilophozia barbata* (Schmid.ex Schreb.) Loeske** Kā epiksīls ļoti reti, parasti uz augsnes. Suga ievākta Kp – uz veca melnalkšņa kritālas.

***Bazzania trilobata* (L.) S. Gray** Diezgan reti, biežāk Latvijas rietumdaļā. Vr, Vrs, Kp, arī mitros alksnājos – pārklāj satrupējušus vecus celmus, sausokņu pamatnes, reizumis kopā ar *Sphagnum quinquefarium*.

***Blepharostoma trichophyllum* (L.) Dum.** Diezgan bieži, bez epiksīlā substrāta aug arī uz koku pamatnēm, akmeņiem. Vr, Vrs, Grs, Nd, Db, Lk un palienas purvos – uz bērzu, apšu, melnalkšņu kritālām, trupošu skujkoku virszemes saknēm un kritālām – sevišķi mitrās vietās upīšu, ezeru krastos, pie avotiem, gravās. Reģistrēta kopā ar *Cephalozia bicuspidata*.

***Calypogeia integristipula* Steph.** Ļoti reti. Db, kā arī vecā egļu Ks – uz kritālām, veca liela izmēra celma, arī uz sīka celmiņa, strauta krastā uz trupoša zara.

***Calypogeia muelleriana* (Schiffn.) K. Müll.** Diezgan bieži. Vr, Mrs, Dms, Grs, Nd, Db, arī gravās un ūdenskrātuvju krastos – uz bērza, egles, priedes, melnalkšņa, ozola kritālām, satrupējušiem celmiem, saknēm.

***Calypogeia neesiana* (Mass. & Carest. emend. Buch) K. Müll.** Diezgan bieži. Arī uz meža nobīrām, minerālaugsnes un kūdras. Vrs, Grs, Ks – uz egļu un priežu dažāda izmēra kritālām un celmiem, arī uz stipri satrudējušām, jau neatpazīstamām kritālām, sevišķi slapjās vietās, tādās kā periodiski applūstošas ieplakas starp ciņiem, ap avotiem, sūnu purvu apmalēs.

***Calypogeia sphagnicola* (H. Arn. & J. Perss.) Warnst. & Loeske** Ļoti reti. Sūnu purvos uz trupošiem celmiem (Teiču rezervāts, B. Bambe).

***Calypogeia suecica* (H. Arn. & J. Perss.) K. Müll.** Reti, gandrīz vienīgi uz trupošiem kokiem, reti uz kūdras. Grs, Ks – uz dažāda izmēra egļu, priežu un melnalkšņu kritālām un celmiem slapjās vietās, arī upīšu un ezeru krastos. Aug kopā ar *Lepidozia reptans*, *Herzogiella seligeri*, *Tetraphis pellucida* un *Cephalozia bicuspidata*.

***Cephalozia bicuspidata* (L.) Dum.** Bieži. Dažādos meža tipos (Gr, Nd, Db, Lk, Dms, Vrs, Grs, kā arī Mrs, Ks), pļavās, sūnu, zāļu un palieņu purvos, pie strautiem, ezeru krastos – uz priežu, egļu, ozolu, apšu kritālām, trupošiem celmiem.

***Cephalozia catenulata* (Hüb.) Lindb.** Ļoti reti. Ievākta Latvijā vienreiz – E-Kp – uz egles kritālas (Madonas rajonā, Ļaudonas mežniecībā, B. Bambe).

***Cephalozia connivens* (Dicks.) Lindb.** Diezgan

reti, arī uz kūdras, sfagniem, spilvēm, atmirušiem lakstaugiem. Pv, sūnu purvos, slapjās vietās – uz priežu un egļu kritālām.

Cephalozia lunulifolia (Dum.) Dum. Reti, arī uz sfagniem, atmirušiem lakstaugiem. B-Nd, A-Nd, Ma-Nd, Dms – uz priežu un egļu kritālām, atrasta arī uz trupošas apses saknes un celma purva ezera krastā.

Cephalozia macrostachya Kaal. Ļoti reti, biežāk uz kūdras. Atrasta Nd stīgā – uz kritālas (Teiču rezervāts, B. Bambe).

Cephalozia pleniceps (Aust.) Lindb. Reti, arī sūnu purvu ciņu nogāzēs. Sūnu purvā uz trupoša celma, kopā ar *Pohlia nutans*.

Cephalozia rubella (Nees) Warnst. Ļoti reti, parasti uz augsnes. Dm – uz egles kritālas bez mizas (Šķaunes oss, A. Āboliņa).

Chiloscyphus pallescens (Ehrh.) Dum. Diezgan bieži, arī uz augsnes, dūņām vai peldoši ūdenī. Db, Grs, Ks – slapjās pārplūstošās ieplakās starp ciņiem, seklos grāvjos, kūdras bedrēs, pie strautiem, arī pie upēm un vecupēm. Aug uz kritālām, trupošiem zariem, trupošas lapu koku mizas, arī ūdenī.

Conocephalum conicum (L.) Lindb. Reti, galvenokārt uz augsnes. Lk, Db – strautu un upīšu krastos uz kritālām, kā arī uz trupošām saknēm ieplakās, izgāztu koku sakņu vietās.

Frullania dilatata (L.) Dum. Reti, bieži kā epifīts uz dažādu lapu koku stumbriem, reti – uz koku pamatnēm. Gr, Grs, Lk – uz lapu koku un krūmu (liepas, vītoli) kritālām un sausokņiem (apse).

Frullania tamarisci (L.) Dum. Ļoti reti, galvenokārt kā epifīts. Db un slapjos zāļu purvos uz ošu un melnalkšņu kritālām, kopā ar *Brachythecium rutabulum* (Klāņu purvs, A. Āboliņa).

Geocalyx graveolens (Schrad.) Nees Reti, aug arī uz augsnes, koku pamatnēm un virszemes saknēm, uz smilšakmens. Db, Lk, Vrs un Grs, sevišķi slapjos gravu mežos pie strautiem, avotiem, slapjās ieplakās – uz priežu, egļu un melnalkšņu kritālām, trupošiem celmiem, zariem.

Jamesoniella autumnalis (DC.) Steph. Diezgan bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm un virszemes saknēm. Dm, Vr, Gr, Grs, Nd, Db, Lk, As, Ks, Kp – uz egļu, priežu, bērzu, apšu un ozolu kritālām, celmiem, trupošām saknēm, bērza kritālu mizas.

Jungermannia leiantha Grolle Diezgan reti, arī uz koku pamatnēm, smilšakmeņiem. Vrs, Grs, Db, Kp – uz egļu un citām, neatpazītām dažāda izmēra kritālām, arī uz trupošām koku virszemes saknēm mitrās un slapjās applūstošās vietās starp ciņiem, pie avotiem.

Lejeunea cavifolia (Ehrh.) Lindb. Diezgan reti, galvenokārt kā epifīts, aug arī uz koku pamatnēm, akmeņiem. Vr, Gr, Grs, parasti niecīgos daudzumos – uz dažāda izmēra celmiem. Arī virs zaļsūnām, kas ieviesušās uz trupošas koksnes.

Lepidozia reptans (L.) Dum. Diezgan bieži, retāk uz augsnes, koku pamatnēm, smilšakmeņiem. Dm, Vr, Gr, Nd, Vrs, Ks, Kp, arī sūnu purvos. Nereti sastop ēnainās gravās – uz priežu, egļu, ozolu, ošu kritālām un celmiem, vai uz priedes sausokņiem stumbra pamata daļā.

Lophocolea bidentata (L.) Dum. Ļoti reti uz trupošas koksnes, parasti uz augsnes, zaļsūnām, atmirušiem lakstaugiem, akmeņiem. Reģistrēta slapjā egļu mežā uz kritālas.

Lophocolea heterophylla (Schrad.) Dum. Ļoti bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm, piepēm, akmeņiem. Sastop visos meža tipos, arī applūstošās vietās, uz skujkoku un lapu koku kritālām, trupošiem celmiem, nolūzušiem zariem, trupošām bērzu tāsīm.

Lophocolea minor Nees Ļoti reti, arī uz augsnes, akmeņiem, ozolu stumbra pamatnēm. Oz-Gr – uz ozolu kritālām.

Lophozia ascendens (Warnst.) Schust. Diezgan reti, sastop vienīgi uz trupošas koksnes. Jauktos un skuju koku mežos (Mrs, Dms, Vrs, Nd, Db, Km, Ks, Kp) – uz priežu (kopā ar *Lepidozia reptans*, *Jamesoniella autumnalis* un *Nowellia curvifolia*), egļu (kopā ar *Anastrophyllum hellerianum* un *Barbilophozia attenuata*), ozolu un vēl dažu citu neatpazītu koku kritālām, kā arī uz bērza sausokņa 1.5 m augstumā.

Lophozia incisa (Schrad.) Dum. Ļoti reti, arī uz koku pamatnēm, smilšakmens. Vrs, Grs, Ma-Db – zemākās slapjās vietās, kā arī pie avotiem, kur aug uz lapu koku kritālām, veciem satrupējušiem celmiem.

Lophozia ventricosa (Dicks.) Dum. Diezgan reti, arī uz smilšakmeņu atsegumiem. Palieņu purvos, jauktos un skujkoku mežos (Gr, Nd, Db, Vrs, Ks) uz priežu un egļu dažāda izmēra kritālām (ar mizu vai bez tās) un vecu egļu celmiem.

Piezīme. Vecos egļu mežos uz vecām priežu un egļu kritālām un celmiem (Slītere, Mežole) vietumis sastopama *Lophozia ventricosa* var. *silvicola* (Buch) E. W. Jones ex Schust. (ievācis U. Suško), kuras izplatība pagaidām ir neskaidra.

Metzgeria furcata (L.) Dum. Reti, biežāk kā epifīts, aug arī uz lapu koku pamatnēm, akmeņiem. Vr, Gr, nereti strautu un upīšu krastos uz ļoti satrupējušām lapu koku kritālām, vienreiz atrasta uz pīlādža sausokņa. Parasti nedaudz.

Mylia anomala (Hook.) S. Gray Diezgan reti, arī uz kūdras un sfagniem. Pv un sūnu purvos slapjās vietās uz priežu kritālām.

Nowellia curvifolia (Dicks.) Mitt. Diezgan bieži, sastop vienīgi uz trupošas koksnes. Beidzamajos gadu desmitos vērojama sugas izplatības paplašināšanās Latvijā. Mitros, vidēji auglīgos un auglīgos mežos (Mr, Dm, Vr, Gr, Dms, Vrs, Grs, Nd, Db, Lk, Ks un Kp), arī upju un strautu krastos, gravās, sūnu purvu malās – pārejas joslās ar citiem biotopiem.

Sastop galvenokārt uz egļu un priežu kriticalām bez mizas, bet atrasta arī uz trupošiem ozoliem un lapu koku celmiem, uz skujkoku kriticalām ar mizu un arī uz kriticalām beidzamajā trupēšanas stadijā; parasti izplatās gandrīz tīraudzēs pa visu kriticalu.

***Odontoschisma denudatum* (Nees) Dum.** Diezgan bieži, aug arī uz augsnes, smilšakmeņiem. Vr, Gr, Nd, Db, Mrs, Grs, Ks un sūnu purvos uz skuju koku kriticalām, it īpaši strautu un ezeru krastos, pie avotiem un citās mitrās vietās.

***Plagiochila asplenoides* (Lemend. Tayl.) Dum.** Diezgan reti, arī uz augsnes un meža nobirām, koku pamatnēm. Grs, Db, Vr – uz egļu, priežu un baltalkšņu ļoti satrupējušām kriticalām.

***Plagiochila poroloides* (Torrey ex Nees) Lindenb.** Diezgan reti, arī uz augsnes, koku stumbru pamatnēm un virszemes saknēm, akmeņiem, smilšakmeņiem. Gr, Grs, Db – uz kriticalām, celmiem, trupošām virszemes saknēm.

***Ptilidium ciliare* (L.) Hampe** Diezgan reti, biežāk uz augsnes, koku pamatnēm (bērziem, priedēm), gadās arī uz zaļsūnām (*Hylocomium splendens*). Mr, Ln, Dm un Nd, arī sūnu purva malās – parasti uz skujkoku kriticalām un celmiem. Apdzīvotās vietās dažkārt uz ēku lubiņu jumtiem.

***Ptilidium pulcherrimum* (G. Web.) Vainio** Ļoti bieži, aug arī uz koku stumbriem un pamatnēm, augsnes, akmeņiem. Visos mežu tipos, kā arī zāļu, sūnu un avotu purvos, parkos – uz priežu, bērzu, melnalkšņu, liepu, vītoli un pīlādžu kriticalām un celmiem, vai neatpazītiem trupošiem kokiem, kadiķu un baltalkšņu sausokņiem, lubiņu jumtiem.

***Radula complanata* (L.) Dum.** Diezgan bieži, parasti nedaudz; bieži uz koku stumbriem un pamatnēm, akmeņiem. Gr, Vr, iespējams arī citos mežu tipos un parkos – galvenokārt uz lapu koku kriticalām un celmiem. Reģistrēta arī uz kadiķu un baltalkšņu sausokņiem.

***Riccardia latifrons* (Lindb.) Lindb.** Diezgan reti, arī uz kūdras un sfāgniem. Pv, Nd, Ks, Kp, kā arī sūnu, zāļu un palieņu purvos uz melnalkšņu un skujkoku, galvenokārt priežu, kriticalām, dažkārt uz sausokņu pamatnēm. Nereti pie avotiem. Izplatība citos biotopos vēl ir noskaidrojama.

***Riccardia palmata* (Hedw.) Carruth.** Reti, aug vienīgi uz trupošanas koksnes. Vr (gravā), Gr, Grs, Db – uz egļu, priežu, ošu un melnalkšņu kriticalām.

***Scapania apiculata* Spruce** Reti, atrasta vienīgi uz trupošanas koksnes. Vr, Gr, Lk, Db – uz vecām egļu, priežu un apšu kriticalām. Dažkārt kopā ar *Nowellia curvifolia* un *Lophocolea heterophylla*.

***Scapania irrigua* (Nees) Gott. & al.** Reti, biežāk uz augsnes. Db, Grs un Ks mitrās ieplakās un grāvjos uz kriticalām, ezera lēsā uz trupoša balķa, trupošiem grāvju tiltiņiem, kopā ar *Drepanocladus aduncus* un *Callicladium haldanianum*.

***Scapania nemorea* (L.) Grolle** Ļoti reti, aug arī uz akmeņiem, smilšakmeņiem, Lk – uz melnalkšņu sakņu ciņiem. Uz stigas pie Grs, uz trudošas koksnes (Akmeņdziru mežniecība, A. Āboliņa), seklā apēnotā upītē uz kriticalas virs ūdens (Slītere, Ķiemeļupītē, U. Suško) un mistrotā mežaudzē uz vecas priedes kriticalas (Nīcas mežniecība, O. Demīters).

***Trichocolea tomentella* (Ehrh.) Dum.** Ļoti reti, parasti aug uz augsnes. Db – uz stipri satrupējušas kriticalas un trupoša koka zara.

***Tritomaria exsectiformis* (Bridl.) Loeske** Ļoti reti, arī uz smilšakmens un augsnes. Db – uz egļu kriticalām.

LAPU SŪNAS (BRYOPHYTINA)

***Abietinella abietina* (Hedw.) M. Fleisch.** (*Thuidium abietinum* (Hedw.) Schimp.). Ļoti reti, bieži uz augsnes. Sausās atklātās vietās (atmatās, sausās pļavās, ceļmalās, kāpās) – parasti uz ilgi trupējušiem neatpazīstamiem kokiem bez mizas.

***Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.** Ļoti bieži, arī uz koku stumbriem un pamatnēm, augsnes, akmeņiem, betona un kūlas. Mr, Ln, Vr, Gr, Lk, Ks, Kp un citos mežu tipos, zāļu purvos, pļavās, izcirtumos, parkos – uz priežu, egļu, lapu koku un krūmu kriticalām, celmiem un sausokņu pamatnēm. Apdzīvotās vietās uz trupošiem koka izstrādājumiem. Karbonātiska piesārņojuma apstākļos izplatība ievērojami paplašinās.

***Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp.** Reti, arī uz koku stumbriem, pamatnēm. Gr, biežāk gravu mežos, uz lapu koku kriticalām, kļavu un baltalkšņu celmiem.

***Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener** Ļoti reti, arī uz koku stumbriem un pamatnēm, akmeņiem, smilšakmens atsegumiem. Gr – uz lapu koku kriticalām, celmiem.

***Anomodon longifolius* (Schleich. ex Brid.) Hartm.** Diezgan bieži, arī uz koku stumbriem un pamatnēm, akmeņiem, smilšakmens atsegumiem, niedru jumtiem. Vr, Gr, Grs – uz lapu koku kriticalām; parasti daudz, blīvā segumā sedz lielu trupošā koka virsmu.

***Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. & Taylor** Diezgan bieži, arī uz koku stumbriem un pamatnēm, akmeņiem, ļoti reti uz augsnes. Gr – uz lapu koku kriticalām, sevišķi gravu mežos, dziļu upju ieleju seno krastu nogāzēs; parasti daudz, blīvā segumā.

***Antitrichia curtipendula* (Hedw.) Brid.** Ļoti reti, arī uz koku stumbriem un pamatnēm, akmeņiem, salmu jumtiem. Gr – uz lapu koku kriticalām. Biežāk Latvijas rietumdaļā.

***Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.** Ļoti reti, parasti uz augsnes, reti uz bērzu pamatnēm, smilšakmens atsegumiem. Gr, atsevišķos gadījumos uz stipri satrudējušiem celmiem (osis).

***Aulacomnium androgynum* (Hedw.) Schwägr.** Diezgan bieži Latvijas rietumdaļā, austrumos –

reti, aug arī uz augsnes, akmeņiem, smilšakmens atsegumiem, eglu pamatnēm. Sastop dažādos mežu tipos (Mr, Ln, Dm, Vr, Db, Lk, Vrs, Grs, Km, Ks u.c.). Aug nelielām grupām uz lapu koku un skujkoku kritālām, dažāda izmēra celmiem, it īpaši strautu, upju un ezeru tuvumā, gravās, bieži kopā ar *Tetraxis pellucida* un *Plagiomnium cuspidatum*.

***Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr.** Ļoti reti, bieži sastop uz augsnes. Pārpurvotos, minerālvielām nabadzīgos mežos, purvos un pļavās uz veciem celmiem, kritālām.

***Brachythecium velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen** (*Brachythecium velutinum* (Hedw.) Schimp.) Bieži, arī uz augsnes, lapu koku stumbriem un to pamatnēm, akmeņiem. Gr, Db, Nd, Vrs un citos mežu tipos – uz apšu un baltalkšņu kritālām, kā arī uz neatpazītiem trupošiem kokiem un atsevišķiem zariem, celmiem, sausokņu pamatnēm (apse). Aug kopā ar *Amblystegium serpens*, *Lophocolea heterophylla* un *Hypnum cupressiforme*.

***Brachythecium albicans* (Hedw.) Schimp.** Ļoti reti, bieži uz augsnes vai laukakmeņiem. Atklātās sausās vietās pauguru nogāzēs, ceļu malās vai priežu jaunaudzēs – uz satrunējušiem celmiem, zariem un kadiķu sausokņu pamatnēm.

***Brachythecium rivulare* Schimp.** Diezgan bieži, arī uz augsnes, akmeņiem, dūņām, vecām lapām. Db, mitrās strautu gravās, avotainās dūkstainās vietās – lielās audzēs uz trupošām kritālām un atsevišķiem trupošiem zariem.

***Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.** Ļoti bieži, arī uz augsnes, lapu koku stumbriem pamatnēm, akmeņiem, smilšakmeņiem. Mitros, minerālvielām bagātos mežos (Gr, Grs, Db un Lk), īpaši kuplas audzes veido strautmalās un avotainās gravās, kur sedz lielu trupošo koku virsmu. Aug uz lapu koku, retāk eglu, kritālām, celmiem un zariem, bet apdzīvotās vietās – uz trupošiem koka izstrādājumiem.

***Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp.**, nom.cons. Diezgan bieži, aug arī uz lapu koku stumbriem pamatnēm, augsnes un akmeņiem. Db, Gr, Vr, Kp, Mrs vai atklātās vietās (pļavās, kāpās, ezeru piekrastēs) – uz kritālām, trupošiem zariem, celmiem, kadiķu sausokņiem.

***Breidleria pratensis* (W. D. J. Koch ex Spruce) Loeske** (*Hypnum pratense* W. D. J. Koch ex Spruce) Ļoti reti, parasti uz augsnes, dažreiz uz koku pamatnēm. Gr, Ks un Kp – uz kritālām, celmiem, atsevišķiem zariem.

***Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) P. C. Chen** Reti, arī uz augsnes, karbonātiem bagātiem akmeņiem, smilšakmeņiem, virszemes saknēm. Ievākta uz baltalkšņa sausokņa pamatnes upītes krastā. Uz trupošas koksnes ieviešas arī ar karbonātus saturošiem putekļiem piesārņotos mežos un citos biotopos (lielceļu malās, cementa ražotņu tuvumā

un citās līdzīgās vietās), kur galvenais cēlonis sūnas klātbūtnē ir putekļu emisija.

***Bryum argenteum* Hedw.** Diezgan bieži. Parasti uz augsnes, betona. Vienīgi apdzīvotās vietās uz trupošiem lieliem un veciem celmiem, uz kuru virsmas nogūlušies augsnes putekļi gandrīz nemanāmā kārtiņā. Nereti kopā ar *Bryum caespiticium*.

***Bryum caespiticium* Hedw.** Diezgan reti, parasti uz augsnes. Sausās vietās, sevišķi apdzīvotu vietu tuvumā, uz trupošiem lieliem un veciem celmiem, uz kuru virsmas nogūlušies augsnes putekļi. Nereti kopā ar *Bryum argenteum*.

***Bryum capillare* Hedw.** Diezgan reti, arī uz augsnes, akmeņiem, smilšakmeņiem, dažkārt uz lapu koku stumbriem pamatnēm. Ln, Dm, Vr, Gr, Lk – uz trupošām bērza kritālām, pūpolvītoliem, ošu celmiem, reģistrēta kopā ar *Herzogiella seligeri*.

***Bryum cyclophyllum* (Schwägr.) Bruch & Schimp.** Ļoti reti. Ap 4 m dziļā izžuvušā grāvī sūnu purvā, uz trūdoša koka pie grāvja dibena (Ventspils raj., Stikli, Sēmes purvs, B. Bambe).

***Bryum moravicum* Podp.** (*B. flaccidum* auct. non Brid., *B. subelegans* auct. non Kindb.) Diezgan reti, arī uz augsnes, betona, piepēm. Sakarā ar sugas veģetatīvās vairošanās īpatnībām (liela daudzuma vairkermēņu veidošanos sūnas dzīves gaitā un savairošanos atsevišķās vietās) uz trupošas koksnes dažkārt lielās grupās. Gr, Db – uz veciem trupošiem kokiem (egļēm, ozoliem) un trupošām koku virszemes saknēm.

***Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P.Gaertn. & al.** Diezgan bieži, arī uz augsnes, grīšļu ciņiem un koku virszemes saknēm. Ezeru krastos, mitros grāvjos uz trupošas koksnes, melnalkšņu celmiem. Aug kopā ar *Leptodictyum riparium* un *Hygroamblystegium varium*.

***Buxbaumia aphylla* Hedw.** Ļoti reti, parasti uz atsegtas augsnes sausos priežu mežos. Uz priedes kritālas (Ikšķile, Ogres Kangari, E. Vimba).

***Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl.** Ļoti reti, sastop vienīgi uz trupošas koksnes. Gr, Grs – uz trupošām liela izmēra kritālām. Zināma tikai no Slīteres (pirmo reizi tur atradis U. Suško).

***Callicladium haldanianum* (Grev.) H. A. Crum** Diezgan reti, parasti uz koku stumbriem, pamatnēm un virszemes saknēm. Gr, Grs, Vrs, Db, Lk, Ks, Kp, sūnu purvu apmalēs, strautu krastos – uz priežu, eglu, apšu, bērzu un ozolu kritālām, celmiem, sausokņiem un nolūzušiem trupošiem zariem, kā arī uz trupoša balķa vecā mājvietā.

***Callicladium cordifolium* (Hedw.) Kindb.** Reti, parasti sastop uz augsnes. Sūnu purvu malu pārejas joslās, izžuvušās ieplakās, arī slapju auglīgu mežu ieplakās – uz trupošām kritālām, nokritušiem atmirušiem zariem.

***Calliergon giganteum* (Schimp.) Kindb.** Reti, parasti uz augsnes. Ezeru krastos un zāļu purvos uz kriticalām, trupošiem bērzu celmiem.

***Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske** Diezgan reti, parasti uz augsnes, slapjās vietās uz koku pamatnēm, akmeņiem. Dumbbrāju un liekņu ieplakās, zāļu purvos, slapjās pļavās, avoksnajos, ezeru piekrastēs, diķos un linu mārkos – uz trupošiem kokiem, celmiem un saknēm, ūdenskrātuvēs uz iegremdētiem baļķiem. Ar karbonātiem bagātiem putekļiem piesārņotā damaksnī reģistrēta uz ~0.7 m augsta skujkoka celma.

***Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedenäs** (*Hypnum lindbergii* Mitt.) Ļoti reti, parasti uz augsnes vai karbonātus saturošiem akmeņiem, arī laukakmeņiem. Atrasta uz resnas lapu koku kriticalas, kas pārkritusi pār avotu (U. Suško).

***Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R. S. Chopra** (*Campylium chrysophyllum* (Brid.) Lange) Reti, parasti uz lapu koku stumbriem un pamatnēm, laukakmeņiem, kā arī uz karbonātus saturošiem akmeņiem. Gravās uz kriticalām, celmiem, arī satrudējušu celmu vietās uz prauliem, it sevišķi, ja gravu sienas veido dolomīta ieži (tad sūnas ieviešanas acīmredzot sekmē no iežiem atdalījušies karbonātus saturošie putekļi, par ko šādos apstākļos liecina arī kalcifilās sūnas *Amblystegium serpens* klātbūtne).

***Campylium stellatum* (Hedw.) Lange & C. E. O. Jensen** Reti. Parasti uz augsnes, apšu pamatnēm un virszemes saknēm. Db slapjās ieplakās vai strautu krastos, kā arī palieņu purvos uz trupošiem kokiem un to mizas.

***Campylophyllum calcareum* (Crundw. & Nyholm) Hedenäs** (*Campylium calcareum* Crundw. & Nyholm) Diezgan reti, parasti uz augsnes, akmeņiem. Gr – uz trupošām kriticalām (gobām un citiem lapu kokiem).

***Campylophyllum sommerfeltii* (Myrin) Hedenäs** (*Campylium sommerfeltii* (Myrin) Lange) Diezgan reti, parasti uz augsnes, koku pamatnēm un virszemes saknēm. Gr, Ap – uz kriticalām un satrunējušām koku saknēm, atzīmēta arī uz pūpolvītola kriticalas mizas.

***Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.** Diezgan reti, parasti uz augsnes. Sausieņu mežos un to laucēs (Sl, Mr, Ln, Dm), kā arī pļavās, zālienos, upju un ezeru krastmalās, izcirtumos, degumos, apdzīvotās vietās – uz trupošiem dažādu koku (arī ozolu) celmiem, kriticalām, juntu lubiņām, žogu dēļiem. Nereti šajās vietās, kaut nelielā daudzumā, ir nosēdušies augsnes putekļi.

***Cirriphyllum piliferum* (Hedw.) Grout** Reti, parasti uz augsnes, koku stumbru pamatnēm, akmeņiem. Sausieņu un nosusinātos mežos (Dm, Gr, Grs, Lk, Ks un citur) – uz kriticalām un lapu koku celmiem, it īpaši zem nātrēm un avenēm. Suga ir nitrofila.

***Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr** Reti, parasti uz augsnes. Db, Vrs, Grs – mitrās un slapjās ieplakās uz kriticalām, celmiem. Apdzīvotās vietās dažkārt uz ēku stipri satrupējušu lubiņu jumtiem.

***Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce** Reti, parasti uz augsnes. Gr – uz kriticalām strautu krastos, avotainās vietās. Nereti velēnās ieskalota augsne.

***Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt.** Ļoti reti, parasti uz augsnes vai karbonātus saturošiem akmeņiem. Tikai vienreiz suga ievākta uz kriticalas Lk (Otaņķi, A. Āboliņa).

***Dicranodontium denudatum* (Brid.) Britton** Ļoti reti, arī uz kūdras. Latvijā uz satrunējuša koka ievākta vienīgi Laugas purva malā Kārtužu apkārtnē (N. Malta, 1922. gadā). Otrajā Latvijas atradnē – Teiču rezervāta NW daļā – skujkoku mežā sugu uz kūdras ievākusi B. Bambe 1990. gadā, noteikusi A. Āboliņa 2008. gadā).

***Dicranum flagellare* Hedw.** Bieži, retāk nekā uz trupošanas koksnes sastop uz augsnes, aug arī uz skujkoku un bērzu pamatnēm. Dažādos mežu tipos, priežu, egļu, bērzu, ozolu un jauktos mežos, kā arī sūnu purvos – uz kriticalām un veciem, trupošiem celmiem.

***Dicranum majus* Sm.** Ļoti reti, parasti uz augsnes. Dm, Vr, Vrs – uz kriticalām un veciem celmiem.

***Dicranum montanum* Hedw.** Ļoti bieži, arī uz koku pamatnēm un augsnes ap tām. Gandrīz visu tipu mežos un to izcirtumos, purvos vai arī atklātās vietās, galvenokārt uz skujkoku, bērzu, melnalkšņu, ozolu celmiem un kriticalām dažādā to trupēšanas stadijā, arī uz mizas.

***Dicranum polysetum* Sw. ex anon.** Diezgan bieži. Galvenokārt vidēji auglīgos vai mazauglīgos kā sausieņu, tā nosusinātos mežos un sūnu purvos – uz priežu, baltalkšņu, bērzu un citu sugu koku kriticalām.

***Dicranum scoparium* Hedw.** Ļoti bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm un pat stumbriem. Aug galvenokārt uz skujkoku un bērzu kriticalām un celmiem visdažādāko tipu mežos (Mr, Mrs, Dm, Dms, Ln, Gr, Grs, Db, Ap un citur), turklāt biežāk dūkstainos mežos, mitrās ēnainās gravās augošos mežos un sūnu purvos.

***Dicranum undulatum* Schrad. ex Brid.** (*D. bergeri* Blandow) Reti, parasti uz kūdras. Sūnu purvos uz trupošiem kokiem.

***Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb.** Ļoti reti, aug arī uz koku pamatnēm un laukakmeņiem. Reģistrēta baltalkšņu audzē mitrā ieplakā – gravas paplašinājumā uz trupoša baltalkšņa stumbra Daugavpils rajonā, dabas liegumā “Pilskalnes Siguldiņa” (Bambe, 2002), kur augusti kopā ar *Sanionia uncinata* un *Brachythecium rutabulum*.

***Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst.** Reti, arī uz augsnes un zāļu atliekām. Lk, ezeru un dīķu krastmalās pie ūdens un ūdenī – uz trupošiem kokiem.

***Drepanocladus polygamus* (Schimp.) Hedenäs** (*Campylium polygamum* (Schimp.) Lange & C. E. O. Jensen) Reti, galvenokārt uz augsnes zāļu un pārejas purvos, piedalās arī ūdenskrātuvju lēsas veidošanā. Lieknās, dumbrājos – slapjās ieplakās uz trupošiem kokiem, ezeros uz iegremdētām koku būvēm un atsevišķiem balķiem.

***Eurhynchiastrum pulchellum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen** (*Eurhynchium pulchellum* (Hedw.) Jenn.) Diezgan reti, arī uz augsnes un akmeņiem. Gr, uz lapu koku nolūzušiem trupošiem zariem, celmiem; citos mežos – karbonātus saturošu putekļu piesārņotās vietās.

***Eurhynchium angustirete* (Broth.) T. J. Kop.** Diezgan bieži, galvenokārt uz augsnes. Auglīgos mežos (Gr, Grs, Db, Lk, Kp), sevišķi mitrās un pat slapjās vietās uz kralālām, trupošām koku saknēm, zariem un citām trupošu koku paliekām. Dm reģistrēta uz trupošiem celmiem karbonātus saturoša piesārņojuma apstākļos zemes ceļa tuvumā.

***Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp.** Reti, aug arī uz augsnes. Gr – uz celmiem (Moricsala, Sāviena).

***Fissidens adianthoides* Hedw.** Diezgan reti, arī uz augsnes, koku stumbru pamatnēm, akmeņiem. Auglīgos pārpurvotos un nosusinātos mežos (Vrs, Grs, Db, Lk, Kp), kur aug trupošu celmu sānos, uz kralālām un trupošām koku saknēm.

***Fissidens osmundoides* Hedw.** Reti, arī uz augsnes un akmeņiem. Db, Lk, Kp, sevišķi ēnainos strautu un upīšu krastos – uz celmiem, tai skaitā arī uz dažāda lieluma melnalkšņu celmiem.

***Fontinalis antipyretica* Hedw.** Diezgan bieži, ūdens sūna, parasti peldoši ūdenī vai piestiprinājusies akmeņiem, augsnei, koku saknēm. Strautos, upēs, dīķos un ezeros dažādā dziļumā uz ūdenī iegremdētiem dažāda izmēra trupošiem kokiem.

***Fontinalis dalecarlica* Schimp.** Ļoti reti, parasti ūdenī peldoši vai piestiprinājusies augsnei, koku saknēm. Lobēliju-ezereņu ezeros uz ūdenī sakritušiem trupošiem kokiem un atmīrušām koku saknēm dažādā dziļumā. Sastopamība Latvijā samazinās ezeru eitrofikācijas ietekmē.

***Funaria hygrometrica* Hedw.** Reti, pioniersuga, parasti uz augsnes un dažādiem karbonātus saturošiem substrātiem. Mežu degumos uz degušiem kokiem vai to celmiem, kā arī ceļu malās uz celmiem – zemes ceļu putekļu ietekmes zonā (karbonātus saturošu putekļu piesārņojums). Nosacīts epiksīlis.

***Hedwigia ciliata* (Hedw.) P. Beauv.** Ļoti reti. Gandrīz obligāts epilīts, parasti uz dažādiem akmens substrātiem. Reģistrēta vērī, uz egles

celma, nelielā velēnā. Rīgas kapsētās vietām uz gandrīz pilnīgi satrupējušiem, krāsajumu sen zaudējušiem soliņiem (iespējams, ka krāsas atliekas šajos gadījumos sekmējušas sūnas ieviešanos un augšanu).

***Herzogiella seligeri* (Brid.) Z. Iwats.** Ļoti bieži, galvenokārt uz trupošas koksnes, arī uz koku stumbru pamatnēm un virszemes saknēm. Gandrīz visu tipu mežos, sevišķi ezeru, strautu un upju krastos vai to tuvumā, senlejās, gravās, avotainās vietās – uz egļu, priežu, liepu, baltalkšņu, apšu un citu koku kralālām, celmiem, parasti nedaudz.

***Homalia trichomanoides* (Hedw.) Brid.** Diezgan bieži, parasti epifīts uz dzīvu koku stumbriem un pamatnēm vai uz akmeņiem (epilīts). Vr, Gr, Grs, Db, Lk, biežāk vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu – uz kralālām, celmu pamatnēm, ozolu un ievu sausokņiem.

***Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob.** Ļoti reti, parasti uz karbonātus saturošiem substrātiem – uz augsnes un akmeņiem. Atrasta gāršā – uz egles celma zemes ceļa putekļu emisijas ietekmes zonā.

***Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp.** Ļoti reti, sastopama galvenokārt kā epifīts uz dzīvu koku stumbriem vai kā epilīts uz akmeņiem. Aug vecos parkos, Gr, Grs – uz liela izmēra ošu kralālām, celmiem, trupošām lazdām un pūpolvītoliem.

***Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn.** (*Amblystegium tenax* (Hedw.) C. E. O. Jensen) Ļoti reti, parasti uz akmens substrātiem slapjās vietās. Strautos, dīķos, linu mārkos, ūdenī – uz trupošiem kokiem.

***Hygroamblystegium varium* (Hedw.) Mönk.** (*Amblystegium varium* (Hedw.) C. E. O. Jensen) Diezgan bieži, sevišķi strautu un upīšu krastos, arī uz augsnes un akmeņiem. Db, Grs, Vrs, Kp, arī palieņu purvos – uz trupošiem kokiem un saknēm pie ūdens; turpina augt arī tad, ja sūnu velēnās uzkrājas ieskalota augsne. Nereti kopā ar *Cratoneuron filicinum*.

***Hylocomiastrum umbratum* (Hedw.) M. Fleisch.** (*Hylocomium umbratum* (Hedw.) Schimp.) Ļoti reti, aug arī uz augsnes. Nelielā daudzumā atrasta uz kralālām Kp un E-Db (Mežole, U. Suško; Taurene, B. Bambe).

***Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.** Diezgan bieži, parasti uz augsnes auglīgāku mežu zemsedzē, kur tā ir izplatīta arī uz trupošām kralālām beidzamajā to sadalīšanās stadijā.

***Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *cupressiforme* un var. *filiforme* Brid.** Ļoti bieži – viena no izplatītākajām sūnām uz trupošas koksnes Latvijā, aug arī uz augsnes un akmeņiem. Dažādos mežos, kā arī citos biotopos – galvenokārt uz lapu koku (ozolu, bērzu, liepu, kļavu, ošu, apšu un melnalkšņu) kralālām, trupošiem zariem, virszemes saknēm, celmiem, kā arī uz ozolu, baltalkšņu un kadiķu sausokņiem.

Hypnum pallescens (Hedw.) P. Beauv. Diezgan bieži, arī uz koku pamatnēm, augsnes un laukakmeņiem. Gr, Db, Kp, Ks, sūnu purviņos, ezeru krastmalās – uz trupošām kriticalām, celmiem un nolūzušiem zariem (egļēm, priedēm, bērziem, baltalkšņiem, pūpolvītoliem, melnalkšņiem).

Isothecium alopecuroides (Lam. ex Dubois) Isov. Diezgan reti, aug arī uz laukakmeņiem, koku stumbriem un pamatnēm. Vr, Vrs, Lk, Gr, Grs – uz vecu ozolu un citu, neatpazītu koku kriticalām, celmiem, sausokņu pamatiem.

Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra (Eurhynchium praelongum (Hedw.) Schimp.) Diezgan bieži, arī uz augsnes un koku pamatnēm. Gr, sevišķi mītrās apēnotās gravās, upīšu un strautu krastos – uz kriticalām, celmiem, trūdošu koku mizas.

Leptobryum pyriforme (Hedw.) Wilson Diezgan reti, pioniersuga, parasti uz augsnes, karbonātiem bagātiem substrātiem. Ezeru krastos, uz apdegušu celmu pamatnēm (priedes). Šīs sugas sastopamībai uz epiksīla substrāta ir gadījuma raksturs: tā ieviešas uz apdegušas koksnes.

Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst. (Amblystegium riparium (Hedw.) Schimp.) Diezgan bieži, arī ezeros, to slīkšņās, upēs, vecupēs, grāvjos, avotos, strautos uz laukakmeņiem un karbonātus saturošiem akmeņiem, augsnes, koku pamatnēm un saknēm. Mitros un slapjos auglīgos, arī nosusinātos mežos (Nd, Lk, Db, Grs, Vrs, Kp), zāļu un pārejas purvu pārplūstošās ieplakās, atkārtoti izžūstošās dūkstīs, arī citur strautu, upīšu, izžūstošu vecupju un ezeru krastos vai ūdenī – uz kriticalām, trupošiem zariem, baļķiem (bērza, melnalkšņa u.c.).

Leskea polycarpa Hedw. Diezgan reti, biežāk uz koku stumbru pamatnēm un akmeņiem. Gr, muižu parkos un citur līdzīgās vietās, it īpaši periodiski pārplūstošu ūdenskrātuvi krastos, upju krastmalās – uz lapu koku (gobu, alkšņu, vītoli, liepu un citu koku) kriticalām.

Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwägr. Diezgan bieži, vairāk kā epifīts-epilīts. Gr, apdzīvotās vietās vai to tuvumā – alejās, vecos parkos. Galvenokārt uz lapu koku kriticalām un celmiem (ozoliem, ošiem, vītoliem), it īpaši vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu. Uz trupošas koksnes saglabājas ilgstoši, jo cietie lapu koki, uz kuriem sūna aug to dzīves laikā, trupot sadalās lēni. Tā, piemēram, pēc mūsu novērojumiem, Valmieras rajona Sēļu pagastā uz Latvijā kādreiz lielākā Tūteres ozola stumbra atliekām, kopš koks nolūzīs 1968. gadā, šī, galvenokārt epifītiskā, sūna kopā ar *Hypnum cupressiforme* turpina joprojām augt biežās, blīvās audzēs.

Mnium hornum Hedw. Diezgan bieži, sevišķi Latvijas rietumu daļā, arī uz augsnes, koku pamatnēm, smilšakmeņiem. Mitros un slapjos auglīgos vai vidēji auglīgos mežos (Db, Lk, Gr, Grs, Dms, Vrs, Kp),

arī ūdenskrātuvi un strautu krastmalās – uz veciem celmiem, kriticalām, satrunējušām virszemes saknēm (melnalkšņiem) un egļu sausokņu pamatnēm.

Mnium stellare Hedw. Ļoti reti, biežāk sastop uz augsnes. Grs, Lk, Kp – uz kriticalām, celmiem, sevišķi pēc meža nobiru uzkrāšanās sūnu velēnās.

Myurella julacea (Schwägr.) Schimp. Ļoti reti, arī uz karbonātus saturošiem akmeņiem. Uz kriticalas ievākta vienīgi Gr, pie avota (GNP, Sigulda, A. Āboliņa).

Neckera complanata (Hedw.) Huebener Ļoti reti, parasti lapu koku epifīts. Grs, nelielām grupām uz lapu koku kriticalām, sausokņiem un celmiem, sevišķi avotainās vietās.

Neckera crispa Hedw. Ļoti reti, nelielām grupām, parasti uz koku stumbru mizas vai laukakmeņiem. Grs – uz resnas oša kriticalas (Slītere, B. Bambi).

Neckera pennata Hedw. Ļoti reti, parasti uz koku stumbriem. Gr, Vr, Db, arī Db un Ln kontaktjoslā – uz lapu koku un egļu kriticalām vai nelielām grupām uz vecu apšu sausokņu pamatnēm.

Orthotrichum affine Schrad. ex Brid. Ļoti reti, reti arī uz akmeņiem, lapu koku stumbriem un pamatnēm. Uz trupošas koksnes ievākta vienīgi Rīgā – uz vecu dēļu žogiem (profesora K. Kupfera vākums 20. gs. sākumā).

Orthotrichum gymnostomum Bruch ex Brid. Reti, parasti uz koku stumbru mizas, arī uz betona. Apdzīvotās vietās vai atstatu no tām (jūras krastā) sastopama uz kriticalām, malkas un citas trupošas koksnes, arī lauku apvidos, piemēram, fermu tuvumā.

Orthotrichum obtusifolium Brid. Reti, parasti uz koku stumbru mizām un to plaisās, it īpaši apdzīvotās vietās vai to tuvumā. Ceļmalās – uz kriticalām (bērzu), trupošu koku zariem, dēļu žogiem.

Orthotrichum pallens Bruch ex Brid. Ļoti reti, arī kā epifīts un epilīts. Gr – uz nokaltušu egļu zariem.

Orthotrichum pumilum Sw. ex anon. Reti, arī kā epifīts. Apdzīvotās atklātās vietās uz vītoli kriticalām, veciem dēļu žogiem.

Orthotrichum speciosum Nees Diezgan reti, visur nedaudz, bieži kā epifīts un epilīts. Gr – uz kriticalām (apšu, gobu, pūpolvītoli, baltalkšņu, bērzu, lazdu), trupošiem zariem (egļu), sausokņiem (ošu, baltalkšņu, kadiķu), apdzīvotās vietās – uz veciem dēļu žogiem.

Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske (Eurhynchium hians (Hedw.) Sande Lac., E. swartzii (Turn.) Curn.) Diezgan bieži, parasti aug uz augsnes. Gr, muižu parkos, dārzos – uz satrupējušiem celmiem, kriticalām, zariem, vecām koka būvēm (tiltiņiem, kāpnēm, soliņiem).

Paraleucobryum longifolium (Hedw.) Loeske Ļoti reti, galvenokārt uz akmeņiem. Uz trupošas koksnes suga atzīmēta vienreiz – Viesienā, uz egles celma (J. Zaikovs, 1939. gada vākums, noteicis F. Koppe), taču uz koku pamatņu mizas, kas savā ziņā uzskatāma

par līdzīgu substrātu, sevišķi veciem kokiem, dažas reizes ir ievākta arī vēlāk – Dm, uz priedes (Smiltene, 1960. g., A. Āboliņa), L-Gr, uz liepas (Vecsloboda, 1977. g., A. Āboliņa).

Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T. J. Kop. Reti, bieži uz augsnes un koku pamatnēm. Dm, Vr, Gr, Grs, Lk – uz celmiem vai kritālām, parasti nedaudz. Sugas sastopamība uz trupošas koksnes ir vairāk vai mazāk nejauša.

Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T. J. Kop. Diezgan bieži, arī uz augsnes, akmeņiem, koku stumbru pamatnēm, dolomīta un betona. Gr, Grs, Vr, Dm, Db, Lk, Kp, Ap – uz stipri satrudējušām kritālām, celmiem (bērziem, ozoliem un citiem kokiem), kā arī uz sausokņu pamatnēm.

Plagiomnium ellipticum (Brid.) T. J. Kop. Diezgan bieži, parasti uz augsnes. Sastop uz jau labi satrudējušām kritālām Grs, Db, Lk, sevišķi dūkstainās un avoksnainās vietās.

Plagiomnium medium (Bruch & Schimp.) T. J. Kop. Ļoti reti, biežāk uz augsnes. Vr, uz trupošiem zariem kriteres iepakā (Skaistkalne, B. Bambi).

Plagiomnium undulatum (Hedw.) T. J. Kop. Diezgan bieži, galvenokārt uz augsnes. Gr, Grs, Db, Lk, biežāk gravās, ūdeņu tuvumā un citās vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu – uz labi satrudējušām kritālām un celmiem.

Plagiothecium cavifolium (Brid.) Z. Iwats. Reti, arī uz augsnes, koku pamatnēm. Dm, Grs, Db, Ks, Kp – uz trupošiem celmiem, egļu kritālām, trupošām virszemes saknēm, palienes purvā – uz sausokņa pamatnes.

Plagiothecium curvifolium Schlieph. ex Limpr. Reti, arī uz augsnes, koku pamatnēm, akmeņiem. Dms, kā arī purvainos jauktos mežos, upju krastmalās – uz celmiem, bērzu kritālām, trupošām virszemes saknēm.

Plagiothecium denticulatum (Hedw.) Schimp. var. *denticulatum* Reti, arī uz augsnes, akmeņiem, koku stumbru pamatnēm. Nd, Vr, Db, Ks, sevišķi paaugstināta gaisa mitruma apstākļos – uz bērzu un pūpolvītoli kritālām, priežu mizas, celmiem; var. *undulatum* R. Ruthe ex Geh. (*Plagiothecium ruthei* Limpr.) Reti, arī uz augsnes. Grs – uz trupošām kritālām, celmiem (ošiem un citiem lapu kokiem, eglēm).

Plagiothecium laetum Schimp. Bieži, arī uz koku pamatnēm, augsnes un akmeņiem. Galvenokārt Vr, Vrs, Gr, Grs, Kp, Ks, kā arī citos mežos – uz kritālām un celmiem (eglēm, melnalkšņiem, bērziem, dažādiem neatpazītiem trupošiem kokiem), nereti kopā ar *Herzogella seligeri*.

Plagiothecium latebricola Schimp. Ļoti reti, arī uz koku pamatnēm un augsnes. Db, Grs, Lk – uz kritālām (melnalkšņiem, arī uz to mizas, eglēm), visur nedaudz.

Plagiothecium nemorale (Mitt.) A. Jaeger (*P. neglectum* Mönk.) Ļoti reti, arī uz augsnes. Vrs, Ks – uz apšu kritālām avotainās vietās.

Plagiothecium succulentum (Wilson) Lindb. Reti, aug arī uz koku pamatnēm. Gr, Grs, Vr, Vrs, Ks – uz egļu kritālām, celmiem, kā arī uz trupošām virszemes saknēm.

Platygyrium repens (Brid.) Schimp. Diezgan bieži, īpaši vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu (ezeru salās un to krastmalās, avotainās vietās), parasti epifīts-epilīts, reti uz koku pamatnēm, vienmēr nelielām grupām. Kā epiksīlis – Gr, Grs, Db, Kp, Ap, Dm – uz kritālām un nokaltušiem zariem (ozolu, melnalkšņu, liepu, egļu, bērzu, ošu, priežu).

Platyhypnidium riparioides (Hedw.) Dixon Ļoti reti, parasti ūdenī vai periodiski sausumā – upēs, strautos, avotos – galvenokārt uz karbonātus saturošiem iežiem, arī laukakmeņiem un augsnes. Uz trupošas koksnes, kas klāta ar kaļķainiem nosēdumiem, ievākta straute ūdenskritumā (Tērvete, A. Āboliņa).

Pleurozium schreberi (Willd. ex Brid.) Mitt. Diezgan bieži, galvenokārt meža zemsedzē uz augsnes, arī uz koku pamatnēm, akmeņiem. Sevišķi izplatīta uz ļoti satrupējušas koksnes minerālvielām nabadzīgos, retāk auglīgos, mežos (Mr, Vr, Vrs, Ks, Kp, Nd, Pv) – uz egļu, priežu un bērzu kritālām un celmiem, priedīšu nokaltušiem zariem (līdz 1 m augstumā no zemes virsas), priežu sausokņiem. Nereti kopā ar *Dicranum scoparium*.

Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. var. *nutans* Diezgan bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm, smilšakmeņiem. Galvenokārt Mr, Mrs, Gs, Dm, Ln, Vr, Nd, Ks, Kp un citos līdzīgu tipu mežos, nosusinātos sūnu purvos – uz stipri satrudējušām kritālām, celmiem un sausokņiem (egles, priedes, bērzi), nereti kopā ar *Tetraphis pellucida*; var. *longiseta* (Brid.) Braithw. Diezgan reti, arī uz kūdras. Pv, Nd, Ks, biežāk sūnu purvos – uz priežu celmiem un kritālām.

Polytrichastrum formosum (Hedw.) G. L. Sm. (*Polytrichum formosum* (Hedw.) G. L. Sm.) Diezgan bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm, reti uz akmeņiem un smilšakmeņiem. Galvenokārt mitros un slapjos vidēji auglīgos mežos (Dm, Dms, Mrs, Vr, Grs, Ks) – uz trupošām egļu, priežu, bērzu kritālām un celmiem.

Polytrichastrum longisetum (Sw. ex Brid.) G. L. Sm. (*Polytrichum longisetum* Sw. ex Brid.) Diezgan bieži, arī uz augsnes un koku pamatnēm. Vr, Dms, Db, Lk, Ks, Kp – uz stipri satrudējušām priežu, egļu, bērzu, melnalkšņu kritālām un celmiem.

Polytrichastrum pallidisetum (Funck) G. L. Sm. (*Polytrichum pallidisetum* Funck) Ļoti reti, arī uz augsnes. Gr, gravu mežā uz kritālas (GNP, Līgatne, A. Āboliņa).

Polytrichum juniperinum Hedw. Diezgan bieži, arī uz augsnes. Priežu un egļu mežos (Ln, Am, Mr, Dm),

kā arī sūnu un pārejas purvos – uz satrupējušiem celmiem un kritālām, nereti kopā ar *Dicranum scoparium* un *Pleurozium schreberi*.

***Pseudoleskeella nervosa* (Hedw.) Nyholm** Diezgan reti, arī uz augsnes, akmeņiem un koku stumbriem. Gr, gravu mežos, parkos, parasti vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu – uz satrupējušām apšu, lazdu, gobu, liepu, ošu kritālām un celmiem, arī uz trupošu koku mizas.

***Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.** Diezgan reti, parasti aug zemsedzē uz augsnes, arī uz koku pamatnēm. Skujkoku un jauktos mežos uz stipri satrupējušas koksnes – kritālām, celmiem, apdzīvotās vietās uz lubiņu jumtiem.

***Pterigynandrum filiforme* Hedw.** Ļoti reti, arī uz laukakmeņiem un lapu koku stumbriem (apsēm, liepām, ozoliem). Apdzīvotā vietā, dārzā – uz trupoša ozola kritālas mizas, kopā ar *Hypnum cupressiforme* (Trikāta, B. Bambe).

***Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp.** Ļoti bieži, arī uz koku stumbriem un pamatnēm, laukakmeņiem, betona. Uz trupošas koksnes dažādu tipu mežos un apdzīvotās vietās parkos, alejās, arī uz lubiņu jumtiem. Ieviešas uz koksnes trupēšanas sākumstadijā – uz egļu, apšu, ozolu, ošu, bērzu, liepu, lazdu kritālām, celmiem un trupošiem zariem, kā arī uz kadiķu, egļu un citu koku un krūmu sausokņiem.

***Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T. J. Kop.** Bieži, arī uz augsnes un akmeņiem. Sevišķi auglīgos, retāk minerālvielām nabadzīgos, mežos, it īpaši mitrās vietās – gravās, pie strautiem un avotiem (Lk, Grs, Vrs, Db, Kp), kā arī palieņu purvos – uz ozolu, baltalkšņu un citu, neatpazītu koku kritālām.

***Rhodobryum roseum* (Hedw.) Limpr.** Diezgan reti, parasti uz augsnes, koku pamatnēm, laukakmeņiem. Uz trupošas koksnes – kritālām un celmiem – sastopama auglīgos un slapjos mežos (Grs, Db).

***Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst.** Ļoti reti, parasti atklātās vietās uz augsnes. Uz trupošas koksnes sausās pļavās, jaunās priežu kultūrās – uz kritālām, apšu, bērzu un melnalkšņu celmiem, uz dažādām vāji satrupējušām cirsma atliekām.

***Rhytidiadelphus subpinnatus* (Lindb.) T. J. Kop.** Diezgan reti, arī uz augsnes, koku pamatnēm, laukakmeņiem. Uz stipri satrupējušām kritālām sastop gravu mežos pie strautiem, upītēm, vecupēm.

***Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.** Diezgan reti, parasti zemsedzē uz augsnes, koku pamatnēm, dažkārt arī uz stumbriem (baltalkšņu, ozolu), karbonātus saturošiem akmeņiem. Gr, Grs, Km un citur – uz ļoti satrupējušām kritālām, celmiem, nolūzušiem zariem.

***Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske** Ļoti bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm, karbonātus saturošiem akmeņiem. Viena no izplatītākajām sūnām uz

trupošas koksnes Latvijā, parasti nedaudz. Dažādos mežos, purviņos, parkos – uz lapu koku un skujkoku kritālām un celmiem, kā arī uz trupošiem zariem, bērzu tāsīm, kadiķu sausokņiem. Apdzīvotās vietās uz lubiņu jumtiem, lielceļu putekļu emisijas ietekmes zonā ceļu malās – uz eglīšu nokaltušiem zariem līdz vairāku metru augstumam. Sastop kopā ar *Ptilidium pulcherrimum*, *Hypnum cupressiforme*, *Brachythecium velutinum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum* un *Plagiomnium cuspidatum*.

***Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp. sensu lat.** Ļoti reti, parasti epilīts. Apdzīvotās nomaļās vietās uz galīgi satrunējušiem koka priekšmetiem (kapsētu soliņiem), uz kuriem tikai vietumis saglabājušās krāsas paliekas (vietās ar krāsu sūna neaug).

***Sciuro-hypnum oedipodium* (Mitt.) Ignatov & Huttunen** (*Brachythecium curtum* (Lindb.) Limpr., *B. oedipodium* (Mitt.) A. Jaeger) Diezgan bieži, parasti meža zemsedzē uz augsnes. Izplatīta galvenokārt Mrs, Vr, Ks, Vrs, dažkārt arī Gr – uz priežu, egļu, bērzu, apšu, baltalkšņu kritālām un celmiem, kā arī trupošiem zariem.

***Sciuro-hypnum populeum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen** (*Brachythecium populeum* (Hedw.) Schimp.) Reti, toties Latvijā bieži uz laukakmeņiem un karbonātus saturošiem akmeņiem, koku stumbriem, to pamatnēm un virszemes saknēm (ābelēm, pūpolvītoliem, ošiem, ozoliem, liepām, skābaržiem, melnalkšņiem), reti uz augsnes. Uz trupošas koksnes Gr, biežāk paaugstināta gaisa mitruma apstākļos pie upēm un strautiem, vecos parkos – uz celmiem, sausokņiem (trupoša melnalkšņa pamata), nolūzušu priežu zariņiem.

***Sciuro-hypnum reflexum* (Starke) Ignatov & Huttunen** (*Brachythecium reflexum* (Starke) Schimp.) Reti, arī uz augsnes un koku stumbru pamatnēm (egļēm, liepām, kļavām, ozoliem, apsēm). Gr, Grs, kā arī vecos parkos, kapsētās – uz baltalkšņu un liepu kritālām un celmiem, egļu un kadiķu sausokņiem, arī uz trupošu apšu un bērzu mizas.

***Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.** Diezgan reti, parasti aug uz augsnes. Slapjos un nosusinātos priežu mežos Gs, Mrs, Am, Av – uz kritālām; apaug kritālas arī sūnu purvos.

***Sphagnum contortum* Schultz.** Ļoti reti, parasti uz augsnes zāļu purvos, slapjos niedrājos un pļavās, aizaugošu ezeriņu krastos. Uz trupošas koksnes minēts vienīgi alksnājā – uz veca celma Krampiņu purva malā (SW no Kārsavas, M. Pēterēns).

***Sphagnum fallax* (H.Klinggr.) H. Klinggr.** Reti, parasti uz augsnes Pv, pārejas un sūnu purvos, sūnu purvu malu kontaktjoslās ar minerālaugsnī, ezeru slīksnās. Uz trupošas koksnes sūnu purvos un to apmalēs – uz celmiem, kritālām.

***Sphagnum quinquefarium* (Braithw.) Warnst.** Diezgan reti. Vrs, Dms – uz egļu celmiem, tos pamazām apņemot, veido augstus ciņus.

***Sphagnum wulfianum* Girg.** Ļoti reti, parasti uz pārpurvotas minerālaugsnes. Uz egles kritālas Vrs stīgā.

***Splachnum ampullaceum* Hedw.** Ļoti reti, parasti koprofīts. Tikai vienreiz reģistrēta vecā priežu mežā – uz priedes kritālas (Slītere, U. Suško). Ļoti iespējams, ka sūna ieviesusies virs kritālas uz koprofila substrāta, kas vēlāk sadalījies, sairis un, ievācot paraugu, nav bijis pamanāms.

***Straminergon stramineum* (Dicks. ex Brid.) Hedenäs** (*Calliergon stramineum* (Dicks. ex Brid.) Kindb.) Ļoti reti, parasti uz augsnes purvos, pārpurvotās pļāvās, minerālvielām nabadzīgos pārpurvotos mežos. Ezerā ievākta uz trupoša balķa virs ūdens (U. Suško). Iespējams, ka izplatība uz trupošiem kokiem ir biežāka.

***Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr** (*Tortula ruralis* (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.) Diezgan reti, parasti uz augsnes sausās atklātās vai vāji apēnotās vietās, arī uz laukakmeņiem un karbonātus saturošiem akmeņiem, vecu koku stumbru pamatnēm vai stumbru apakšdaļās (bērziem, ošiem, liepām, ozoliem, arī traulslajiem vītoliem). Uz trupošas koksnes atrasta vienīgi apdzīvotās vietās – uz saimniecības ēku lubiņu jumtiem, dažkārt vienlaidu klājumos plašās tīraudzēs (Ludzā, Līgatnē, Rīgā un citur).

***Tayloria tenuis* (Dicks.) Schimp.** Ļoti reti, arī nitrofilis koprofīts, biežāk uz meža nobirām zem nitrofilu augiem (avenēm, nātrēm). Par epiksīlu sugu var uzskatīt nosacīti. Lānā – uz vecas egles celma virsmas (2.–3. gadā pēc nociršanas), kur tā ieviesusies pēc sveķu ķīmiskās noārdīšanās. Līdzīgi Ks Meža ekoloģijas stacionārā “Vesetnieki” Jaunkalsnavā teilorijas masveida sastopamība novērota uz svaigiem (vien-, divgadīgiem) egļu celmiem pēc to apstrādes ar karbamīdu, kas veikta profilaktiski pret egļu sakņu trapes izplatību mežaudzē (A. Āboliņa).

***Tetraphis pellucida* Hedw.** Ļoti bieži, arī uz augsnes, koku pamatnēm, smilšakmeņiem. Latvijā viena no izplatītākajām sugām uz trupošas koksnes. Dažādu tipu mežos uz egļu, priežu, bērzu, apšu un citu lapu koku kritālām un celmiem, sevišķi beidzamajā trupēšanas stadijā. Ieviešas arī uz trupošas degušas koksnes.

***Thuidium assimile* (Mitt.) A. Jaeger** (*Thuidium philibertii* Limpr.) Diezgan reti, arī uz augsnes, koku stumbru pamatnēm (apšu, ošu, melnalkšņu), karbonātus saturošiem akmeņiem un laukakmeņiem. Dm, Vr, Ks – uz baltalkšņu kritālām, satrudējušiem celmiem, it īpaši gravās un upīšu krastos.

***Thuidium delicatulum* (Hedw.) Schimp.** Diezgan reti, arī uz augsnes, koku pamatnēm (apsēm, bērziem, baltalkšņiem), smilšakmens atsegumiem, laukakmeņiem. Grs, Gr, Vr, Kp – uz baltalkšņu kritālām un neatpazītiem satrupējušiem celmiem mitrās, apēnotās vietās, arī uz bērza sausokņa pamata.

***Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Schimp.** Diezgan reti, arī uz augsnes, koku stumbru pamatnēm (ošiem, apsēm), laukakmeņiem. Vr, Vrs, Nd, Grs, Db – uz skujkoku kritālām, celmiem, arī uz to virsmas, uz trupošu egļu zaru kaudzēm.

***Tomentypnum nitens* (Hedw.) Loeske** Ļoti reti, bieži uz augsnes zāļu, pārejas un palieņu purvos, pēc kuru intensīvas nosusināšanas Kp uz trupošas koksnes saglabājas vēl vairākus gadus – ievērojami ilgāk nekā uz kūdras.

***Ulota crispa* (Hedw.) Brid.** Diezgan bieži, arī uz koku stumbriem un zariem epifītiski (baltalkšņiem, melnalkšņiem, eglēm, apsēm, liepām, ozoliem, bērziem, ievām, lazdām un pīlādžiem). Vr, Vrs, Grs, Nd – uz egļu, melnalkšņu un baltalkšņu kritālām, kā arī uz nokaltušiem egļu un ošu zariem, sevišķi vietās ar paaugstinātu gaisa mitrumu (strautu gravās, ūdenskrātuvju tuvumā), un uz apšu un pīlādžu sausokņiem.

***Ulota drummondii* (Hook. & Grev.) Brid.** Ļoti reti, aug arī epifītiski uz ošiem, baltalkšņiem, liepām. Latvijā minēta pirmo reizi. Grs, Dm – uz trupošiem baltalkšņu stumbriem un zariem, kā arī uz ozolu trupošiem zariem. Sastop kopā ar *U. crispa*, *Pylaisia polyantha* (ievākta Jēkabpils rajonā Briežu (Zalaku) mežniecībā, A. Āboliņa; Madonas rajona dabas liegumā “Vesetas palienes purvs”, B. Bambe).

***Zygodon rupestris* Schimp. ex Lorentz** (*Z. baumgartneri* Malta) Ļoti reti, arī epifītiski. Gr un Grs uz ošiem. Grs ievākta uz slīpa oša sausokņa ~1 m no zemes un 2 m no koka pamatnes (Liepupe, B. Bambe) un uz gandrīz atmiruša kļavas stumbra (Slītere, U. Suško).

***Zygodon viridissimus* (Dicks.) Brid. var. *occidentalis* Malta** Ļoti reti. Jūras krasta gravā uz egles kritālas pamatnes pie zemes (Jūrkalne, ievācis A. Apinis).

Secinājumi

1. Izmantojot autores vairāk nekā 50 gadu laikā dabā ievāktos herbārija materiālus, kā arī citu kolektoru vākumus un publikācijas, pirmo reizi Latvijā sastādīts uz trupošas koksnes – kritālām, sausokņiem, celmiem un zariem – augošo sūnu saraksts, kas ietver sūnas uz attiecīgā substrāta visās koksnes trupēšanas stadijās dažādās augtenēs. Visbiežāk šis substrāts ir sastopams mežos, tādēļ tur arī ir visvairāk uz trupošas koksnes augošu sūnu sugu, turpretī citos biotopos to skaits ir mazāks.

2. Pavisam konstatētas 190 sūnu sugas no 106 ģintīm (35% no kopējā Latvijas sugu skaita). No tām 50 ir aknu sūnas no 28 ģintīm (39% no Latvijā atrasto aknu sūnu sugu skaita) un 140 lapu sūnas no 78 ģintīm (34% no Latvijā atrasto lapu sūnu sugu skaita).
3. Pirmo reizi Latvijā minēta *Dramonda* sprogaine *Ulota drummondii* – rets epifīts, kas reģistrēts arī uz trupošas koksnes.
4. Ar lielāko sugu skaitu uz trupošas koksnes pārstāvētas ģintis *Dicranum*, *Plagiothecium* (7 sugas), *Cephalozia*, *Sphagnum*, *Bryum*, *Orthotrichum*, *Plagiomnium* (6 sugas), *Calypogeia* (5 sugas) un *Brachythecium* (4 sugas). Lielākā epiksīlo sūnu daļa aug arī uz citiem substrātiem. Obligāto epiksīlu – sugu, kurām trupošā koksne ir vienīgais substrāts Latvijā – ir nedaudz, galvenokārt aknu sūnas: *Anastrophyllum hellerianum*, *A.saxicola*, *Barbilophozia attenuata* (vienā gadījumā šī suga tomēr reģistrēta kā epifīts), *Cephalozia catenulata*, *Lophozia ascendens*, *Riccardia palmata* un *Scapania apiculata*; no zaļsūnām – *Buxbaumia viridis*.
5. Daudzas Latvijas epiksīlās sūnas ir retas un aizsargājamas, it īpaši obligātie epiksīli, kuriem ir specifiskas ekoloģiskās prasības.
6. Izplatītākajām epiksīlajām sūnām ekoloģiskā amplitūde ir plaša. Visbiežāk sastopamās aknu sūnas ir *Blepharostoma trichophyllum*, *Calypogeia muelleriana*, *C. neesiana*, *Lepidozia reptans*, *Lophocolea heterophylla*, *Nowellia curvifolia*, *Ptilidium pulcherrimum* un *Radula complanata*, bet lapu sūnas – *Amblystegium serpens*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Dicranum flagellare*, *D. montanum*, *Eurhynchium angustirete*, *Herzogiella seligeri*, *Hypnum cupressiforme*, *Leptodictyum riparium*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Pleurozium schreberi*, *Pohlia nutans*, *Pylaisia polyantha* un *Sanionia uncinata*.
7. Vērojama daudzu epiksīlo sūnu sugu piesaiste atsevišķām augtenēm un mežu tipiēm. Sevišķi tas sakāms par retajām, it īpaši aknu sūnām, mitros auglīgos lapu koku un jauktos mežos. Taču ir arī daudzi augtenes ziņā maz izvēlīgi epiksīli, kuri ir izplatīti gandrīz visur, kur sastopams šis substrāts, piemēram, *Hypnum cupressiforme*, *Herzogiella seligeri*, *Pohlia nutans*, *Ptilidium pulcherrimum*.
8. Salīdzinot izveidoto uz trupošas koksnes augošu sūnu sarakstu ar pētījumu rezultātiem citās valstīs, redzams, ka visumā sugu sastāvs dažādās valstīs uz šī substrāta ir ļoti līdzīgs, atšķirības izpaužas gandrīz vienīgi saistībā ar sugu ģeogrāfiskās izplatības īpatnībām (sugu areāliem).

Literatūra

1. Āboliņa, A. (1985) Jauni materiāli par Latvijas aknu sūnu floru. *Retie augi un dzīvnieki*. Rīga, LatZTIZPI, 26-37.
2. Āboliņa, A. (1991) Dažu jaunu un retu sūnu sugu atradnes Latvijā. *Retie augi*. LIC, Rīga, 44-48.
3. Āboliņa, A. (2001) Latvijas sūnu saraksts. *Latvijas Veģetācija*, 3, 47-87.
4. Āboliņa, A. (2004) Cenas tīreļa lieguma sūnas. *Mežzinātne*, 13(46)'2003, Salaspils, 98-118.
5. Āboliņa, A., Bambe, B. (2001) Sūnu flora dabas liegumā "Čortoka ezers ar apkārtējo ainavu". *Latvijas Veģetācija*, 4, Rīga, 105-114.
6. Āboliņa, A., Bambe, B. (2005) Latvijas eglu mežu briofloras raksturojums. *LLU Raksti*, 14(309), 15-29.
7. Bambe, B. (2002a) Jaunu un retu briofītu sugu atradnes Latvijā. *Retie augi*. Rīga, 113-122.
8. Bambe, B. (2002b) Dabas lieguma "Pilskalnes Siguldiņa" brioflora. *Mežzinātne*, 11(44)'2001, 111-124.
9. Bambe, B., Lārmanis, V. (2000) Dabas lieguma Pirtsliēcis-Līkā atteka mežu īpatnības un sūnu flora. *Mežzinātne*, 10(43), Salaspils, 73-88.
10. Bušs, K. (1989) *Meža ekosistēmas*. Rīga, Zinātne, 63 lpp.
11. Hill, M.O., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, M.A., Brugués, M., Cano, M.J., Enroth, J., Flatberg, K.I., Frahm, J.-P., Gallego, M.T., Garilleti, R., Guerra, J., Hedenäs, L., Holyoak, D.T., Hyvönen, J., Ignatov, M.S., Lara, F., Mazimpaka, V., Muñoz, J., Söderström, L. (2006) An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. *Journal of Bryology*, 28, 198-267.
12. Ingerpuu, N., Kalda, A., Kannukene, L., Krall, H., Leis, M., Vellak, K. (1994) List of the Estonian bryophytes. *The Naturalist's Notebook*, 94, 175.
13. Jukonienė, I. (2003) *Lietuvos kiminai ir žaliosios samanos*. Vilnius, Botanikos instituto leidykla, 402.
14. Laaka, S. (1992) The threatened epixylic bryophytes in old primeval forests in Finland. *Bryological Conservation*, 59, 151-154.
15. Malta, N. (1930) Übersicht der Moosflora des Ostbaltischen Gebietes II. *Acta Horti Botanici Universitatis Latviensis*, V, Nr. 1/3, Rīga, 75-184.
16. Malta, N., Strautmanis, J. (1926) Übersicht der Moosflora des Ostbaltischen Gebietes I. *Acta Horti Botanici Universitatis Latviensis*, I, Nr. 2, Rīga, 115-142.

17. Marstaller, R. (1987) Die Moosgesellschaften auf morschem Holz und Rohhumus. 25. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Gleditschia*, **15**, 73-138.
18. Mikutowicz, J. (1908-1913) *Bryotheca Baltica*. Riga, Druck von Alexander Grosset, 224 pp.
19. Smith, A.J.E. (1980) *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, 706 pp.
20. Smith, A.J.E. (1990) *The Liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, 362 pp.
21. Tabaka, L., Eglīte, Z., Āboliņa, A. (1991) *Klāņu purvs*. Rīga, Zinātne, 163 lpp.
22. Zālītis, P., Spalviņa, I. (1975) Ūdens notece pa priedes un bērza stumbru un tās ekoloģiskā nozīme. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, **17**, 39-46.
23. Аболинь, А.А. (1968) *Листостебельные мхи Латвийской ССР*. Рига, Зинатне, 331 с.
24. Аболинь, А.А. (1974) Изменение структуры мохового покрова в зависимости от распределения осадков под пологом леса. *Экология*, **3**, 51-56.
25. Аболинь, А.А. (1977) Сукцессия растительности на торфяных почвах под влиянием осушения. *Торф в лесном хозяйстве*. Зинатне, Рига, 27-44.
26. Абрамов, И.И., Волкова, Л.А. (1998) *Определитель листостебельных мхов Карелии*. КМК Scientific Press Ltd., 390 с.
27. Абрамова, А.Л., Савич-Любичкая, Л.И., Смирнова, З.Н. (1961) *Определитель листостебельных мхов Арктики СССР*. Издательство АН СССР, М.-Л., 715 с.
28. Ахминова, М.П., Жукова, А.Л. (1976) К флоре печеночных мхов Центрально-лесного Государственного заповедника (Калининская обл.). *Новости систематики низших растений*. Ленинград, «Наука», Ленинградское отделение, 214-219.
29. Бардунов, Л. В. (1961) *Листостебельные мхи побережий и гор Северного Байкала*. Москва, Издательство АН СССР, 120 с.
30. Бардунов, Л.В., Черданцева, В.Я. (1982) *Листостебельные мхи Южного Приморья*. Издательство «Наука», Сибирское отделение, Новосибирск, 207 с.
31. Воробьев, Ю.М. (1987) *Бриофлора северо-западной части Приволжской возвышенности*. Горький, 173, Деп. в ВИНТИ, 14.05.1986, № 5994-B87.
32. Игнатов, М.С., Игнатова, Е.А. (1990) Материалы к познанию бриофлоры Московской области. *Флористические исследования в Московской области*. Москва, Наука, 121-179.
33. Игнатов, М.С., Игнатова, Е.А. (2003-2004) *Флора мхов средней части Европейской России*. Москва, Scientific Press Ltd., **1**: 1-608 (2003), **2**: 609-960 (2004).
34. Расиньш, А.П., Аболинь, А.А., Питенранс, А.В., Тауриня, М.П. (1985) Влияние цементной пыли на эпифитную и эпигейную флору споровых растений. *Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью*. Рига, Зинатне, 61-72.
35. Рыковский, Г.Ф. (1980) *Мохообразные Березинского биосферного заповедника*. Минск, Наука и техника, 135 с.
36. Савич-Любичкая, Л.И., Смирнова, З.Н. (1970) *Определитель листостебельных мхов СССР. Верхлоплодные мхи*. Ленинград, Наука, 824 с.
37. Симонов, Г.П. (1972) *Бриофлора Молдавской ССР*. Кишинев, Штининца, 128 с.
38. Тархова, Т.Н. (1970) О влиянии почвенных факторов на развитие мхов. *Экология*, **4**, 30-39.
39. Тархова, Т.Н. (1972) Изучение влияния древесного яруса на моховой покров. *Применение количественных методов при изучении структуры фитоценозов*. Москва, Наука, 128-133.
40. Хмелев, К.Ф., Попова, Н.Н. (1988) *Флора мохообразных бассейна Среднего Дона*. Воронеж, издательство Воронежского университета, 169 с.
41. Шляков, Р.Н. (1976-1982) *Печеночные мхи Севера СССР*. Ленинград, Наука, **1**: 91 (1976), **2**: 192 (1979), **3**: 190 (1980), **4**: 221 (1981), **5**: 196 (1982).

***Heterobasidion Annosum* attīstību ietekmējošo faktoru novērtējums egļu audzēs**

Estimation of Factors Influencing Development of *Heterobasidion Annosum* in Spruce Stands

Natālija Arhipova, Tālis Gaitnieks

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”
Latvian State Forestry Research Institute „Silava”
e-mail: natalija@silava.lv; talis@silava.lv

Līvija Vulfa, Vizma Nikolajeva, Irīna Balašova
LU Bioloģijas fakultāte
Faculty of Biology, University of Latvia
e-mail: vizma.nikolajeva@lu.lv

Abstract. Root rot, which is caused by root rot fungus (*Heterobasidion annosum*), is considered to be one of the most hazardous conifer diseases and causes great silvicultural losses. In spruce stands of Latvia, at an average 22% of trees are infected. The present research analyzes qualitative and quantitative composition of soil microflora, differences between soil agrochemical parameters in healthy and root rot infected stands, as well as antagonism against *H. annosum*. The material was collected in 26 spruce stands, from which 9 were infected with root rot. In sample plots, where there were root rot infected trees, pH value was higher in comparison with healthy stands. Analysis of soil microflora (bacteria and microscopic fungi) with dilution method did not allow marking out healthy and infected stands. By means of soil clots' overgrowth method it was found that there were more cellulose degrading bacteria in sample plots with healthy trees. In all analyzed soils there was found *H. annosum* antagonistic microflora. Isolated ascomycetes as well as *Penicillium* spp. showed antagonism against *H. annosum*. Only in soil of healthy spruce stands there were found microscopic fungi from genera *Verticillium*, *Aureobasidium*, and *Rhizopus*. *Trichoderma* spp. were found only in rhizosphere of spruce which grew in healthy stands.

Key words: root rot, *Heterobasidion annosum*, Norway spruce, soil microflora, antagonism.

Ievads

Sakņu trupe, ko izraisa *Heterobasidion annosum* s.l. (*sensu lato*) sugu komplekss, ir viena no vispostošākajām koku slimībām. Uzskata, ka Somijā ir inficēti aptuveni 15% egļu, bet dažos rajonos trupējušo koku īpatsvars var sasniegt 30%. Tas nozīmē, ka zaudējumi no nerealizētajiem zāģbaļķiem veido 6–9%, bet tie var sasniegt pat 30–40% (Kaarna-Vuorinen, 2000; Mäkelä et al., 1998; Tamminen, 1985). Trupējušā koksne var atrast dažādas sēņu sugas, tomēr 80% gadījumos trupi izraisa tieši *Heterobasidion* spp. (Pratt, Greig, 1988; Tamminen, 1985). Skandināvijā un Baltijas valstīs skujkoku audzēs izšķir *H. parviporum* Niemelā un Korhonen un *H. annosum* (Fr.) Bref. *sensu stricto* (Niemelä, Korhonen, 1998). Egļu audzēs šo sugu attiecība ir apmēram 9:1 (Korhonen, Piri, 1994). Skandināvijas dienviddaļā 10–20% egļu ir inficētas ar *Heterobasidion* (Bendz-Hellgren et al., 1998). Līdzīgi dati ir iegūti arī Vācijā un Austrijā (Dimitri

and Tomiczek, 1998; Graber, 1994). Novērtēts, ka Vācijā ikgadējie ekonomiskie zaudējumi veido 35 milj. eiro, bet ES valstīs – vairāk nekā 500 milj. eiro (Woodward et al., 1998). Lietuvā iegūtie dati liecina, ka egļu audzēs nosusinātos meža tipos atkarībā no koku vecuma trupējušo koku īpatsvars sasniedz 20–58% (Василяускас, 1989). I. Mangaļa pētījumi liecina, ka *Heterobasidion annosum* izraisīti lietkoksnes zaudējumi egļu audzēs sasniedz 20% (Mangalis, 1962). Novērtējot sakņu trapes sastopamību egļu audzēs Ziemeļkurzemes, Zemgales, Vidusdaugavas un Ziemeļlatgales mežsaimniecībās (pavisam apsekoti 330 nogabali, uzskaitīti vairāk nekā 25000 celmi), konstatēts, ka trupējušo celmu īpatsvars ir vidēji 21.8%.

Diemžēl līdz šim nav izstrādāti efektīvi sakņu trapes ierobežošanas paņēmieni – īpaši jau inficētās platībās. Tā kā lapu koki ir praktiski rezistenti pret *H. parviporum* un *H. annosum* s.s. nav atrasts lapu koku tīraudzēs (lai gan šī suga inficē lapu kokus, kuri

aug mistrojumā ar priedi), tad somu speciālisti iesaka inficētās platībās, kurās iepriekš augušas egles, stādīt lapu kokus (Korhonen, Piri, 1994). Nabadzīgās augtēs inficētās platībās egļu vietā iespējams stādīt priedi, jo tiek uzskatīts, ka priede ir rezistenta pret *H. parviporum* (Korhonen, Piri, 1994). Tomēr literatūrā sastopamas norādes par atsevišķiem priežu stādu inficēšanās gadījumiem, ja stādīšana veikta netālu no inficētajiem egļu celiem (Kaarna-Vuorinen, 2000). Koku sugu maiņu bieži ierobežo augsnes īpašības un citi faktori. *Heterobasidion* infekciju veicina saimnieciskā darbība – svaigi celmi ir viens no galvenajiem infekciju veicinošiem faktoriem (Hanso et al., 1994; Penttilä et al., 2004; Pratt, Greig, 1988; Swedjemark, Stenlid, 1993; Werner, 1971).

Sakņu piepes attīstību ietekmē arī augsnes biotiskie un abiotiskie faktori. Paaugstināts barības vielu saturs augsnē, kā arī augsts pH un sablīvēta augsnes struktūra veicina *H. annosum* attīstību (Korhonen, Stenlid, 1998; Lindberg, Johansson, 1991; Redfern, 1984). *H. annosum* izplatību veicinošie edafiskie faktori ir procentuāli lielāks smilšu saturs augsnē un samazināts organisko vielu daudzums (Woodward et al., 1998). No bioloģiskajiem faktoriem *H. annosum* attīstību augsnē ietekmē augsnes mikroflora. Literatūrā atzīmēts, ka, piemēram, kūdras augsnēs skujkoki ir mazāk inficēti ar *H. annosum*, jo šajās augsnēs ir zemāks pH un pret *H. annosum* antagonistiska mikroflora (Bendz-Hellgren et al., 1999).

Mūsu darba mērķis bija novērtēt augsnes mikrofloras kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu, kā arī augsnes agroķīmiskos rādītājus veselās un ar sakņu trupī inficētās audzēs, un analizēt mikrofloras antagonismu pret *H. annosum*.

Materiāls un metodika

Pētījumu vietas

2004. gadā jūlijā-augustā empīriskais materiāls tika ievākts 11 egļu audzēs Kandavas, Mūsas, Smiltenes, Cēsaines, Madonas un Tīreļu mežniecībās, MPS „Kalsnava” un MPS „Šķēde” teritorijā. Tika apsektas 34 līdz 44 gadus vecas egļu audzes, kas pārstāvēja As (šaurlapju ārenis) un Dm (damaksnis) meža tipus. 2005. gadā jūlijā-augustā materiālu ievāca 15 egļu audzēs Kandavas, Rēzeknes, Zvārdes, Ropažu, Iecavas un Ogres mežniecībās. Analizēto egļu vecums bija 27 līdz 45 gadi. Mežaudzes pārstāvēja Dm un Vr (vēris) meža tipus.

Lai noteiktu trapes sastopamību, analizētajās audzēs 30 × 40 m lielos parauglaukumos, izmantojot Preslera svārpstu, tika iegūtas koku urbumu skaidiņas. Ja parauglaukumā netika konstatētas trupējušas egles (novērtējot skaidiņu krāsu un struktūru), uzskatījām, ka analizētā audze ir vesela. No analizētajām 26 audzēm 9 audzēs konstatētas trupējušas egles.

Agroķīmisko rādītāju novērtējums

Augsnes paraugi augiem pieejamā fosforā, kālijā, kalcijā un magnijā, kā arī pH analīzēm ievākti un sagatavoti analīzēm atbilstoši Meža monitoringa programmas metodikas prasībām (Manual on ..., 2006). Augiem pieejamā fosforā, kālijā, kalcijā un magnijā, kā arī pH analīzes veiktas smalkzemei (frakcija ar daļiņu diametru, kas mazāks par 2 mm). Paraugi amonija slāpekļa analīzēm ievākti un nogādāti laboratorijā atbilstoši standarta LVS ISO/TS 14256-1 prasībām. Amonija slāpekļa analīzes veiktas dabiski mitriem paraugiem 3 dienu laikā pēc paraugu ievākšanas.

Amonija slāpekļi noteikti kolorimetriski ar Neslera reaģentu 0.1M nātrija hlorīda izvilkmā (Agroķīmika rokasgrāmata, 1978). Augiem izmantojamais fosfors noteikts pēc Kirsanova metodes ar amonija molibdātu 0.2M HCl šķīdumā (Agroķīmika rokasgrāmata, 1978). Augiem izmantojamais kālijs noteikts ar atomu absorbcijas spektrofotometru 1M amonija acetāta izvilkmā (Heinen Brown et al., 1999). Augiem izmantojamais kalcijs un magnijs noteikts kompleksometriski, 1M NaCl izvilkmā titrējot indikatoru mureksīda un hromogēnmelnā klātbūtnē (Agroķīmika rokasgrāmata, 1978). pH noteikts potenciometriski 1M KCl suspensijā (Agroķīmika rokasgrāmata, 1978).

Analīžu rezultāti pārrēķināti uz absolūti sausu augsni. Agroķīmiskās analīzes veiktas LVMI „Silava” Augsnes laboratorijā.

Baktēriju un mikroskopisko sēņu daudzuma noteikšana

2004. gadā augsnes mikroflora tika analizēta 6 parauglaukumos (3 ar veselām, 3 ar trupējušām eglēm), bet 2005. gadā – 8 parauglaukumos. Augsnes paraugus parauglaukumos ievāca 3 vietās 0–5 un 10–25 cm dziļumā. No iegūtiem augsnes paraugiem tika sagatavotas augsnes suspensijas – 10 g augsnes un 90 ml sterila ūdens un suspensiju atšķaidījumu sērijas. Baktēriju un mikroskopisko sēņu kolonijas veidojošo vienību (kvv) daudzums tika noteikts gramā mitras augsnes (Alef, Nannipiri, 1988).

Baktēriju kvv noteikšanai izmantota peptona-rauga ekstrakta barotne: 5 g peptona, 3 g rauga ekstrakta, 15 g agara, 1 l destilēta ūdens. Sēņu kvv noteikšanai izmantota iesala barotne: iesala ekstrakts (d=1.028), agars – 18 g, 1 l destilēta ūdens. Eksperiments veikts 3 atkārtojumos. Inkubācijas laiks – 3 diennaktis, inkubācija veikta istabas temperatūrā (20±2 °C). Pēc tam veikta izaugušo mikroorganismu koloniju uzskaitē (Vanderzant, Splittstoesser, 1992).

Augsnes celulozi noārdošo mikroorganismu sastopamības noteikšana

Tika izmantota I. Zaharova ieteiktā metode. Lai spriestu par to, cik augsnē izplatīti ir celulozi degradējošie mikroorganismi, izmantoja Petri traukus ar barotni, kas nesatur oglekļa barības avotus. Mikroskopisko sēņu izdalīšanai tā ir Častuhina barotne: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0.75 g, KH_2PO_4 – 0.5 g, MgSO_4 – 0.25 g, FeSO_4 – zīmes, MnSO_4 – zīmes, agars – 4 g, destilēts ūdens – 200 ml. Baktēriju izdalīšanai izmantoja Kadota barotni: NaNO_3 – 0.5 g, K_2HPO_4 – 1 g, MgSO_4 – 0.5 g, FeSO_4 – 0.01 g, agars – 20 g, destilēts ūdens – 1 l. Uz barotnēm uzlika sterilu filtrpapīru (oglekļa avots), un uz tā – augsnes piciņas aptuveni sērkociņa galviņas lielumā (25 augsnes piciņas vienā Petri traukā). Inkubēja istabas temperatūrā 7–10 dienas, saskaitīja piciņas, ap kurām uz filtrpapīra bija redzamas mikroorganismu kolonijas, un aprēķināja to daudzumu procentos (Захаров, 1978).

Egļu sakņu rizoplānas un rizosfēras mikroskopisko sēņu antagonisma novērtējums pret *Heterobasidion annosum*

Uz iesala barotnes izaudzēja *Heterobasidion annosum* celma P03021 testkultūru (19 °C temperatūrā 1 nedēļu), to suspendēja sterilā ūdenī un suspensiju uzsēja Petri traukā uz iesala agara, izkliedējot pa visu barotnes virsmu. Tajā pašā dienā barotnei virsū uzlika 3–4 mm garus egļu saknīšu gabaliņus no 5–10 cm dziļuma. Katrā Petri traukā ievietoja 5 sakņu gabaliņus, kurus rūpīgi atdalīja no augsnes parauga, nenopurinot un nenoskalojot augsni. Katram variantam bija 3 atkātojumi. Pēc 7–10 un vairāk dienām novērtēja antagonismu starp *H. annosum* un analizēto mikrofloru (Chandelier, 1994; Сэги, 1983).

Mikrofloras kopējās ietekmes novērtēšana pret *H. annosum*

No augsnes parauga gatavoja 1:10 atšķaidījumu sterilā ūdenī, ko plānā kārtiņā uzsēja uz sterilas barotnes Petri traukā, vienmērīgi izkliedējot pa visu plati. Lai izaugtu streptomocītes, izmantoja glicerīna-arginīna barotni (glicerīns – 12.5 g, arginīns – 1.0 g, K_2HPO_4 – 1.0 g, NaCl – 1.0 g, MgSO_4 – 0.5 g, FeSO_4 – 0.01 g, CuSO_4 – 1.0 mg, MnSO_4 – 1.0 mg, ZnSO_4 – 1.0 mg, agars – 20 g, destilēts ūdens – 1 l). Pārējo baktēriju izaudzēšanai izmantoja Torntona barotni (K_2HPO_4 – 1.0 g, MgSO_4 – 0.2 g, CaCl_2 – 0.1 g, FeCl_3 – zīmes, KNO_3 – 0.5 g, asparagīns – 0.5 g, mannīts – 1.0 g, agars – 20 g, destilēts ūdens – 1 l). Sēnes kultivēja uz Čapeka barotnes (saharoze – 30.0 g, NaNO_3 – 2.0 g, KH_2PO_4 – 1.0 g, MgSO_4 – 0.5 g, KCl – 0.5 g, FeSO_4 – 0.01 g, agars – 20 g, destilēts ūdens – 1 l).

Petri traukus inkubēja 20 °C temperatūrā aptuveni 7 dienas, kamēr mikroorganismu kolonijas pilnīgi pārklāja barotni. Tad izvēlējās 4 raksturīgākās vietas un no tām ar stikla caurulīti izgriezta agara blokus (4 mm diametrā).

Divus agara blokus novietoja Petri traukā (katru savā malā), bet trauka centrā uzlika *H. annosum* bloku (tādā pašā veidā izgrieztu no *H. annosum* 7 dienas vecas testkultūras (P03021 un S00005)). To inkubēja 19 °C temperatūrā un regulāri pārbaudīja, vai, testkultūrai augot, ap blokiem neveidojas sterilas zonas (Chandelier, 1994; Сэги, 1983). Rezultātu novērtēšanas shēma šiem biezo suspensiju blokiem ietverta nākamajā nodaļā.

Mikroskopisko sēņu un *H. annosum* antagonisma pārbaude

Uz iesala barotnes Petri traukā novietoja agara bloku ar *H. annosum* kultūru (7 dienas vecu, uz iesala agara) un izvēlētās mikroskopiskās sēnes kultūras agara bloku. Sēnes bija izdalītas no augsnes un audzētas tīrkultūrā 6 dienas uz iesala barotnes. Pētījumā tika izmantotas no Somijas saņemtas *H. annosum* testkultūras (Nr. P03021 un S00005). Tās inkubēja 19 °C temperatūrā 7 dienas, regulāri pārbaudot sēņu micēlija attīstību. Ja starp sēnēm pastāv antagonisms, tad starp abiem micēlijiem veidojas sterila zona (Сэги, 1983).

Antagonisma novērtējums pret *H. annosum*.

1. Rizosfēras un rizoplānas mikrofloras antagonisms:

- + (stiprs antagonisms) – ja starp micēlijiem konstatēta sterila zona vai *Trichoderma* spp.;
- (nav antagonisma) – ja nav konstatēta mijiedarbība starp *H. annosum* un izaugušajām mikroskopiskajām sēnēm;
- 0 – ja visu Petri trauku pāraug tikai *H. annosum*.

2. Mikroorganismu biezo suspensiju bloku un atsevišķu izolēto sēņu antagonisms:

- ++ (ļoti stiprs antagonisms) – sēne pāraug *H. annosum* vai sterilā zona starp micēlijiem ir lielāka par 1 cm; analizējot biezo suspensiju bloku antagonismu, vienmēr tiek atzīmēta *Trichoderma* spp.;
- + (stiprs antagonisms) – sterilās zonas platums ir 0.1–1 cm;
- +/- (vājš antagonisms) – sterila zona nav konstatēta, bet novērojama micēlija uzbiezīšanās vai krāsas maiņa; sterilā zona ir mazāka par 0.1 cm;
- (nav antagonisma) – *H. annosum* pāraug visu Petri trauku.

1. tabula / Table 1

Augsnes agroķīmisko rādītāju salīdzinājums inficētās un veselās audzēs
Comparison of agrochemical parameters of soil in healthy and infected stands

Pauga- laukums / Sample plot	Organisko vielu daudzums, % / Organic matter, %		NH ₄ , mg kg ⁻¹		P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹		K ₂ O, mg kg ⁻¹		CaO, mg kg ⁻¹		MgO, mg kg ⁻¹		pH		
	5-10 cm	20-25 cm	5-10 cm	20-25 cm	5-10 cm	20-25 cm	5-10 cm	20-25 cm	5-10 cm	20-25 cm	5-10 cm	20-25 cm	20-25 cm	40-50 cm	40-50 cm
Veselās egles / Healthy spruces															
Cesvaine-1	11.6	7.0	40.0	35.0	28.0	7.0	61.0	30.0	1744.0	149.0	456.0	71.0	3.0	3.6	4.0
Bauska	92.0	20.7	183.0	48.0	25.0	14.0	318.0	122.0	708.7	867.0	2197.0	416.0	3.9	2.9	4.4
Smiltene-v.	64.7	1.8	301.0	66.0	47.0	17.0	446.0	36.0	5941.0	319.0	1069.0	76.0	3.7	4.1	5.0
Kalsnava-1	–	–	80.0	57.0	26.0	20.0	263.0	78.0	11553.0	6186.0	644.0	440.0	4.0	5.1	4.5
Šķēde-v.	16.9	3.8	278.0	37.0	14.0	8.0	124.0	52.0	1097.0	269.0	526.0	277.0	3.8	4.3	5.7
Trupējušas egles / Decayed spruces															
Oļi-1	11.2	5.6	23.0	47.0	39.0	5.0	145.0	76.0	2694.0	2027.0	1767.0	710.0	4.5	4.8	4.3
Smiltene-tr.	87.1	1.9	636.0	55.0	46.0	19.0	626.0	16.0	8562.0	199.0	2054.0	107.0	4.8	4.5	5.1
Pūre-4	67.2	1.9	159.0	46.0	10.0	–	258.0	13.0	5832.0	294.0	1564.0	106.0	3.2	3.8	4.5
Oļi-3	–	–	132.0	64.0	25.0	33.0	199.0	79.0	4351.0	3111.0	946.0	761.0	5.7	5.8	4.5
Šķēde-tr.	11.2	5.6	62.0	26.0	8.0	4.0	92.0	32.0	1246.0	872.0	545.0	485.0	4.3	5.3	5.5

Piezīme. Barības elementu saturs pārrēķināts uz absolūti sausu augsni

Note. Plant nutrient content expressed per oven-dry basis

Rezultāti un diskusija

Agroķīmisko rādītāju salīdzinājums

Agroķīmisko analīžu rezultāti atspoguļoti 1. tabulā.

Vidējā pH vērtība 5 cm dziļumā parauglaukumos ar veselām eglēm ir 3.6, bet parauglaukumos ar trupējušām eglēm – 4.6. Savukārt 20 cm dziļumā attiecīgi pH=3.9 un 4.8. Salīdzinot pH vērtības 40 cm dziļumā, atšķirības netika konstatētas.

Literatūrā atzīmēts, ka augsnēm, kas reprezentē ar *H. annosum* inficētas kokaudzes, ir raksturīgs mazāks N, Fe un Mn, bet lielāks Ca saturs (Bazzigher, 1986). Salīdzinot N saturu mūsu analizētajās augsnēs, būtiskas atšķirības trupējušo un veselo egļu audzēs netika atzīmētas. Konstatētais barības vielu (N, P, K) daudzums minerālaugsnēs humusa slānī atbilst citu autoru datiem par barības vielu nodrošinājumu meža augsnēs (Bušs u.c., 1974; Kāposts, Sacenieks, 1981). Vidēji lielāku Mg daudzumu konstatēja parauglaukumos, kas reprezentēja trupējušas egles, taču atšķirības 95% ticamības līmenī nav būtiskas, ko nosaka datu lielā izkliede vienas parauglaukumu kopas ietvaros. Līdzīgi arī P un K daudzums būtiski neatšķīrās.

Ar sakņu trupi inficēto mežaudžu augsnes mikrofloras salīdzinājums ar veselo mežaudžu augsnes mikrofloru

2004. gadā, analizējot baktēriju sastopamību ievāktajos paraugos, ar uzsējumu metodes (2. tabula) palīdzību konstatēja, ka 5 cm dziļumā parauglaukumos ar veselām eglēm baktēriju daudzums vidēji ir lielāks nekā parauglaukumos ar trupējušām eglēm.

Atšķirības uzrādīja parauglaukums „Oļi-1”, kur atzīmēts lapu koku, īpaši baltalkšņu, piemistrojums. Lapu koku nobiras veicina mikrofloras attīstību, un tāpēc šeit konstatēts vairāk baktēriju ($(5.7 \pm 0.2) \cdot 10^6$ koloniju veidojošo vienību (kvv) 1 gramā augsnes). Šajā gadījumā konstatēja *Bacillus* spp., turpretim parauglaukumos ar veselām eglēm – gļotas veidojošas baktērijas.

Novērtējot mikroskopisko sēņu daudzumu veselu un trupējušu egļu parauglaukumu kopās, konstatēja, ka 5 cm dziļumā mikroskopisko sēņu vairāk ir parauglaukumos ar veselām eglēm ($(22.5 \pm 2.5) \cdot 10^4$ – $(58.5 \pm 2.5) \cdot 10^4$ sēņu kvv 1 g augsnes pret $(1.7 \pm 0.1) \cdot 10^4$ – $(21.5 \pm 0.5) \cdot 10^4$ sēņu kvv 1 g parauglaukumos ar trupējušām eglēm). Iegūtie dati sakrīt ar citu autoru datiem, kas liecina, ka veselu egļu audžu augsnē sastopams vairāk mikroskopisko sēņu (Veselinovič, 1978).

No parauglaukumiem ar trupējušām eglēm atšķiras parauglaukums „Smiltene-tr.” Iespējams, šīs atšķirības nosaka palielināts kālija, slāpekļa, kalcija un magnija daudzums 5 cm dziļumā salīdzinājumā ar pārējiem trupējušo egļu parauglaukumiem. 20 cm dziļumā atšķirības nav izteiktas un kopumā pat iezīmējas mikroskopisko sēņu daudzuma palielināšanās parauglaukumos ar trupējušām eglēm.

Parauglaukumā „Smiltene-tr.” 20 cm dziļumā atzīmētas *Penicillium* spp., bet parauglaukumā „Pūre-4” 20 cm dziļumā konstatēta *Aspergillus* spp. klātbūtne. Abiem minētajiem parauglaukumiem ir raksturīgas trupējušas egles. Literatūrā minēts, ka šīs sēņu ģintis vairāk sastopamas augsnēs, kur aug veselas egles (Veselinovič, 1978). Tā kā mikroskopiskās sēnes tika noteiktas tikai līdz ģintij,

2. tabula / Table 2

Augsnes mikrobioloģiskais novērtējums, izmantojot uzsējumu metodi (2004. gada dati)
Microbiological estimation of soil using sowing method (data of the year 2004)

Parauglaukums / Sample plot	Baktērijas / Bacteria		Mikroskopiskās sēnes / Microscopic fungi	
	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm
Veselas egles / Healthy spruces				
Bauska	$(4.5 \pm 1.7) \cdot 10^6$	$(7.8 \pm 1.5) \cdot 10^6$	$(25.5 \pm 3.5) \cdot 10^4$	$(5.0 \pm 2.0) \cdot 10^4$
Smiltene-v	$(5.1 \pm 1.3) \cdot 10^6$	$(1.5 \pm 0.5) \cdot 10^6$	$(58.5 \pm 2.5) \cdot 10^4$	$(0.8 \pm 0.1) \cdot 10^4$
Kalsnava-2	$(3.6 \pm 0.1) \cdot 10^6$	$(7.2 \pm 1.4) \cdot 10^6$	$(22.5 \pm 2.5) \cdot 10^4$	$(0.7 \pm 0.4) \cdot 10^4$
Trupējušas egles / Decayed spruces				
Smiltene-tr.	$(3.3 \pm 0.7) \cdot 10^6$	$(1.0 \pm 0.1) \cdot 10^6$	$(21.5 \pm 0.5) \cdot 10^4$	$(5.3 \pm 0.4) \cdot 10^4$
Pūre-4	$(0.5 \pm 0.2) \cdot 10^6$	$(0.6 \pm 0.1) \cdot 10^6$	$(5.7 \pm 0.8) \cdot 10^4$	$(2.2 \pm 0.2) \cdot 10^4$
Oļi-1	$(5.7 \pm 0.2) \cdot 10^6$	$(7.4 \pm 0.2) \cdot 10^6$	$(1.7 \pm 0.1) \cdot 10^4$	$(1.2 \pm 0.1) \cdot 10^4$

tad nevar apgalvot, ka tieši šīs sēnes ir antagonisti pret *H. annosum*. Turklāt sēņu sastopamību var ietekmēt arī, piemēram, edafiskie faktori, jo abiem minētiem parauglaukumiem ir raksturīgs liels trūdvielu procents: 5 cm dziļumā 67–81%.

Celulolītisko baktēriju un mikroskopisko sēņu daudzuma salīdzināšanai tika izmantota I. Zaharova augsnes piciņu apauguma metode (Зархов, 1978). Izmantojot šo metodi, atšķirībā no atšķaidījumu metodes ir iespējams izanalizēt lielāku daudzumu augsnes, un tas ļauj daļēji izslēgt substrāta heterogenitātes ietekmi uz eksperimenta rezultātiem. Parauglaukumos ar veselām eglēm 5 cm dziļumā sastopams daudz celulozes noārdītāju baktēriju (piciņu apauguma procents 37.5–87.5%), turpretim parauglaukumos ar inficētām eglēm tikai 7.1–8.0%.

Novērtējot mikroskopisko sēņu sastopamību uz celulozes noārdītāju izdalīšanai paredzētās barotnes, secināts, ka parauglaukumos ar veselām eglēm 20 cm dziļumā sastopams daudz *Trichoderma* ģints mikroskopisko sēņu.

2005. gadā augsnes mikroflora tika analizēta 6 egļu audzēs uz lauksaimniecības zemēm, no kurām 3 audzēs konstatēja trupējušas egles (Pūre-1, Pūre-4, Rēzekne L), bet pārējās trijās audzēs (Pūre-2, Zvārde

L-1, Rembate) trupe netika konstatēta. Vienā no minētajām audzēs (Pūre-4) augsne tika analizēta arī 2004. gadā.

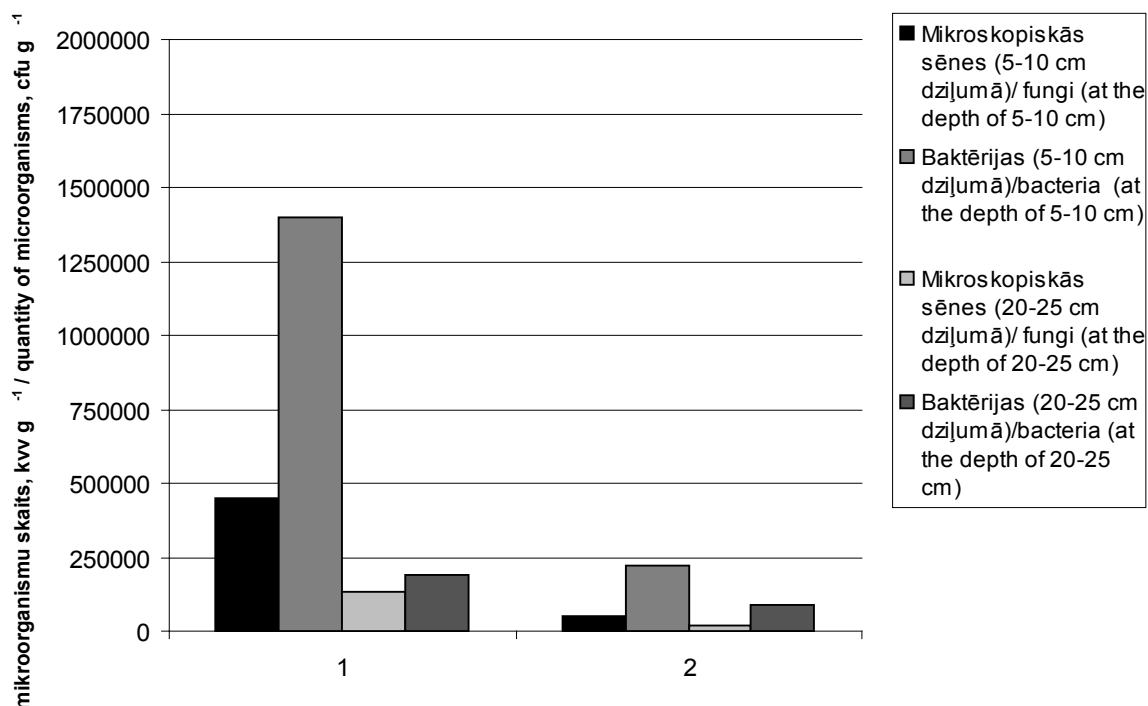
Salīdzinot mikroorganismu daudzumu veselās un inficētās audzēs, konstatēts, ka mikroskopisko sēņu daudzums abos analizējamās augsnes dziļumos lielāks ir augsnē ar trupējušām eglēm (1. att.).

Baktēriju daudzums abos dziļumos būtiski neatšķiras, jo trupējušās audzēs 5-10 cm dziļumā konstatēta liela datu izkliede.

Iegūtie dati par mikroskopisko sēņu daudzuma palielināšanos augsnēs, kur aug trupējušas egles, varētu būt skaidrojami ar to, ka abos gadījumos (analizējot kā veselās, tā trupējušās egļu audzes) novērtēta bijušām lauksaimniecības zemēm raksturīga augsne.

Tika analizēts arī mikroskopisko sēņu kvalitatīvais sastāvs (nosakot sēnes līdz ģintij) veselās un inficētās audzēs (2. att.).

Konstatēts, ka *Penicillium* spp. un *Mucor* spp. augsnē vairāk sastopamas trupējušās audzēs, bet *Trichoderma* spp. pamatā konstatēta veselās audzēs. Literatūrā atzīmēts, ka *Trichoderma* ģints sēnes, veidojot vismaz 70% no kopējā mikroskopisko sēņu daudzuma, nodrošina kokaugu sakņu aizsardzību

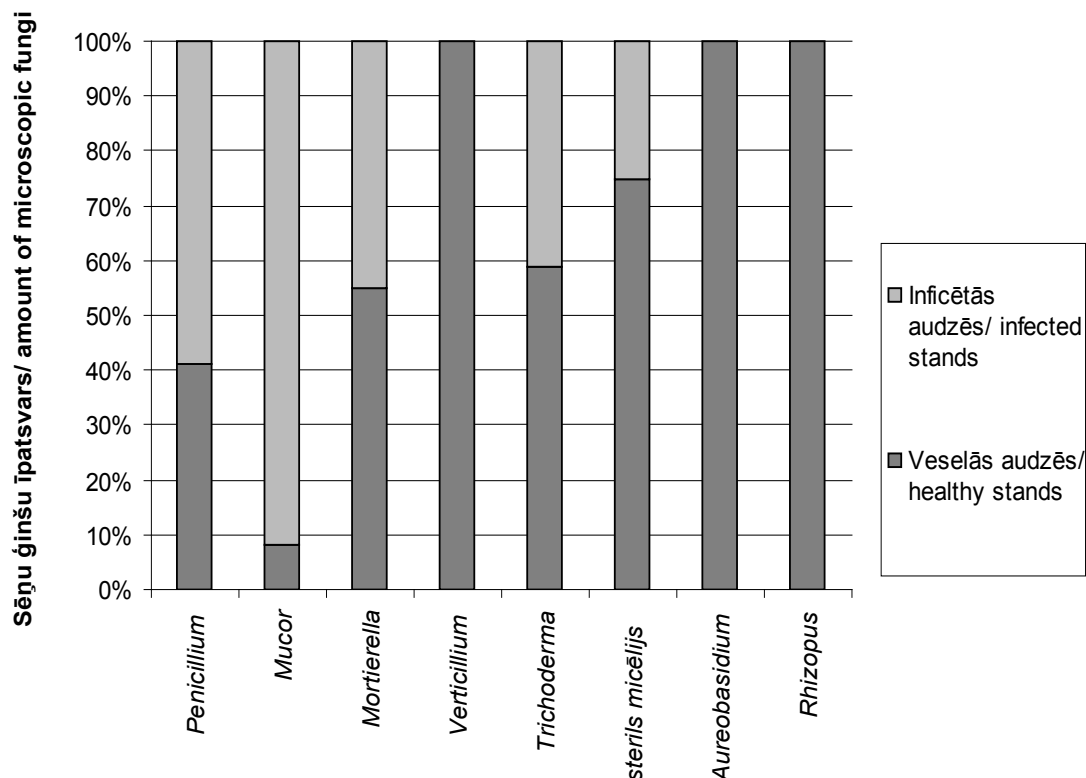


1. att. Ar sakņu trupi inficēto un veselo audžu augsnes mikrofloras salīdzinājums (2005. gada dati):

1 – ar sakņu trupi inficētas audzes; 2 – veselas audzes.

Fig. 1. Comparison of soil microflora in root rot infected and in healthy stands (data of the year 2005):

1 – root rot infected stands; 2 – healthy stands.



2. att. Mikroskopisko sēņu grupu īpatsvars ar sakņu trupi inficēto un veselo audžu augsnē.

Fig. 2. Amount of microscopic fungi in soils of root rot infected and healthy stands.

pret *H. annosum* (Sierota, 1982; Sierota, Kwaśna, 1998). Tikai veselo audžu augsnē ir sastopamas tādas ģintis kā *Verticillium*, *Aureobasidium* un *Rhizopus*. *Mortierella* ģints sastopama kā veselās, tā inficētās audzēs.

Visos objektos ar trupējušām eglēm sastopama *Cladosporium* spp. Perspektīvā būtu jānovērtē šo sēņu izplatība trupējušās audzēs, lai to varētu izmantot kā indikatoru augsnes īpašību novērtēšanai.

Mikroskopisko sēņu antagonisms pret *H. annosum*

Mikroskopisko sēņu antagonisms tika analizēts ar šādām metodēm: antagonistisku sēņu klātbūtne augsnē egļu rizosfēras zonā (rizosfērā un rizoplānā) un atsevišķu mikroskopisko sēņu antagonisms pret *H. annosum*. Pirmās metodes rezultāti ir apkopoti 3. tabulā un tie ļauj secināt, ka vāju antagonismu mikroflora uzrāda visās analizētajās augsnēs. *Trichoderma* spp. rizosfērā konstatētas tikai veselu egļu audzēs. Otrās metodes rezultāti ir apkopoti 4. tabulā.

Penicillium ģints sēnes uzrādīja stipru antagonismu pret *H. annosum* (3. att.). Šajā ziņā mūsu iegūtie dati saskan ar citu autoru pētījumiem

(Василяускас, 1989). Antagonismu uzrādīja arī dažas *Mucor* un *Mortierella* ģinšu sēnes. Analizētās *Verticillium* spp., izņemot *Verticillium sulphureum*, arī negatīvi ietekmēja *H. annosum* attīstību. Visi izdalītie *Trichoderma* spp. sēnes celmi nomāca *H. annosum*, pilnīgi aizņemot Petri trauku (3. att.). Šie dati sakrīt ar citu autoru iegūtajiem rezultātiem (Woodward et al., 1998).

Antagonisms konstatēts, novērtējot arī *Oidiodendron citrinum*, *Trichosporon* spp., *Geotrichum* spp., *Mycogone* spp. un *Rhizopus* spp. mijiedarbību ar *H. annosum*. Pārbaudot *Aureobasidium* spp., antagonisms konstatēts tikai pret *H. annosum* S grupu. Secināts, ka izdalītās askomicētes ir antagonistiskas pret *H. annosum*. Šajā pētījumā netika noteiktas visas izdalītās sēnes. Pret *H. annosum* antagonistiskas sēnes konstatētas visās analizētajās augsnēs. Iespējams, audžu rezistence pret *H. annosum* ir vairāk atkarīga no mikrofloras sastāva tieši sakņu rizosfērā, jo, piemēram, objektā „Iecava”, kur atzīmēta augsta inficētības pakāpe ar *H. annosum*, *Trichoderma* spp. tika izdalīta no augsnes, bet to neizdevās konstatēt egļu sakņu rizosfērā. Turpmākajos pētījumos paredzēta padziļināta rizosfēras mikrofloras sastāva analīze egļu audzēs.

3. tabula / Table 3

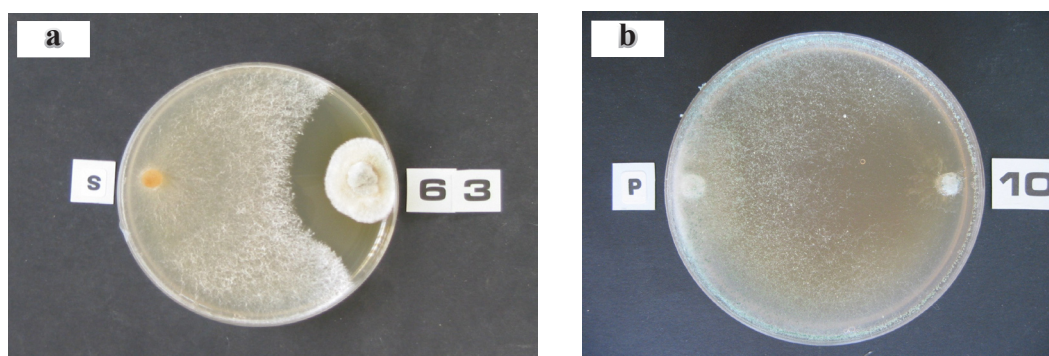
Kopējais augsnes mikrofloras antagonisms pret *H. annosum*
Antagonism of soil microflora against *H. annosum*

Nr. / No.	Paraug- laukums / Sample plot	Rizosfērā un rizoplānā 5–10 cm dziļumā / Rhizosphere and rhizoplane at the depth of 5–10 cm	Nerizosfēras augsnē, dažādās barotnēs*					
			5–10 cm dziļumā / at the depth of 5-10 cm			20-25 cm dziļumā / at the depth of 20-25 cm		
			G	T	Č	G	T	Č
1	Pūre-1 – trupe / rot	-	+-	+-	+-	Tr-	+	-
2	Pūre-2	Tr-	+	+-	+-	+-	+-	+-
3	Pūre-4 – trupe / rot	-	-	+-	+-	-	+-	+-
4	Pūre-5	Tr-	-	Tr-	+	+-	+-	+-
5	Pūre-6	-	+-	+-	+-	+-	+	-
6	Ropaži-2M	Tr-	Tr-	+-	+-	Tr+	Tr-	-
7	Iecava-1 – trupe / rot	0	Tr-	Tr-	Tr-	+	+	+-
8	Zvārde-L-1	-	Tr-	+-	-	+-	+-	-
9	Rēzekne-L – trupe / rot	-	+-	-	+-	-	-	+-
10	Rēzekne-M	-	+	+-	Tr-	+	-	+-
11	Malta-M	Tr-	Tr-	Tr+	-	Tr-	+-	+-
12	Lautere-L	-	+-	-	+-	+-	-	-
13	Rembate	Tr-	-	Tr-	Tr-	+-	+-	+-

+ – stiprs antagonisms / strong antagonism; +- – vājš antagonisms / +- – weak antagonism;

- – nav antagonisma / no antagonism; 0 – neizauga neviena ar *H. annosum* konkurētspējīga suga / did not grow any species competitive to *H. annosum*; Tr – sastopama *Trichoderma* sp. / common *Trichoderma* sp.

* – G – glicerīna-arginīna barotne / glycerin-arginine culture medium; T – Torntona barotne / Tornton culture medium;
Č – Čapeka barotne / Chapek culture medium



3. att. Mikroskopisko sēņu antagonisms pret *Heterobasidion annosum*: a) *Penicillium* sp. antagonisms pret *H. annosum* S grupu; b) *Trichoderma* sp. antagonisms pret *H. annosum* P grupu.

Fig. 3. Microscopic fungi antagonism against *H. annosum*: a) *Penicillium* sp. antagonism against *H. annosum* S group; b) *Trichoderma* sp. antagonism against *H. annosum* P group.

4. tabula / Table 4

Mikroskopisko sēņu antagonisms pret *H. annosum*
Antagonism of microscopic fungi against *H. annosum*

Nr. / No.	Sēnes / Fungi	Izdalīšanas vieta / Distribution place	Antagonisms pret <i>H. annosum</i> / Antagonism against <i>H. annosum</i>	
			S grupa / S group	P grupa / P group
1	<i>Mucor</i> spp.	Ropaži-2M	+-	+-
		Pūre-1	+	+
		Pūre-2	+	+
		Ropaži-2M	-	+
		Rēzekne-M	+-	+
2	<i>Rhizopus</i> spp.	Pūre-5	+	+
3	<i>Mortierella</i> spp. (balts micēlijs / white mycelium)	Iecava-1	-	-
		Zvārde-L-5	-	-
		Zvārde-L-1	+	+
		Zvārde-L-3	+-	-
4	<i>Mortierella</i> spp. (dzeltens micēlijs / yellow mycelium)	Pūre-5	+	+
5	<i>Mortierella vinacea</i>	Pūre-5	-	-
6	<i>Mortierella longicollis</i>	Pūre-5	+	+
7	<i>Mycogone</i> spp.	Zvārde-L-1	+	+
8	Askomicētes / Ascomycetes	Pūre-1	+	+
		Pūre-2	+	+
		Pūre-1	++	++
		Ropaži-1L	+	+
9	<i>Penicillium</i> spp.	Pūre-2	+	+
		Pūre-2	+	++
		Zvārde-L-5	+	++
		Kuldīga	++	++
		Lautere	++	++
10	<i>Verticillium</i> spp.	Ropaži-1-L	+	+
		Ropaži-1-L	+	+
11	<i>Verticillium sulphureum</i>	Zvārde-L-1	-	-
12	<i>Aureobasidium</i> spp.	Pūre-5	+	-
13	<i>Geotrichum</i> spp.	Lautere-L	+	+
14	<i>Trichosporon</i> spp.	Pūre-1	+	+
15	<i>Oidiodendron citrinum</i>	Lautere-L	+	+
		Rēzekne-L	+	+

++ – ļoti stiprs antagonisms / very strong antagonism; + – stiprs antagonisms / strong antagonism;

+- – vājš antagonisms / weak antagonism; - – nav antagonisma / no antagonism

Secinājumi

1. Analizēto augsnes agroķīmisko rādītāju saistība ar sakņu trupes attīstību netika konstatēta.
2. Parauglaukumos ar trupējušām eglēm augsnē konstatēts mazāk celulozi noārdošo baktēriju nekā parauglaukumos ar veselām eglēm.
3. Visās analizētajās augsnēs sastopama *H. annosum* antagonistiska mikroflora. Izdalītās askomicētes, kā arī *Trichoderma* spp. un *Penicillium* spp. uzrāda stipru antagonismu. 90% no antagonistiem nomāc gan *H. annosum* S, gan P grupas augšanu.
4. Tikai veselu egļu audzēs no augsnes izdalītās *Verticillium*, *Aureobasidium* un *Rhizopus* ģints mikroskopiskās sēnes.
5. Sakņu rizosfērā *Trichoderma* ģints sēnes konstatētas tikai veselās egļu audzēs.

Literatūra

1. *Agroķīmika rokasgrāmata*. (1978) Sastādījis A. Pāvule. "Liesma", Rīga, 339 lpp.
2. Alef, K., Nannipiri, P. (eds.) (1988) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Acad. Press., pp. 20-100.
3. Bazzigher, G. (1986) Infection studies with *Heterobasidion annosum* in young trees of *Picea abies*. *Eur. J. For. Path.*, 16, pp. 125-128.
4. Bendz-Hellgren, M., Lipponen, K., Solheim, H., Thomsen, I. (1998) The Nordic Countries. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 333-345.
5. Bendz-Hellgren, M., Brandtberg, P.-O., Johansson, M., Swedjemark, G., Stenlid, J. (1999) Growth rate of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce stands established on forest land and arable land. *Scand. J. For. Res.*, 14, pp. 402-407.
6. Bušs, M., Kāposts, V., Sacenieks, R. (1974) *Meža mēslošana*. Rīga, 11.-25. lpp.
7. Chandelier, P. (1994) *Methods for the detection and identification of forest nursery diseases*. COST 813. Commission of European Communities. Directorate General for Science, Research and Development. Brussels, Belgium, 250 pp.
8. Dimitri, L., Tomiczek, T. (1998) Germany and Austria. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 355-368.
9. Graber, S. (1994) Die Fichtenkernfäule in der Nordschweiz: Schadenausmass, ökologische Zusammenhänge und waldbauliche Massnahmen. *Schweiz. Z. Forstwesen*, 145, pp. 905-925.
10. Hanso, S., Korhonen, K., Hanso, M. (1994) Attack of spruce and pine by S and P groups of *Heterobasidion annosum* on forest and former agricultural soils in Estonia. In: M. Johansson and J. Stenlid (eds.). *Proceedings of Eighth International Conference on Root and Butt Rots. Part 1. Wik, Sweden and Haikko, Finland. August 9-16, 1993*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, pp. 254-259.
11. Heinen Brown, J., Vaz, J.E., Benzo, Z., Mejias, C. (1999) A comparison of extraction and suspension methods for determining exchangeable potassium in soils. *Applied Clay Science*, Volume 14, Number 5, July, pp. 245-255(11).
12. Kaarna-Vuorinen, L. (2000) Rot frequency and the ensuing economic losses, and the causes of butt-rot in final fellings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in south-eastern Finland. *Doctoral Thesis*. Univ. of Helsinki, Dept. of Forest Economics Publications, 8, p. 82.
13. Kāposts, V., Sacenieks, R. (1981) *Mežaudžu barošanās režīms un to mēslošana*. Rīga, LatZTIZPI, 16.-17. lpp.
14. Korhonen, K., Piri, T. (1994) The main hosts and distribution of the S and P groups of *Heterobasidion annosum* in Finland. *Proceedings of Eighth International Conference on Root and Butt Rots. Sweden and Haikko, Finland. August 9-16, 1993*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, pp. 260-268.
15. Korhonen, K., Stenlid, J. (1998) Biology. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 43-70.
16. Lindberg, M., Johansson, M. (1991) Growth of *Heterobasidion annosum* through bark of *Picea abies*. *European Journal of Forest Pathology*, 21, pp. 377-388.
17. Mäkelä, M., Lipponen, K., Sainio M. (1998) Tyvilahoa sisältävän kuusen määrä laatu ja käyttömahdollisuudet sellun raaka-aineena. *Metsätieteen raportti*, 50, p. 29.
18. Mangalis, I. (1962) Sakņu trupes izplatība egles kultūrās un dabiski atjaunojošās mežaudzēs. *LLA Raksti*, 11. sēj., 313.-314. lpp.
19. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part IIIa. Sampling and analysis of soil. (2006) *International Co-operative programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*, pp. 8-14: [http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt_3a_2006\(1\).pdf](http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt_3a_2006(1).pdf) – Resurss apraksts 2008. gada 10. februārī.

20. Niemelä, T., Korhonen, K. (1998) Taxonomy of the genus *Heterobasidion*. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (ed.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 27-33.
21. Penttilä, R., Siitonen, J., Kuusinen, M. (2004) Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. *Biological Conservation*, 117, pp. 271-283.
22. Pratt, J.E., Greig, B.J.W. (1988) *Heterobasidion annosum*: development of butt rot following thinning in two young first rotation stands of Norway spruce. *Forestry*, 61, pp. 339-347.
23. Redfern, D.B. (1984) Factors affecting spread of *Heterobasidion annosum* in plantations. In: G.A. Kile (ed.). *Proceedings of the 6th Int. Conf. on Root and Butt Rots of Forest Trees*. Melbourne, Victoria and Gympie, Queensland, Australia, pp.104-114.
24. Sierota, Z. (1982) Badania antagonizmu *Trichoderma viride* Pers. ex Fr. w stosunku do huby korzeni *Fomes annosum* (Fr.) Cke=*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. w środowisku glebowym. *Pr. Inst. Bad. Leśn.*, 612, pp. 81-101.
25. Sierota, Z., Kwaśna, H. (1998) Changes in fungal communities in abandoned farmland soil enriched with pine sawdust. *Folia Forestalia Polonica*, 40, pp. 85-94.
26. Swedjemark, G., Stenlid, J. (1993) Population dynamics of the root rot fungus *Heterobasidion annosum* following thinning of *Picea abies*. *Oikos*, 66(2), pp. 247-254.
27. Tamminen, P. (1985) Butt rot in Norway spruce in Southern Finland. *Commun. Inst. For.Fenn.*, 127, p. 52.
28. Vanderzant, C., Splittstoesser, D.F. (eds.) (1992) *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Third ed. American Public Health Association, 216 pp.
29. Vaseľinovič, N. (1978) Antagonistic activity to *Fomes annosus* of fungi and actinomycetes isolated from soil and rhizosphere of infected and healthy Scots pine species and spruce trees. *5th International Conference on problems of root and butt rot in conifers*. Kassen, pp.164-168.
30. Werner, H. (1971) Untersuchungen über die Einflüsse des Standorts und der Bestandesverhältnisse auf die Rotfäule (Kernfäule) in Fichtenbeständen der Mittleren Alb. Summary: The influence of site and stand conditions on red rot (heart rot) in Norway spruce stands of the central Schwabish Alb. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung*, 20, pp. 9-49.
31. Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) (1998) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, 589 pp.
32. Василяускас, А. (1989) Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. Вильнюс, 175 с.
33. Захаров, И.С. (1978) Образование гумусовых веществ целлюлозоразрушающими микроорганизмами. «ЦТИИИЦА», Кишинев, 116 с.
34. Сэги, Й. (1983) Методы почвенной микробиологии. Москва, «Колос», 104-107 с.

Skujukoku zaleņa piesārņojums ar pesticīdiem un smagajiem metāliem Pollution of Coniferous Foliage with Pesticides and Heavy Metals

Māris Daugavietis, Ausma Korica, Ojārs Polis

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”

Latvian State Forestry Research Institute „Silava”

e-mail: maris@silava.lv

Vadims Bartkevičs

Pārtikas un veterinārā dienesta Nacionālais diagnostikas centrs

The National Diagnostic Centre of Food and Veterinary Service

Abstract. Results of investigations, made in 2006–2007 about possible pollution of coniferous tree foliage in Kurzeme and Vidzeme region, are summarized. Samples of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) needles from forests of 19 different sites in Kurzeme and Vidzeme regions were collected and analyzed on the presence of organochlorinated pesticides (azoxystrobin, bifenthrin, bromopropylate, bupirimate, captan, chlorthalonil, chlorpropham, chlorpyrifos, cypermethin, cyprodinil, DDT, deltamethrin, diazinone, dichlofluanid, dicofol, dimethoate, diphenylamine, endosulfan, fenhexamid, fludioxonil, folpet, iprodione, cyhalothrin, malathion, metalaxyl, methidathion, myclobuthanil, kresoxim, pirimiphos, parathion, phosalone, and procymidon) and heavy metals (Zn, Cu, Ni, Cd, Co, and Pb). Only one sample showed presence of DDT traces. Amount of heavy metals fluctuated among the samples (mg kg⁻¹): Zn – 18.9–78.9, Cu – 3.0–18.3, Ni – 0.0–6.6, Cd – 0.0–1.3, Co – 1.6–8.0, and Pb – 1.7–7.9. The data indicates that tree foliage collected from those regions generally is not polluted and can safely be used for foliage extracts production.

Key words: forest, coniferous tree foliage, pollution, pesticides, heavy metals.

Ievads

Koku, sevišķi skujukoku, zālenis (skujas un nepārkoksnējušies dzinumi) ir izejviela daudzu bioloģiski aktīvu (medicīnas preces, videi nekaitīgi augu aizsardzības līdzekļi, sadzīves ķīmijas līdzekļi u.c.) preparātu ražošanai. Skujukoku zāleņa priekšrocība ir tā pieejamība visu gadu.

Latvijā skuju ķīmiskās pārstrādes ražotne darbojas Piltenē. Šajā zāleņa pārstrādes nozarē ļoti svarīga ir izejvielas tīrība, t.i., lai mežu ekosistēmas nebūtu piesārņotas ar smagajiem metāliem un lauksaimniecībā lietotajiem pesticīdiem, kas var ietekmēt zāleņa pārstrādes produktu kvalitāti.

Citās valstīs veiktie pētījumi (gan Eiropā, gan citos reģionos) par skujukoku piesārņojumu ar pesticīdiem un smagajiem metāliem saistībā ar mežu tuvumā esošajiem metālu ieguves un pārstrādes uzņēmumiem un lielām zemes teritorijām ar intensīvu lauksaimniecību rāda, ka stāvoklis šajā jomā ir nopietns.

Pētījumi Eiropas centrālajā un ziemeļu daļā liecina, ka α -heksahlorcikloheksāna (α -HCH) un heksahlorbenzola (HCB) saturs priežu skuļās ir apmēram vienāds visā izpētītajā reģionā, bet γ -heksahlorcikloheksāna (γ -HCH) un DDT grupas

pesticīdu saturs augstāks ir Eiropas dienvidu daļā. Pesticīdu daudzums lielāks ir vecākajās skuļās; novērotas arī atšķirības starp koku sugām. Šo pētījumu ietvaros 1990. gadā tika ņemti priežu skuļu paraugi divās vietās arī Latvijā: Smiltenes-Gulbenes posmā un pie Iecavas (koordinātes attiecīgi 57°22' N, 26°22' E un 56°35' N, 24°03' E). α -HCH saturs bija 5.3 un 9.4 $\mu\text{g kg}^{-1}$, γ -HCH saturs – 12.3 un 19.5 $\mu\text{g kg}^{-1}$, HCB saturs – 2.9 un 3.6 $\mu\text{g kg}^{-1}$, un DDT saturs – 0.7 un 1.3 $\mu\text{g kg}^{-1}$ attiecīgi Smiltenes-Gulbenes posmā un pie Iecavas [1]. Citus datus par pesticīdu saturu Latvijas skujukoku skuļās mums nav izdevies atrast.

Hlororganisko pesticīdu saturs skuļās ir pētīts arī Ķīnā [2], Kanāriju salās [3] un citur [4]. Pētījumi rāda, ka intensīvas lauksaimniecības zemju apsaimniekošanas reģionos pesticīdi skuļās ir sastopami, bet ar laiku to saturs samazinās.

Savukārt smago metālu saturs koku skuļās citās valstīs ir pētīts galvenokārt saistībā ar netālu no mežu masīviem esošiem iespējamiem piesārņošanas avotiem – metālu ieguves un pārstrādes uzņēmumiem, kā arī lielu dzelzceļa maģistrāļu tuvumā [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13]. Pētījumi liecina, ka piesārņotākajās vietās smago metālu saturs palielinās arī skuļās.

Daudzi autori to saista ar smago metālu nosēšanos uz skuju virsmas vaska un uzskata, ka smagie metāli no augsnes skujās nonāk nelielos daudzumos.

Latvijā, kur nav lielu metālu ieguves uzņēmumu un metālu pārstrādes ražotnes neatrodas tuvu lieliem mežu masīviem, mežu ekosistēmas tiek uzskatītas par ekoloģiski tīrām un nepiesārņotām ar lauksaimniecībā izmantotajām ķīmikālijām (galvenokārt pesticīdiem) un smagajiem metāliem.

Diemžēl literatūrā nav korektu pētījumu rezultātu par pesticīdu un smago metālu saturu Latvijas skujukoku zalenī pašreiz. Informācija par piesārņojumu kļūst aktuāla, risinot jautājumus par koku biomasas, galvenokārt koku zaleņa, izmantošanu bioloģiski aktīvu savienojumu ražošanai, kā arī izvērtējot elementu apriti meža ekosistēmās pilnīgas koku biomasas izmantošanas veikšanai. Ņemot vērā jautājuma aktualitāti, 2006.–2007. gadā tika veikti pētījumi par hlororganisko pesticīdu un smago metālu saturu priedes un egles zalenī Kurzemes un Vidzemes reģionā.

Materiāli un metodes

Paraugi tika ievākti Kurzemes un Vidzemes reģiona priežu un egļu audzēs uz minerālaugsnēm, galvenokārt sausieņu mežos, 2006. gada jūlijā un 2007. gada jūnijā. Katrā punktā no 5–6 kokiem tika sagatavoti 8–10 kg koku zaleņa parauga. Paraugus ievāca briestaudžu un cērtama vecuma audzēs no I un II stāva kokiem. Ņemot vērā pētījuma mērķi noteikt potenciāli izmantojamā zaleņa piesārņojumu cērtamajos kokos, audžu bonitāte, biežība, krāja u.c. taksācijas rādītāji netika vērtēti, jo, vācot zaleņi pārstrādei, tas netiek šķirots pēc audžu raksturojuma.

Skujukoku zaleņa piesārņojumu novērtēšanai tika ievākti paraugi no 9 parauglaukumiem Kurzemē (1. tabula) un 10 parauglaukumiem Vidzemē (2. tabula). Parauglaukumu izvietojumu shēma ir parādīta 1. attēlā. Paraugu ievākšanas vietu ģeogrāfiskās koordinātes tika noteiktas ar GPS, kas nepieciešamības gadījumā nodrošina paraugu atkārtotas ievākšanas iespējas.

Ievāktos zaleņa paraugus sasmalcināja un, rūpīgi samaisot, ieguva vidējo paraugu, kuru pēc tam sadalīja trijās daļās: vienu – pesticīdu satura noteikšanai, otru – smago metālu satura noteikšanai, bet trešo – turpmākiem pētījumiem par metālu pāreju no zaleņa ekstraktos.

Vidējam paraugam noteica sausnas saturu, paraugu izžāvējot līdz nemainīgai masai žāvēskapī 105 °C temperatūrā. Smago metālu noteikšanai analizējamo paraugu pārpelnoja mufelkrāsnī, lai atbrīvotos no organiskajiem savienojumiem. Lai metālus izšķīdinātu, atlikumu apstrādāja ar slāpekļskābi un sālsskābi [14]. Metālu koncentrāciju šķīdumā noteica ar atomu absorbcijas spektrofotometru *Perkin-Elmer 403* un saturu pārrēķināja uz zaleņa sausu.

Hlororganisko pesticīdu saturu noteikšanai analizējamo paraugu ekstrahēja ar heksāna-acetona maisījumu. Traucējošo savienojumu atdalīšana tika veikta, izmantojot gēlfiltrācijas hromatogrāfijas metodi. Pesticīdu noteikšanai izmantots gāzu hromatogrāfs *Agilent HP6890* ar elektronu satveres detektoru [15]. Lietotās aparatūras jutība kaptāna un folpeta noteikšanai bija 0.1 mg kg⁻¹, hlortalonila noteikšanai – 0.01 mg kg⁻¹, bet pārējo pesticīdu noteikšanai – 0.05 mg kg⁻¹.

1. tabula / Table 1

Parauglaukumu izvietojums zaleņa piesārņojuma vērtēšanai Kurzemes reģionā Location of experimental plots for tree foliage pollution estimation in Kurzeme region

Paraug-laukuma Nr. / No. of a plot	Koordinātas / Coordinates	
1	57°05.273' N	22°30.293' E
2	57°03.638' N	22°13.765' E
3	57°08.875' N	21°47.311' E
4	57°16.053' N	21°50.119' E
5	57°20.406' N	22°02.983' E
6	57°29.065' N	22°20.412' E
7	57°32.888' N	22°31.400' E
8	57°26.724' N	22°58.666' E
9	57°07.614' N	23°12.870' E

2. tabula / Table 2

Parauglaukumu izvietojums zaleņa piesārņojuma vērtēšanai Vidzemes reģionā
Location of experimental plots for tree foliage pollution estimation in Vidzeme region

Paraug- laukuma Nr. / No. of a plot	Koordinātas / Coordinates	
10	57° 01.314' N	24° 41.060' E
11	57° 36.229' N	24° 47.990' E
12	57° 42.096' N	25° 06.589' E
13	57° 36.274' N	25° 35.078' E
14	57° 29.802' N	25° 53.283' E
15	57° 14.242' N	26° 19.043' E
16	56° 58.678' N	26° 20.695' E
17	56° 40.478' N	25° 57.897' E
18	56° 36.638' N	24° 57.981' E
19	56° 48.114' N	24° 32.820' E

Diskusija

Paraugos tika noteikts cinka, vara, niķeļa, kadmija, kobalta un svina daudzums. Analīžu rezultāti ir atspoguļoti 3. un 4. tabulā. Redzams, ka metālu saturs dažādos parauglaukumos nav vienāds un svārstās:

Zn – 18.9 mg kg⁻¹ – 78.9 mg kg⁻¹,
 Cu – 3.0 mg kg⁻¹ – 18.3 mg kg⁻¹,
 Ni – 0.0 mg kg⁻¹ – 6.6 mg kg⁻¹,
 Cd – 0.0 mg kg⁻¹ – 1.3 mg kg⁻¹,
 Co – 1.6 mg kg⁻¹ – 8.0 mg kg⁻¹,
 Pb – 1.7 mg kg⁻¹ – 7.9 mg kg⁻¹.

Literatūrā atrodami dati par smago metālu saturu priedes un egles zalenī Karēlijas reģionā [16], dažādos Krievijas rajonos [17], Ukrainā un Karpatos [18], kā arī Krasnojarskas apgabalā [19].

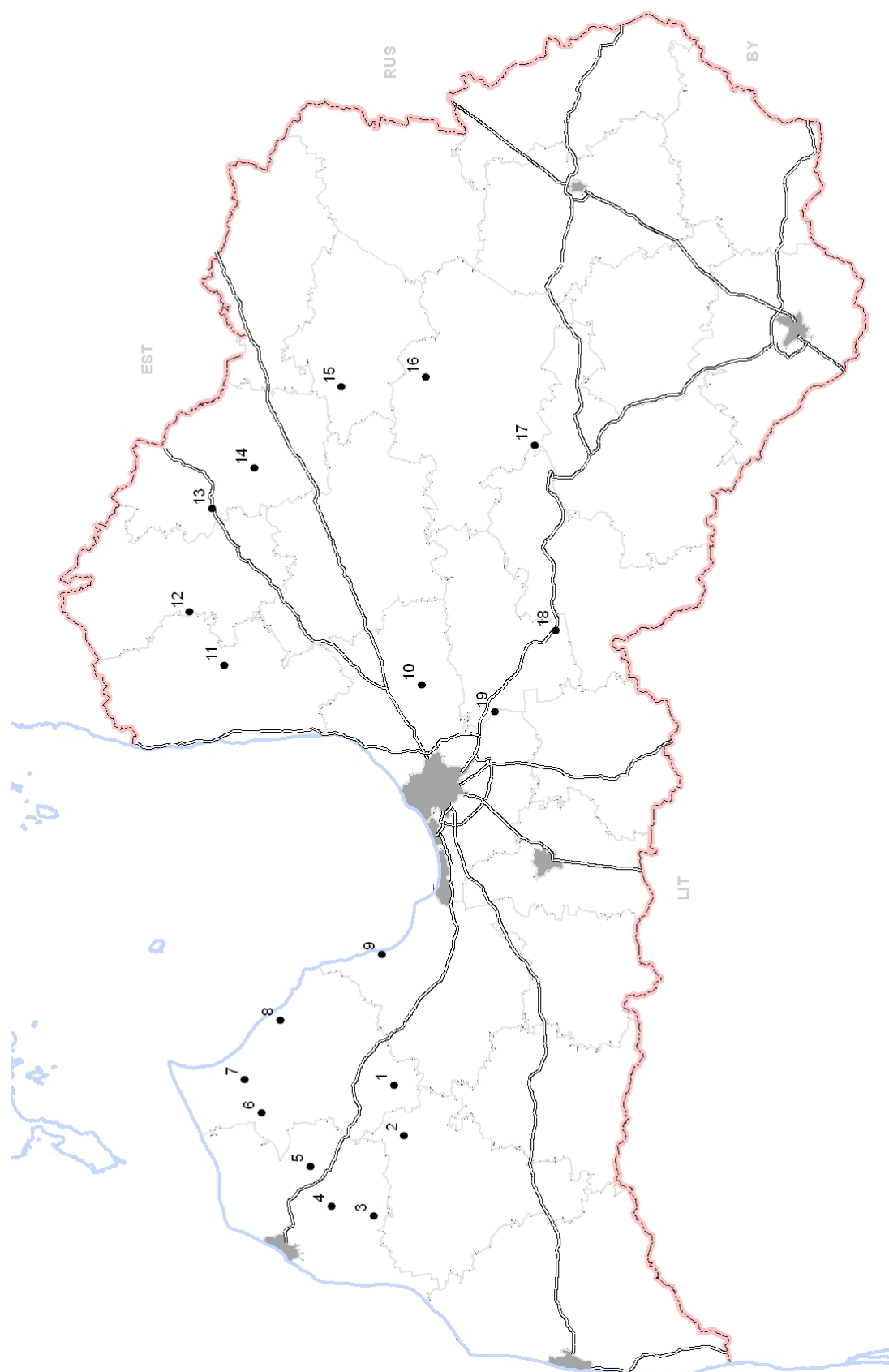
Neviens no pētījumiem neliecina par noteiktām likumsakarībām atsevišķu metālu uzkrāšanās atšķirībās priedes un egles zalenī. Rezultāti rāda, ka metālu saturs nedaudz mainās atkarībā no skuju vecuma, paraugu ievākšanas gadalaika u.c. faktoriem, bet kopumā smago metālu saturs skujās raksturo augšanas vides piesārņojumu. Pētījumu ietvaros iegūtie rezultāti nepārsniedz iepriekšminētajā literatūrā norādītos smago metālu satura rādījumus, un to saturu zalenī nevar uzskatīt par piesārņojumu.

Latvijas normatīvajos aktos nav noteiktas smago metālu satura normas augu valsts izcelsmes izejvielās un augu valsts pārstrādes produktos. Par skujukoku zaleņa un tā pārstrādes produktu nekaitīgumu var spriest, salīdzinot tajos esošo smago metālu saturu ar MK noteikumos atrodamajām normām pārtikā un dzeramajā ūdenī, kuras ir šādas: Cu ≤ 1.1 mg dienā, Zn ≤ 9.5 mg dienā, Pb un Cd ≤ 0.5 mg kg⁻¹ gaļas [20,

21, 22]. Izdalot no skujām 3–5% ekstraktvielu (no sausnas), metālu saturs zaleņa pārstrādes produktos, kurus izmanto kā uztura bagātinātājus, sagaidāms zemāks par šīm normām.

Visos ievāktajos paraugos tika pārbaudīts arī hlororganisko pesticīdu saturs. Tika veiktas analīzes to pesticīdu klātbūtnes noteikšanai, kuri ir tipiski Eiropas valstu lauksaimniecības praksē. Noteiktie pesticīdi bija azoksistrobīns (azoxystrobin), bifentrīns (bifenthrin), bromopropilāts (bromopropylate), bupirimāts (bupirimate), kaptāns (captan), hlortalonils (chlorthalonil), hlorprofams (chlorpropham), hlorpirifos (chlorpyrifos), cipermetrīns (cypermethin), ciprodinils (cyprodinil), DDT, deltametrīns (deltamethrin), diazinons (diazinone), dihlofluānīds (dichlofluānīds), dikofols (dicofol), dimetoāts (dimethoate), difenilamīns (diphenilamine), endosulfāns (endosulfan), fenheksamīds (fenhexamid), fludioksonils (fludioxonil), folpets (folpet), iprodions (iprodione), cihalotrīns (cyhalothrin), malations (malathion), metalaksils (metalaxyl), metidations (methidathion), miklobutanils (myclobuthanil), krezoksims (kresoxim), pirimifoss (pirimiphos), parations (parathion), fozalons (phosalone) un procimidons (procymidon).

Tā kā visos paraugos pesticīdu saturs bija zemāks par lietotās aparatūras jūtību (kaptāns un folpets mazāk par 0.1 mg kg⁻¹, hlortalonils mazāk par 0.01 mg kg⁻¹, bet pārējie pesticīdi mazāk par 0.05 mg kg⁻¹), tad rezultāti tabulā nav atspoguļoti. Izņēmums bija tikai zaleņa paraugs Nr. 9 Engures-Tukuma virzienā, kur egles zalenī konstatēja 0.2 mg kg⁻¹ lielu DDT klātbūtni. Par šo piesārņojumu brīdināja koku zaleņa pārstrādātāju SIA “Vecventa” un egles zalenī no šī



1. att. Skujukoku zaleņa paraugu ņemšanas vietu izvietojums.
Fig. 1. Location of coniferous tree foliage samples collection plots.

3. tabula / Table 3

Metālu saturs priedes un egles zālēnī no Kurzemes reģiona, mg kg⁻¹
 Content of metals in pine and spruce foliage from Kurzeme region, mg kg⁻¹

Parauga Nr. / No. of a sample	Paraugs / Sample	Zn	Cu	Ni	Cd	Co	Pb
1	Egle / Spruce	66.1	9.7	0.6	0.9	4.8	7.2
	Priede / Pine	78.9	6.6	0.0	0.9	2.6	4.8
2	Egle / Spruce	75.1	7.4	1.3	1.2	5.8	7.9
	Priede / Pine	74.9	8.1	0.0	0.3	2.7	4.7
3	Egle / Spruce	71.9	5.6	1.6	1.0	3.5	6.6
	Priede / Pine	59.1	3.5	0.0	0.3	1.6	2.4
4	Egle / Spruce	40.2	3.2	1.1	0.6	2.3	2.3
	Priede / Pine	72.9	18.3	0.8	1.3	4.3	2.5
5	Egle / Spruce	56.7	7.3	0.0	1.0	4.2	5.1
	Priede / Pine	49.6	6.4	0.0	0.6	3.2	6.5
6	Egle / Spruce	63.6	12.0	6.5	0.6	4.6	6.8
	Priede / Pine	59.0	9.9	0.7	0.6	2.9	5.9
7	Egle / Spruce	67.9	9.0	3.8	0.9	5.4	7.0
	Priede / Pine	41.5	7.4	0.3	0.8	3.7	3.5
8	Egle / Spruce	44.2	8.6	2.1	0.6	4.1	6.1
	Priede / Pine	39.6	7.2	1.5	0.6	3.5	5.9
9	Egle / Spruce	48.2	5.9	3.5	0.9	3.9	7.5
	Priede / Pine	45.6	9.1	1.7	0.6	3.3	4.1

4. tabula / Table 4

Metālu saturs priedes un egles zālēnī no Vidzemes reģiona, mg kg⁻¹
 Content of metals in pine and spruce foliage from Vidzeme region, mg kg⁻¹

Parauga Nr. / No. of a sample	Paraugs / Sample	Zn	Cu	Ni	Cd	Co	Pb
10	Egle / Spruce	45.7	7.3	4.3	0.0	6.4	1.7
	Priede / Pine	29.3	9.2	2.8	0.0	4.9	2.3
11.	Egle / Spruce	29.4	11.7	3.5	0.0	6.7	1.9
	Priede / Pine	33.1	11.8	3.1	0.0	6.0	2.6
12	Egle / Spruce	18.9	5.5	3.4	0.0	4.9	2.9
	Priede / Pine	23.7	4.8	2.7	0.3	4.9	2.7
13	Egle / Spruce	37.6	10.8	4.1	0.0	8.0	4.1
	Priede / Pine	49.9	18.2	2.7	0.0	6.3	4.1
14	Egle / Spruce	64.6	9.2	2.2	0.0	5.6	4.4
	Priede / Pine	49.3	3.8	2.0	0.0	4.3	3.6
15	Egle / Spruce	31.3	3.0	2.7	0.0	5.2	3.9
	Priede / Pine	31.0	3.7	2.4	0.0	5.1	2.4
16	Egle / Spruce	27.7	7.0	3.7	0.0	5.0	3.5
	Priede / Pine	49.4	5.5	2.6	0.0	2.9	3.6
17	Egle / Spruce	45.6	10.7	5.4	0.0	6.1	5.1
	Priede / Pine	53.3	9.1	3.8	0.0	4.6	4.8
18	Egle / Spruce	62.8	6.4	5.6	0.3	5.6	4.0
	Priede / Pine	45.3	15.6	4.2	0.0	4.7	3.7
19	Egle / Spruce	53.5	11.2	6.6	0.0	6.2	2.9
	Priede / Pine	41.2	7.4	4.5	0.0	4.5	2.4

rajona līdz turpmākajām pārbaudēm rekomendēja nepārstrādāt.

Kā minēts ievadā, literatūrā atrodami dati par atsevišķu hlororganisko pesticīdu (α -, β -, γ - un δ -HCH), kā arī HCB un DDT grupas pesticīdu saturu skujās Eiropas un Āzijas reģionā, bet Latvijā šādi pētījumi tika veikti tikai 1990. gadā un tikai divās vietās, kur to saturs bija neliels. Mūsu pētījumos piesārņojums vismaz Smiltenes-Gulbenes reģionā vairs netika konstatēts, kaut arī tika lietota daudz modernāka aparatūra, salīdzinot ar 1990. gada pētījumu.

Secinājumi

1. Kurzemes un Vidzemes reģionā skujukoku zalenis nav piesārņots ar hlorsaturošiem pesticīdiem.
2. Smago metālu saturs skujukoku zalenī Kurzemes un Vidzemes reģionā nav paaugstināts.
3. Koku zaleņi no Kurzemes un Vidzemes reģioniem var izmantot rūpnieciskai ekstraktu ieguvei (piemēram, Piltenes zaleņa pārstrādes cehā). No tiem savukārt iegūst dažādus tautsaimniecībā vērtīgus produktus – augu aizsardzības preparātus un augšanu stimulējošus produktus, pārtikas piedevas u.c. [23].

Literatūra

1. Hellsröm, A., Kylin, H., Strachan, W.M.J., Jensen, S. (2004) Distribution of some organochlorine compounds in pine needles from Central and Northern Europe. *Environmental Pollution*, 128, pp. 29-48.
2. Xu, D., Zhong, W., Deng, L., Chai, Z., Mao, X. (2004) Regional distribution of organochlorinated pesticides in pine needles and its indication for socioeconomic development. *Chemosphere*, 54, 6, pp. 743-752.
3. Villa, S., Finizio, A., Diaz, D.R., Vighi, M. (2003) Distribution of Organochlorine Pesticides in Pine Needles of an Oceanic Island: The Case of Tenerife (Canary Islands, Spain). *Water, Air, and Soil Pollution*, 146, pp. 335-349.
4. Kratz, W. (1997) Heavy metals, PAH, and PCB in Scots pine needles. *Fuel and Energy Abstracts*, 38, pp. 115-115(1).
5. Berg, B., Ekbohm, G., Söderström, B., Staaf, H. (1991) Reduction of decomposition rates of scots pine needle litter due to heavy-metal pollution. *Water, Air, and Soil Pollution*, 59, pp. 165-177.
6. Wyttenbach, A., Tobler, L., Bajo, S. (1991) Correlation between soil pH and metal contents in needles of Norway spruce. *Water, Air, and Soil Pollution*, 57-58, pp. 217-266.
7. Derome, J., Nieminen, T. (1998) Metal and macronutrient fluxes in heavy-metal polluted Scots pine ecosystems in SW Finland. *Environmental Pollution*, 103, pp. 219-228.
8. Rautio, P., Huttunen, S., Lamppu, J. (1998) Element Concentration in Scots Pine Needles on Radial Transects Across a Subarctic Area. *Water, Air, and Soil Pollution*, 102, pp. 389-405.
9. Wyttenbach, A., Tobler, R. (2000) The concentrations of Fe, Zn, and Co in successive needle age classed of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Trees*, 14, pp. 198-205.
10. Nieminen, T.M. (2003) Effects of a long-term heavy-metal pollution on Scots pine forest. *J. Phys.*, IV France, 107, pp. 949-952.
11. Trimbacher, C., Weiss, P. (2004) Norway Spruce: A Novel Method using Surface Characteristics and Heavy metal Concentrations of Needles for a Large-Scale Monitoring Survey in Austria. *Water, Air, and Soil Pollution*, 152, pp. 363-386.
12. Lindroos, A.J., Derome, J., Raitio, H., Rautio, P. (2007) Heavy Metal Concentrations in Soil Solution, Soil and Needles in a Norway Spruce Stand on an Acid Sulphate Forest Soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 180, pp. 155-170.
13. Казанцев, И.В., Зарубин, Ю.П., Пурегин, П.П. (2007) Влияние подвижного состава на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода железных дорог. *Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия*, 2, сс. 172-179.
14. Ринькис, Г.Я., Рамане, Х.К., Куницкая, Т.А. (1987) *Методы анализа почв и растений*. Зинатне, Рига, 173 с.
15. *Taukus nesaturoši pārtikas produkti – Gāzes hromotogrāfiskā multimetode pesticīdu atlieku noteikšanai*. (2003) LVS EN 12393:2003, 12 lpp.
16. Казимиров, Н.И., Морозова, Р.М. (1973) *Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии*. Наука, Ленинград, 175 с.
17. Ягодин, В.И. (1981) Зольные вещества. В: *Основы химии и технологии переработки древесной зелени*. Изд-во Ленинградского ун-та, Ленинград, сс. 81-85.
18. Томчук, Р.И., Томчук, Г.Н. (1973) Микроэлементы. В: *Древесная зелень и её использование в народном хозяйстве*. Лесная промышленность, Москва, сс. 143-157.
19. Левин, Э.Д., Репях, С.М. (1984) Минеральные компоненты древесной зелени. В: *Переработка древесной зелени*. Лесная промышленность, Москва, сс. 49-55.

20. MK noteikumi Nr. 144 no 2001. gada 27. marta "Obligātās nekaitīguma prasības diētiskajai pārtikai ar samazinātu enerģētisko vērtību un tās marķējumam". *Latvijas Vēstnesis*, 30.03.2001.
21. MK noteikumi Nr. 334 no 2004. gada 20. aprīļa "Noteikumi par pārtikas piesārņojumu un prasībām kodīgas ķīmiskās vielas saturošas pārtikas iepakojumam un marķējumam. *Latvijas Vēstnesis*, 28.04.2004.
22. MK noteikumi Nr. 235 no 2003. gada 29. aprīļa "Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība". *Latvijas Vēstnesis*, 30.05.2003.
23. Tree biomass utilisation. Products: <http://www.biolat.lv/?go=Products> – Resurss aprakstīts 2007. gada 20. jūlijā.

Priedes un egles koksnes kravas paliktņu lieces noturība Bending Stiffness of Traffic Pallets of the Pine and Spruce Wood

Uldis Spulle, Valentīns Pušinskis, Henn Tuherm

LLU Kokapstrādes katedra
Department of Wood processing, LLU
e-mail: uldis.spulle@e-koks.lv

Abstract. To determine the quality of wood materials, wood industry specialists usually use physical (density, moisture content) and mechanical (compression, tensile, bending strength and modulus of elasticity) properties of wood. Factors influencing the modulus of elasticity and bending strength depending on the loading direction, applying the loading strength in three (small cross-section sample) or four points (large cross-section sample) of samples, vary considerably. Components used for pallet production and pallets are also assigned to large cross-section samples. In the manufacturing of pallets and in the process of maintenance it is essentially important to forecast the load carrying capacity and stiffness of bending. To solve the issue, an experimental research was carried out employing 47 softwood (pine and spruce) pallets of serial production designed for use in 2nd exploitation class (Eurocode 5). Bending stiffness of the pallets has been found using characteristics determined in the previous research – moment of bending, moment of inertia and bending resistance at the moment of elastic deformation and at the moment of destruction of the pallets. Also the influence of joint of the pallets has been found; its characteristic is the moment of resistance at the moment of testing. Research results show that the increasing effect of the pallet construction for softwood pallets is 2 times.

Key words: softwood, pallets, bending stiffness.

Ievads

Paliktņis – tā ir minimāla augstuma, stinga, nekustīga, horizontāla platforma, ko izmanto kravas pārvietošanai ar autoiekrāvēju un citiem piemērotiem pārvietošanas līdzekļiem. Pielieto kraušanai krautnē, preču un kravas glabāšanai vai transportēšanai (LVS EN ISO 445, 2003).

Uz paliktņiem parasti novieto metāla vai keramikas izstrādājumus, būvelementus, pārtikas, kā arī dažādas rūpniecības preces, un nereti šo izstrādājumu masa ir ļoti liela. Dažādu kravu transportēšanai izmanto atšķirīgu konstrukciju un nestspējas paliktņus. Visplašāk izmantojamais ir tā sauktais četrvirzienu – klucīšu – konstrukcijas paliktņis (skat. 1. att.) (LVS EN 13382, 2003; LVS EN 13698-1, 2003).

Tā kā paliktņu konstrukciju izgatavošanai kā izejmateriālu izmanto arī koksni, tad ir jāizzina koksnes īpašības, tās priekšrocības un trūkumi, salīdzinot ar citiem paliktņu konstrukciju izgatavošanai pielietojamiem materiāliem. Paliktņu ekspluatācijas procesā būtiski svarīga ir to robežstiprība liecē, kā arī noturība (stingums). Kā rāda literatūras pētījumi, paliktņu stiprības raksturlielumi galvenokārt ir atkarīgi no sagatavu robežstiprības un elastības moduļa rādītājiem.

Paliktņa nestspēju ietekmē arī citi rādītāji, piemēram, koksnes blīvums un mitrums, pielietotie savienotājelementi, to diametrs, kā arī berzes spēks starp materiālu un naglu savienojumu (Thelandersson, Larsen, 2003). Dažāda veida savienojumu noturību ir pētījis Johansens (Johansen, 1949). Viņš ir arī izstrādājis teoriju, kas balstās uz savienojuma deformācijām, un noskaidrojis, ka savienojuma noturība ir atkarīga ne tikai no materiāla, kuram veido savienojumu, bet arī no tā materiāla, ar kuru veido šo savienojumu.

Arī citi autori (Armstrong, Christensen, 1961; Mårtensson, Thelandersson, 1990) ir secinājuši, ka savienojumu stabilitāte ir atkarīga no mitruma, kurš savukārt ir atkarīgs no dotā materiāla ekspluatācijas apstākļiem.

Bieži vien šie vides apstākļi, kuros tiek izmantotas paliktņu konstrukcijas, ir mainīgi. Tāpēc pirms paliktņu ražošanas būtu vēlams zināt, kādiem ekspluatācijas apstākļiem paliktņi ir paredzēti. Tas ļautu paliktņu sagataves izžāvēt līdz attiecīgajiem ekspluatācijas apstākļiem, kas būtiski paaugstinātu arī paliktņa savienojuma stabilitāti un noturību.

Paliktņu konstrukcijas ekspluatācija pēc to izgatavošanas ir vairākkārtēja, tādēļ nepieciešams uz zināt, kā mainās paliktņa konstrukcijas noturība

ilgstošas slodzes iedarbībā. Standartparaudziņu koksnes noturību ilgstošas slodzes iedarbībā ir pētījuši vairāki zinātnieki, starp tiem arī Madsens (Madsen, 1973).

Taču, palielinoties parauga dimensijām, palielinās arī koksnes vainu klātbūtnes esamība, un šo paraugu noturība ilgstošas slodzes gadījumā ir atšķirīga. Koksnes robežstiprība un līdz ar to arī koka konstrukcijas nestspēja, to ilgstoši slogojot, ir daudz zemāka, bet deformācijas ir daudz lielākas nekā īslaicīgas slodzes gadījumā (Ulpe, Kupče, 1991). Koksnes vainu ietekmi uz materiāla mehāniskajām īpašībām ir pētījis Perstopers (Perstoper, 1999). Iegūtos datus viņš ir salīdzinājis ar Eiropā noteiktām dažādu koksnes materiālu mehānisko īpašību rādītāju prasībām. Savukārt Šarps un Kreigs (Sharp, Craig, 1996), veicot koksnes materiālu ilgzturības pētījumus, ir noskaidrojuši, ka materiālu ilgzturības izmaiņas ir būtiskas tikai īsā un vidēji ilgā laika posmā. Lielo dimensiju paraugu konstrukcijās jāņem vērā arī fakts, ka iestrādāto elementu īpašības ir atšķirīgas, tādēļ būtiski ir izziņāt konstrukcijas kopējo nestspēju.

Pētījuma mērķis ir noteikt priedes un egles koksnes paliktņu lieces noturību, izmantojot paliktņu nesagraujošās pārbaudes metodes (Spulle, Pušinskis, 2006) koka konstrukcijām, kuras paredzētas pielietošanai mitros apstākļos, kā arī

noteikt paliktņu savienojumu ietekmi uz paliktņu konstrukciju.

Materiāli un metodes

Skujkoku (priedes un egles) paliktņu sagataves ar izmēriem (skat. 2. att.) atlasītas paliktņu ražotnē. Pēc sagatavju atlases veikta to šķirošana pēc kvalitātes šķirām, kā to nosaka standarta LVS EN 12246 prasības (1999). Paliktņu konstrukciju izgatavošanai izmantotas P1 kvalitātes šķiras sagataves bez koksnes vainām, kuras būtiski samazina koksnes mehāniskās īpašības. Paliktņu sagataves atlasītas, atsevišķi neatšķirojot priedes koksnes paliktņu sagataves un egles koksnes paliktņu sagataves, jo paliktņu ražošanas procesā tas šobrīd netiek veikts. Līdz ar to iegūtie rādītāji vispārēji raksturo pašreizējo situāciju paliktņu ražošanas uzņēmumā. Paliktņi pārbaudīti veikšanai sagatavoti, izmantojot pneimatiskos rokas elektroinstrumentus.

Pēc paliktņu izgatavošanas tos transportēja uz LLU Kokapstrādes katedru un novietoja kondicionēšanas telpā koksnes mitruma izlīdzināšanai. Paliktņu vidējais mitrums (W) pārbaudes brīdī bija 20%.

Standartos aprakstītās paliktņu pārbaudes metodes (LVS EN ISO 8611-1, 2004) ir sagraujošas un nav pielietojamas, ja nepieciešams noteikt paliktņa nestspēju, paliktņi nesagraujot. Tāpēc paliktņa dēlīšu materiāla elastības moduļa noteikšanai vispirms

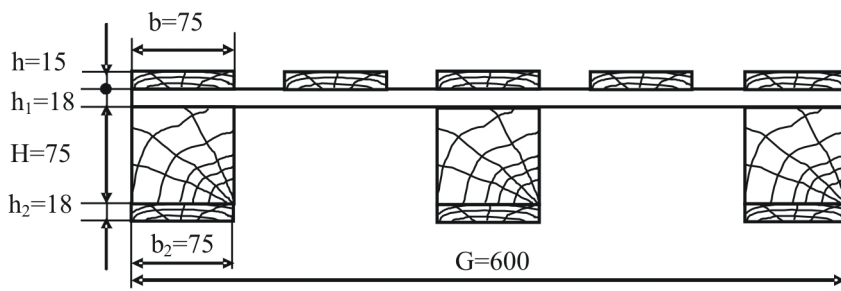


1. att. Skujkoku četrvirzienu testētais paliktņis:

1 – virsējais dēlītis; 2 – garendēlītis; 3 – klucītis; 4 – apakšējais dēlītis.

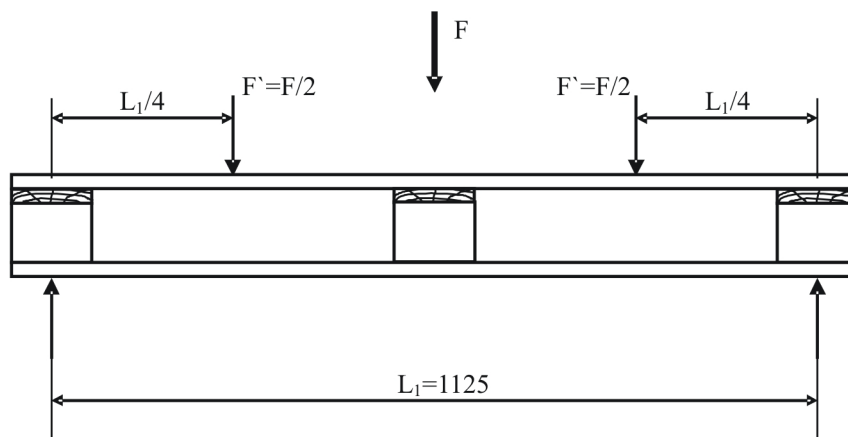
Fig. 1. Four-way testing pallet:

1 – top deck board; 2 – top stringer board; 3 – block; 4 – bottom deck board.

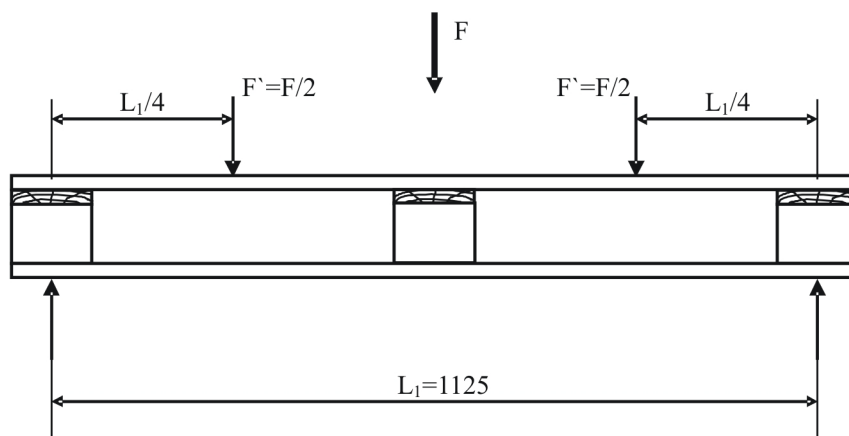


2. att. Paliktņa šķēluma laukuma izmēri.

Fig. 2. Section area of the pallet.



3. att. Paliktņu slogojuma shēma elastīgo deformāciju robežās.
Fig. 3. Pallet load scheme in borders of elastic deformation.



4. att. Slogojuma shēma paliktņu sagraušanas gadījumā.
Fig. 4. Load scheme in case of destroying the pallet.

tika izmantota nesagraujoša metode, slogojot paliktņus elastīgo deformāciju robežās (skat. 3. att.) (Spulle, Pušinskis, 2006). Šī nesagraujošā paliktņu pārbaudes metode izstrādāta, lai, nosakot paliktņa konstrukcijas dēlīšu elastības moduli, būtu iespējams prognozēt dotās paliktņu konstrukcijas nestspēju, to veicot paliktņu konstrukcijas ražošanas procesā (Spulle, 2007).

Pēc elastības moduļa noteikšanas tika veikta paliktņu sagraušana, izmantojot slogojuma shēmu (skat. 4. att.) un nosakot maksimālo sagrāves spēku $F_{\max}$ un slogojuma spēku F_{10} pie 10% un F_{40} pie 40% no maksimālā sagrāves spēka vērtības, kā arī deformācijas pie iepriekšminētajām slogojuma spēka vērtībām. Rezultātā tika iegūta iepriekšminēto rādītāju savstarpējā sakarība (Spulle, Pušinskis, 2006).

Pirms paliktņu stiprības noteikšanas tika veikti arī paliktņu sagatavju ($15 \times 75 \times 300$ mm) stiprības pētījumi un noteikta vidējā robežstiprība liecē $f_b = 58$ MPa, ievērtējot paliktņu sagatavju mitruma saturu

$W = 20\%$ (Spulle, Pušinskis, Rasmanis, 2006). Šajā pētījumā lieces vidējā robežstiprība nepieciešama paliktņu stiprības aprēķināšanai (skat. formulu (5)).

Lai izzinātu paliktņu konstrukcijas nestspēju un izpētītu naglu savienojumu ietekmi uz paliktņu konstrukciju, vispirms veikti teorētiskie aprēķini, izmantojot paliktņu konstrukcijas šķēluma laukuma ģeometriskos raksturlielumus.

Šķērslaukumu vienam virsējam dēlītim aprēķina pēc formulas (1):

$$A_1 = h \cdot b, \quad (1)$$

kur A_1 – šķērslaukums vienam virsējam dēlītim, mm^2 ;

h – virsējā dēlīša biezums, mm;

b – virsējā dēlīša platums, mm.

Kopējo šķērslaukumu visiem virsējiem dēlīšiem aprēķina pēc sakarības (2):

$$A_{12} = n \cdot h \cdot b, \quad (2)$$

kur A_{12} – kopējais šķērslaukums visiem virsējiem dēļiņiem, mm²;
 n – virsējo dēļiņu skaits, gab.

Šķērslaukumu vienam apakšējam dēlītim aprēķina pēc formulas (3):

$$A_2 = h_2 \cdot b_2, \quad (3)$$

kur A_2 – šķērslaukums vienam apakšējam dēlītim, mm²;
 h_2 – apakšējā dēlīša biezums, mm;
 b_2 – apakšējā dēlīša platums, mm.

Kopējo šķērslaukumu visiem apakšējiem dēļiņiem aprēķina pēc sakarības (4):

$$A_{21} = n_2 \cdot h_2 \cdot b_2, \quad (4)$$

kur A_{21} – kopējais šķērslaukums visiem apakšējiem dēļiņiem, mm²;
 n – apakšējo dēļiņu skaits, gab.

Kopējo šķērslaukumu visiem virsējiem un apakšējiem dēļiņiem aprēķina pēc formulas (5):

$$A = A_{12} + A_{21}, \quad (5)$$

kur A – kopējais šķērslaukums visiem virsējiem un apakšējiem dēļiņiem, mm².

Virsējā dēlīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināti y ass virzienā aprēķina pēc formulas (6):

$$y_1 = h_2 + T + h_1 + 0.5 \cdot h, \quad (6)$$

kur y_1 – virsējā dēlīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināte y ass virzienā, mm;
 T – klucīša biezums, mm.

Apakšējā dēlīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināti y ass virzienā aprēķina pēc formulas (7):

$$y_2 = \frac{h_2}{2}, \quad (7)$$

kur y_2 – apakšējā dēlīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināte y ass virzienā, mm.

Paliktņa šķēluma laukuma smaguma centra koordināti y ass virzienā y_c aprēķina pēc formulas (8):

$$y_c = \frac{A_{12} \cdot y_1 + A_{21} \cdot y_2}{A_{12} + A_{21}}, \quad (8)$$

kur y_c – paliktņa šķēluma laukuma smaguma centra koordināte y ass virzienā, mm.

Klucīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināti y ass virzienā no paliktņa virspuses aprēķina pēc sakarības (9):

$$a_{11} = y_1 - y_c, \quad (9)$$

kur a_{11} – klucīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināte y ass virzienā no paliktņa virspuses, mm.

Klucīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināti y ass virzienā no paliktņa apakšpuses aprēķina pēc sakarības (10):

$$a_{22} = y_2 - y_c, \quad (10)$$

kur a_{22} – klucīša šķēluma laukuma smaguma centra koordināte y ass virzienā no paliktņa apakšpuses, mm.

Inerces momentu visiem virsējiem dēļiņiem aprēķina pēc sakarības (11):

$$I_{x1} = n \cdot \frac{h^3 \cdot b}{12}, \quad (11)$$

kur I_{x1} – inerces moments visiem virsējiem dēļiņiem, mm⁴.

Inerces momentu visiem apakšējiem dēļiņiem I_{x2} aprēķina pēc sakarības (12):

$$I_{x2} = n_2 \cdot \frac{h_2^3 \cdot b_2}{12}, \quad (12)$$

kur I_{x2} – inerces moments visiem apakšējiem dēļiņiem, mm⁴.

Inerces momentu visiem virsējiem un apakšējiem dēļiņiem aprēķina pēc sakarības (13):

$$I_x = I_{x1} + I_{x2}, \quad (13)$$

kur I_x – inerces moments visiem virsējiem un apakšējiem dēļiņiem, mm⁴.

Inerces momentu paliktņa konstrukcijai nosaka pēc formulas (14):

$$I_{xt} = n_1 \cdot (I_{x1} + a_{11}^2 \cdot A_1) + n_2 \cdot (I_{x2} + a_{22}^2 \cdot A_2), \quad (14)$$

kur I_{xt} – inerces moments paliktņa konstrukcijai, mm⁴.

Pretestības momentu tikai virsējiem dēļiem aprēķina pēc sakarības (15):

$$W_{xl} = n \cdot \frac{h^2 \cdot b}{6}, \quad (15)$$

kur W_{xl} – pretestības moments tikai virsējiem dēļiem, mm³.

Pretestības momentu pie teorētiski noteiktā paliktņu konstrukcijas inerces momenta nosaka pēc sakarības (16):

$$W_{xt} = \frac{I_{xt}}{y_c}, \quad (16)$$

kur W_{xt} – pretestības moments pie teorētiski noteiktā paliktņu konstrukcijas inerces momenta, mm³.

Tālāk, izmantojot izstrādātās paliktņu slogojuma shēmas un iegūstot pētījuma rezultātu, veikti paliktņu konstrukcijas lieces noturības aprēķini.

Slogojuma shēma un paliktņu lieces momenta epīra parādīta 5. attēlā.

Pētījuma rezultātā teorētiskos aprēķinos noteikti vairāki rādītāji, tādi kā pretestības moments sagrāves brīdī un atbilstošais inerces moments, lieces moments $0.4 F_{\max}$ gadījumā un šim momentam atbilstošā stiprība liecē, un pretestības moments elastīgo deformāciju zonā.

Maksimālo lieces momenta vērtību paliktņu sagrāves brīdī (skat. 5. att.) aprēķina pēc formulas (17):

$$M_{\max} = \frac{F_{\max}}{2} \cdot \frac{L_1}{4}, \quad (17)$$

kur $M_{\max}$ – maksimālais lieces moments, N·mm;

$F_{\max}$ – sagrāves spēks, N;

L_1 – attālums starp balstiem, mm.

Stiprības robežu sagrāves brīdī aprēķina, izmantojot sakarību (18):

$$f = \frac{M_{\max}}{W_p}, \quad (18)$$

kur f – stiprības robeža sagrāves brīdī, MPa;
 W_p – sagrāves brīdī atbilstošais paliktņu šķēsgriezuma laukuma pretestības moments, mm³.

No formulas (18) iegūst:

$$W_p = \frac{M_{\max}}{f}.$$

Atbilstošo inerces momentu paliktņa konstrukcijai aprēķina pēc sakarības (19), izmantojot paliktņa šķēluma laukuma izmēru ģeometriskos raksturlielumus (skat. 2. att.):

$$I_p = W_p \cdot y_c, \quad (19)$$

kur I_p – paliktņa konstrukcijas inerces moments, mm⁴;

y_c – paliktņa šķēluma laukuma smaguma centra koordināte y ass virzienā, mm.

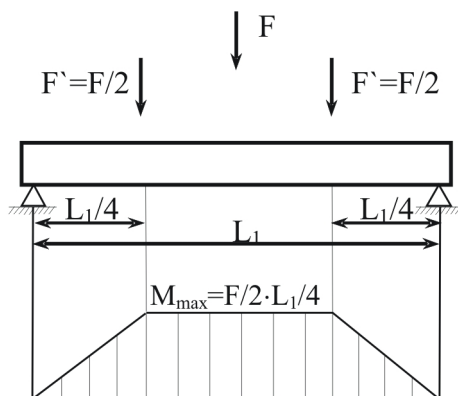
Lieces momentu $0.4 F_{\max}$ gadījumā aprēķina pēc sakarības (20):

$$M_{40} = \frac{F_{40}}{2} \cdot \frac{L_1}{4}, \quad (20)$$

kur M_{40} – lieces moments elastīgo deformāciju zonā $0.4 F_{\max}$, N·mm;

F_{40} – paliktņa slogojuma spēks $0.4 F_{\max}$, N.

Šim momentam atbilstošo stiprību liecē aprēķina pēc formulas (21):



5. att. Paliktņu lieces momenta epīra sagrāves spēka noteikšanas gadījumā.
Fig. 5. The diagram of bending moment for the determination of ultimate force.

$$f_{40} = 0.4 \cdot f_b, \quad (21)$$

kur f_{40} – stiprība liecē elastīgo deformāciju zonā $0.4 F_{\max}$, MPa;
 f_b – skujkoku paliktņu sagatavju stiprība liecē, MPa.

Pretestības momentu aprēķina pēc sakarības (22):

$$W_{p40} = \frac{M_{40}}{f_{40}}, \quad (22)$$

kur W_{p40} – pretestības moments elastīgo deformāciju zonā $0.4 F_{\max}$, mm³.

Atbilstošo inerces momentu aprēķina, izmantojot sakarību (23):

$$I_{p40} = W_{p40} \cdot y_c, \quad (23)$$

kur I_{p40} – inerces moments elastīgo deformāciju zonā $0.4 F_{\max}$, mm⁴.

Izmantojot eksperimenta rezultātus, kā arī Onufrieva un Daņilevska izstrādāto inerces momenta aprēķina formulu trīsbalstu sijas slogošanas gadījumā (Онугриев, Данилевский, 1958), aprēķina paliktņa šķēluma laukuma inerces momenta teorētisko vērtību elastīgo deformāciju w_{40} - w_{10} zonā (24):

$$I_{40-10} = 0.0286 \cdot \frac{(F'_{40} - F'_{10}) \cdot L_1^3}{E_b \cdot (w_{40} - w_{10})}, \quad (24)$$

kur I_{40-10} – inerces moments elastīgo deformāciju w_{40} - w_{10} zonā, mm⁴;

E_b – dēlīšu materiāla vidējais elastības modulis paliktņu slogojuma gadījumā elastīgo deformāciju robežās, MPa;

F'_{40} – paliktņa slogošanai pieliktais spēks, kas atbilst $0.4 F_{\max}$, N;

F'_{10} – paliktņa slogošanai pieliktais spēks, kas atbilst $0.1 F_{\max}$, N;

L_1 – starpbalstu atstatums, mm;

w_{40} – paliktņa izliece, kas atbilst $0.4 F_{\max}$, mm;

w_{10} – paliktņa izliece, kas atbilst $0.1 F_{\max}$, mm.

Pretestības momentu elastīgo deformāciju zonā aprēķina pēc sakarības (25):

$$W_{40-10} = \frac{I_{40-10}}{y_c}. \quad (25)$$

Vidējo visu paliktņu stiprību aprēķina pēc sakarības (26):

$$f_v = \frac{M_{\max}}{W_p}, \quad (26)$$

kur f_v – paliktņu vidējā stiprība, MPa.

Eksperimentu rezultātā iegūto datu ticamības aprēķins veikts, iegūstot galvenos statistikas rādītājus – paraugkopas vidējo un standartnovirzes vērtību – un izmantojot variāciju statistikas metodi (Liepa, 1974).

Rezultāti un diskusija

Pēc iepriekš aprakstītās metodikas, pārbaudot 47 skujkoku paliktņus, iegūti noturības vidējie rādītāji (skat. 1. tabulu), kā arī paraugkopas izkliedes rādītājs – paraugkopas standartnovirze.

Pētījuma rezultātā noteiktas arī paliktņu pretestības momentu vērtības (skat. 2. tabulu).

Izmantojot iepriekš aprēķinātās un praktiski noteiktās vidējās pretestības momentu vērtības – paliktņu konstrukcijas pretestības momentu un atsevišķi tikai augšējo dēlīšu pretestības momentu (Spulle, 2007), izteiktas attiecības, ko dod paliktņu konstrukcija, jeb noteikta paliktņu savienojumu ietekme uz paliktņu konstrukciju.

Šķēluma laukuma teorētiski aprēķinātais pretestības momenta pieaugums, ko dod paliktņa konstrukcija, salīdzinot ar augšējo dēlīšu pretestības momentu, ir:

$$\frac{W_{x1}}{W_{x1}} = \frac{391520}{14060} = 28. \quad (27.1)$$

Pārbaudes brīdī noteiktā vidējā pretestības momenta pieaugums, ko dod paliktņa konstrukcija, salīdzinot ar augšējo dēlīšu pretestības momentu, ir:

$$\frac{W_p}{W_{x1}} = \frac{26120}{14060} = 1.9. \quad (27.2)$$

Vidējā pretestības momenta pieaugums, ko dod paliktņu konstrukcija, salīdzinot ar augšējo dēlīšu pretestības momentu, pārbaudes brīdī sasniedz 1.9 reizes. Iegūtais rādītājs raksturo klucīšu un dēlīšu naglu savienojumu ietekmi uz paliktņa konstrukcijas nestspēju un stabilitāti slogojuma laikā, kas vizuāli apskatāms 6. attēlā.

Pētījumā izmantotie paliktņi (skat. 1. att.) ir izgatavoti un atlasīti paliktņu ražotnē, izmantojot paliktņu sagataves un klucīšus (skat. 2. att.). Tādējādi pētījumā iegūtie rezultāti (skat. 1. un 2. tabulu) atspoguļo pašreizējo situāciju šajā paliktņu ražotnē.

Jebkura savienojuma noturība un līdz ar to konstrukcijas nestspēja ir atkarīgas no savienojumā pielietoto elementu mitruma (Armstrong, Christensen,

1. tabula / Table 1

Skujkoku paliktņu šķēluma laukuma pretestības raksturlielumi un stiprības rādītāji
Resistance characteristics and strength values of cross section of the softwood pallets

Rādītāja nosaukums / Characteristics	Vidējais vērtība ± standartnovirze / Mean value ± standard deviation
Maksimālais lieces moments $M_{\max}$, N·mm / Maximum bending moment $M_{\max}$, N·mm	15 14 953 ± 178 972
Pretestības moments sagrāves brīdī, W_p , mm ³ / Resistance moment at break, W_p , mm ³	26 120 ± 3086
Inerces moments sagrāves brīdī, I_p , mm ⁴ / Moment of inertia at break, I_p , mm ⁴	1 897 879 ± 224 209
Lieces moments, kas atbilst $0.4 F_{\max}$, M_{40} , N·mm / Bending moment which conforms to $0.4 F_{\max}$, M_{40} , N·mm	605 953 ± 71 589
Stiprība, kas atbilst $0.4 F_{\max}$, f_{40} , MPa / Strength which conforms to $0.4 F_{\max}$, f_{40} , MPa	23 ± 3
Pretestības moments, kas atbilst $0.4 F_{\max}$, W_{p40} , mm ³ / Resistance moment which conforms to $0.4 F_{\max}$, W_{40} , mm ³	26 346 ± 1283
Inerces moments, kas atbilst $0.4 F_{\max}$, I_{p40} , mm ⁴ / Moment of inertia which conforms to $0.4 F_{\max}$, I_{40} , mm ⁴	1 914 300 ± 93 245
Inerces moments elastīgo deformāciju zonā, I_{40-10} , mm ⁴ / Moment of inertia at zone of elastic deformation, I_{40-10} , mm ⁴	658 059 ± 32 304
Pretestības moments elastīgo deformāciju zonā, W_{40-10} , mm ³ / Resistance moment at zone of elastic deformation, W_{40-10} , mm ³	9015 ± 445
Paliktņa vidējā stiprība f_v , MPa / Strength (mean) of the pallet, f_v , MPa	58 ± 7

2. tabula / Table 2

Skujkoku paliktņa konstrukcijas inerces un pretestības momenti
Moments of inertia and resistance of the softwood pallets construction

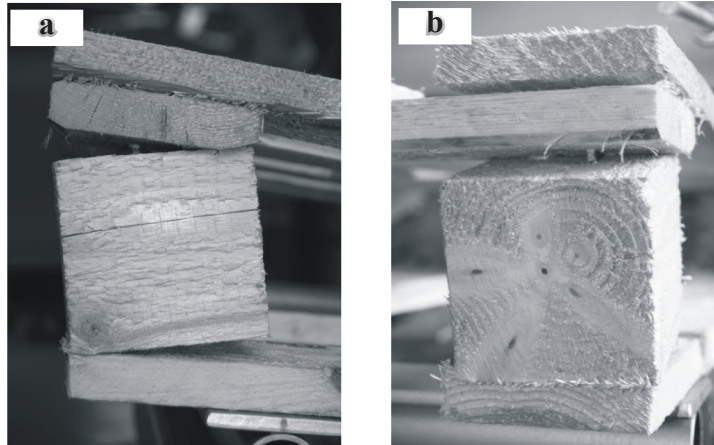
Rādītājs / Characteristics	Vērtība / Value
Augšējo dēlīšu pretestības moments W_{x1} , mm ³ / Moment of resistance of top deck, W_{x1} , mm ³	14 060
Paliktņa šķēluma laukuma pretestības moments W_{xt} , mm ³ / Moment of resistance of cross section of the pallet, W_{xt} , mm ³	391 520
Pārbaudes brīdī noteiktais vidējais pretestības moments W_p , mm ³ (standartnovirze) / Mean moment of resistance at the moment of testing, W_p , mm ³ (standard deviation)	26 120 (3086)

1961; Mårtensson, Thelandersson, 1990). Mūsu pētījumā paliktņu konstrukcijas pirms to pārbaudes tika izturētas vides apstākļos, kādi paredzēti, lai paliktņus varētu izmantot 2. ekspluatācijas klasē paredzētajos vides apstākļos (Ozola, 2001).

Pētījuma gaitā noteikti paliktņa konstrukcijas pretestības raksturotāji, kā arī stiprības rādītāji katram pārbaudītajam paliktņim. Iegūtie rezultāti izmantoti

vidējo lielumu noteikšanai visai pārbaudāmajai paliktņu paraugkopai. Pētījuma rezultāti – paliktņa šķēluma laukuma pretestības raksturlielumi un stiprības rādītāju vērtības (skat. 1. tabulu) – svārstās robežās ± 11–12%.

Nosakot paliktņu nestspējas un noturības rādītājus, ir svarīgi zināt paliktņa konstrukcijas šķēluma laukuma ģeometriskos raksturotājus, kā arī paliktņa



6. att. Skujkoku paliktņa savienojums testēšanas laikā: A – pretskats; B – sānskats.
Fig. 6. Joint of the pallets at the testing time: A – front view; B – side view.

konstrukcijas ekspluatācijas apstākļus. Šajā pētījumā pielietotā aprēķinu metodika ļauj noteikt paliktņu konstrukcijas nestspēju raksturojošos elementus, ņemot vērā paliktņa konstrukcijā iestrādāto sagatavju stiprības un elastību liecē raksturojošos rādītājus.

Veicot paliktņu dēlīšu stiprības aprēķinu, tiek izmantotas divas sloģojuma shēmas – elastīgo deformāciju noteikšanai (skat. 3. att.) un sagrāves spēka noteikšanai (skat. 4. att.). Šāda veida klucīšu paliktņu konstrukcijas noturības noteikšanas metode izmantojama ātrai paliktņa nestspējas prognozēšanai. Saprota, ka faktiskie paliktņu nestspējas rādītāji, ņemot vērā koku sugu un arī koksnes vainu ietekmējošos faktorus, nav vienādi, tāpēc tie, grupējot paliktņus pa koku sugām un kvalitātes šķirām, var būt dažādi.

Pētījuma gaitā noskaidrots, ka paliktņa savienojuma noturība ietekmē paliktņa konstrukcijas noturību. Līdz ar to pētījumi par paliktņa savienojuma noturības uzlabošanu, lai paaugstinātu paliktņa nestspēju, tiek turpināti. Šobrīd Latvijā paliktņu ražošanas uzņēmumos paliktņu sagataves vēl netiek šķīrotas pēc kvalitātes, kā to nosaka Eiropas standarta prasības (LVS EN 12246, 1999). Agrāk veiktie pētījumi par paliktņu sagatavju kvalitātes ietekmi uz to fizikāli mehāniskajām īpašībām liecināja, ka P1 un P2 kvalitātes šķirā ietilpstošo sagatavju stiprības rādītāji var atšķirties pat līdz 35% (Spulle, Pušinskis, Rasmanis, 2006), tādēļ pētījumi par paliktņu sagatavju kvalitātes ietekmi uz kopējo paliktņu konstrukcijas nestspēju tiek turpināti.

Secinājumi

1. Noteiktas priedes un egles koksnes kravas paliktņu šķēluma laukuma pretestības raksturlielumu un stiprības rādītāju vidējās vērtības sagrāves brīdī paliktņu pielietošanai mitros ekspluatācijas apstākļos.

2. Pārbaudes brīdī noteiktā vidējā pretestības momenta pieaugums, ko dod paliktņu konstrukcija salīdzinājumā ar augšējo dēlīšu pretestības momentu, skujkoku paliktņiem sasniedz 2 reizes.
3. Pētījumi jāturpina paliktņu stiprības un noturības rādītāju izziņāšanā, sagatavojot paliktņus gan pa koku sugām, gan pēc sagatavju kvalitātes, kā arī dēlīšu savienojumu ietekmes uz paliktņu nestspēju izziņāšanā sausos un ļoti mitros ekspluatācijas apstākļos.

Literatūra

1. Armstrong, L.D., Christensen, G.N. (1961) Influence of moisture changes on deformation of wood under stress. *Nature*, 191, pp. 869-870.
2. Johansen, K.W. (1949) Theory of timber connections. *International Association of Bridge and Structural Engineering*, Publication No. 9, Bern, Switzerland, pp. 249-262.
3. Liepa, I. (1974) *Biometrija*. Zvaigzne, Rīga, 335 lpp.
4. LVS EN 12246 Taras un Paliktņu sagatavju šķirošana pēc kvalitātes. (1999) Latvijas Valsts Standarts, Rīga, 7 lpp.
5. LVS EN 13382. Plakani paliktņi izstrādājumu glabāšanai un transportēšanai – Galvenie izmēri. (2003) Latvijas Valsts Standarts, Rīga, 13 lpp.
6. LVS EN 13698-1. Paliktņu ražošanas specifikācija. 1.daļa: 800 mm × 1200 mm plakānu koka paliktņu izgatavošanas specifikācija. (2003) Latvijas Valsts Standarts, Rīga, 28 lpp.
7. LVS EN ISO 445. Paliktņi izstrādājumu glabāšanai un transportēšanai: vārdnīca. (2003) Latvijas Valsts Standarts, Rīga, 40 lpp.
8. LVS EN ISO 8611-1. Paliktņi izstrādājumu glabāšanai un transportēšanai. 1. daļa Testēšana (2004) Latvijas Valsts Standarts, Rīga, 27 lpp.

9. Madsen, B. (1973) Duration of load tests for dry lumber in bending. *For. Prod. J.*, 23 (2), pp. 21-28.
10. Mårtensson, A., Thelandersson, S. (1990) Effect of moisture and mechanical loading on wooden materials. *Wood Sci. Technol.*, 24, pp. 247-261.
11. Ozola, L. (2001) *Koka konstrukciju projektēšana. 1. daļa. Slodzes, materiāli, elementu aprēķini (EUROCODE 1, EUROCODE 5)*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 68 lpp.
12. Perstoper, M. (1999) Dynamic testing of logs for prediction of timber strength. *Proceedings of Pacific Timber Engineering Conference*, pp. 38-42.
13. Sharp, D.J., Craig, B.A. (1996) Load duration effects in structural composite lumber. *Proc. International wood engineering conference, New Orleans, LA*, 4, pp. 113-119.
14. Spulle, U. (2007) *Paliktņu koka konstrukciju mehānisko īpašību pētījumi*. Promocijas darbs, LLU, Jelgava, 110 lpp.
15. Spulle, U., Pušinskis, V. (2006) Research of strength of Euro pallets. *Proceedings of the 5th IUFRO Symposium „Wood Structure and Properties 06”*, Arbora, Zvolen, pp. 485-489.
16. Spulle, U., Pušinskis, V., Rasmanis, R. (2006) Statistical criteria of strength of the wooden pallet components. *Fifth Nordic-Baltic Agrometrics Conference, Conference report 1*, Uppsala, pp. 139- 142.
17. Thelandersson, S., Larsen, H. J. (2003) *Timber Engineering*. Bognor Regis: John Wiley & Sons, Ltd., 446 pp.
18. Ulpe, J., Kupče, L. (1991) *Koka un plastmasu konstrukcijas*. Zvaigzne, Rīga, 304 lpp.
19. Онуфриев, И.А., Данилевский, А.С. (1958) *Справочник инженера*. Том I. Госстройиздат, Москва, 623 с.

**Priedes iesaugs un augšana dažādos termiņos stādītu ietvarsēju
HIKO stādījumos vidēji auglīgos meža augšanas apstākļu tipos**
**The Growth-in and Growth of Pine Container
Seedlings HIKO Planted in Different Planting Periods in
Average Fertile Forest Site Types**

Jānis Liepa, Juris Liepa

LLU Mežkopības katedra

Department of Silviculture, LLU

e-mail: Juris.Liepa@llu.lv; Janis.Liepa@llu.lv

Abstract. Results of growth and performance of pine container seedlings HIKO V-120SS and V-93 during first two vegetation periods, initially planted in different time periods, have been analyzed. Research plots were established in forests managed by stock company "Latvijas valsts meži" in Engure district of Zemgale forestry. Site types *Myrtillosa*, *Hylocomiosa*, *Myrtillosa-sphagnosa*, and *Myrtillosa mel.* were represented in the research plots. Planting was carried out in six different time periods starting from April 28 until August 12. Planting period significantly influenced the growth of container seedlings V-120SS in site types *Myrtillosa* and *Myrtillosa mel.* and the growth of container seedlings V-93 in site type *Myrtillosa mel.* Dimensions of trees planted in different planting periods differed significantly at the end of the second vegetation period. Pines planted before the start of the vegetation period in spring achieved comparatively bigger dimensions in all research plots. Dimensions of trees in the plantations established in different site types differed significantly at the end of second vegetation season due to different degree of grass competition and different regime of soil humidity. Results of the research prove a possibility of planting container seedlings during the whole vegetation period with some limitations – it is not recommended to plant container seedlings during active growth period of browns in the second half of June up to first half of July.

Key words: pine, site types, container seedlings, planting periods.

Ievads

Stādmateriālu, kuram saknes tā audzēšanas procesā tiek ietvertas substrātā, meža atjaunošanā plašāk sāka lietot tikai 20. gadsimta vidū. Nedaudz par 50 gadiem ilgākā laika periodā ietvarsēji un stādi kļuviši par plaši lietotu stādmateriālu daudzās pasaules valstīs, arī Latvijā. Somijā, Zviedrijā un Norvēģijā stādmateriāls ar slēgtu sakņu sistēmu veido pat 80–90% no visa izaudzētā meža stādmateriāla.

Ietvarsēju un stādu izmantošanas straujā palielināšanās meža atjaunošanā tiek pamatota ar vairākām šī stādmateriāla priekšrocībām, salīdzinot ar kailsakņu sējiem un stādiem, un tās ir šādas: optimālu izmēru un labas kvalitātes ietvarsēju un stādu izaudzēšanas laiks ir īsāks, jo tiek nodrošināts optimālais barības vielu un mikroklimata režīms; pagarinās stādīšanas sezona mežā; uzlabojas stādījumu iesaugs un augšana. Tomēr stādmateriālam ar slēgtu sakņu sistēmu ir arī nepilnības: iespējama kociņu sakņu sistēmas deformācija audzēšanas laikā kokaudzētavā (Буш и.д., 1974; Mangalis, 2004).

Vairāk nekā 50 gadu ilgajā laika periodā radīti un izmēģināti dažādi sēju un stādu veidi ar slēgtu sakņu sistēmu. Ietvarsēju un stādu izmēri, to substrātu sastāvi un tilpumi, apvalku un konteineru materiāli un konstrukcijas bija un ir ļoti dažādas. Arī pētījumi veikti atšķirīgos klimatiskos un meža vides apstākļos, tāpēc pētījumos un ražošanas apstākļos iegūti atšķirīgi rezultāti (Balisky et al., 1995; Буш и.д., 1974; Halter et al., 1993; Mangalis, 2004 un citi autori). Lai iegūtu objektīvu vērtējumu, katrs ietvarsēju vai stādu veids konkrētai koku sugai jāpārbaudāms lietošanas reģionam raksturīgos vides apstākļos.

Latvijā priedes un egles ietvarsējus HIKO pēc firmas BCC tehnoloģijas izaudzē akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” (AS LVM) struktūrvienības „Sēklas un stādi” (AS LVM „Sēklas un stādi”) trīs modernās kokaudzētavās.

Pētījuma uzdevumi bija: salīdzināt priedes ietvarsēju HIKO V-120SS un V-93 iesaugu un augšanu; noskaidrot iespējas pagarināt stādīšanas sezonu, salīdzinot ar kailsakņu stādmateriāla

lietošanu; izsekot kociņu sakņu sistēmas attīstībai ietvarsējeņu stādījumos pirmajos divos gados.

Materiāli un metodes

Ietvarsējeņi izmēģinājumu objektu ierīkošanai izaudzēti AS LVM „Sēklas un stādi” Strenču kokaudzētavā, izmantojot zviedru firmas BBC tehnoloģiju HIKO modifikācijas konteineru kasetēs. HIKO konteineriem ir dažāds tilpums, un tie ir paredzēti dažādu koku sugu atšķirīga lieluma stādmateriāla izaudzēšanai. No plastmasas izgatavotajiem konteineriem ir dažāds tilpums un konstrukcija, un tie ir apvienoti kasetēs. Skuju koku ietvarsējeņu audzēšanai paredzētas konteineru kasetes V-93 un V-120SS; to raksturojums dots 1. tabulā. V-93 ir apaļi konusveida gludsienu konteineri, bet V-120SS ir četrstūru nošķeltas prizmas konteineri ar spraugām (*SideSlit*), kas novērš sakņu savīšanos.

Ietvarsējeņi izaudzēti no Jēkabpils rajona Kaupres sēklu ieguves plantācijas sēklām, kuras iesētas 2002. gada 22. maijā vienlaicīgi visiem paredzētajiem stādījumiem.

Pētījumu veikšanai ierīkotipastāvīgi izmēģinājumu objekti AS LVM Zemgales mežsaimniecības Engures iecirknī lāna (Ln), damakšņa (Dm), slapjā damakšņa (Dms) un šaurlapju āreņa (As) meža augšanas apstākļu tipos. Augsne apstrādāta ar disku arklu TTS „Delta” 2002. gada rudenī. Ietvarsējeņi lānā un damaksnī stādīti seklā vagā, bet slapjajā damaksnī un šaurlapju ārenī – „uz tiltiņa”. Ietvarsējeņi stādīti 6 termiņos no 28. aprīļa līdz 12. augustam 2003. gadā. Katrā stādīšanas termiņā iestādīja katra tipa 150 ietvarsējeņus (50 kociņi 3 atkārtojumos).

Pirms katra termiņa stādījuma veikšanas stādmateriāla raksturošanai noteikti 120 priedīšu (izaudzētas katra konteineru tipa 3 kasetēs) izmēri

1. tabula / Table 1

Priedes ietvarsējeņu audzēšanai izmantoto HIKO konteineru kasešu parametri
Parameters of HIKO container trays used for growing pine container seedlings

Konteinera tips / Model of a container	Kasetes izmēri / Size of a tray, LxWxH mm	Konteinera tilpums / Volume of a container, cm ³	Sējeņu skaits uz m ² / Number of seedlings per m ²	Sējeņu skaits kasetē / Number of seedlings in a tray
HIKO V-93	352x216x87	93	526	40
HIKO V-120SS	352x216x110	120	526	40

2. tabula / Table 2

Priedes ietvarsējeņu V-93 un V-120SS vidējie izmēri pirms stādīšanas
Average sizes of pine container seedlings V-93 and V-120SS before planting

Stādījuma / Planting		Ietvarsējeņi V-93 / Container seedlings V-93			Ietvarsējeņi V-120SS / Container seedlings V-120SS		
nr. / no.	datums / date	sējeņu garums / seedlings height, cm	augstuma pieaugums 2003. g. / height increment in 2003, cm	sakņu kakla caurmērs / root neck diameter, mm	sējeņu garums / seedlings height, cm	augstuma pieaugums 2003. g. / height increment in 2003, cm	sakņu kakla caurmērs / root neck diameter, mm
1.	28.04.	6.8±0.2	–	1.67±0.02	7.8±0.2	–	2.02±0.05
2.	15.05.	8.3±0.2	1.2±0.1	1.83±0.03	8.2±0.3	1.4±0.1	1.54±0.05
3.	04.06.	12.5±0.4	7.2±0.3	1.84±0.05	15.6±0.4	10.0±0.4	2.35±0.06
4.	01.07.	15.8±0.4	10.3±0.4	2.71±0.07	13.9±0.3	8.7±0.3	2.01±0.07
5.	16.07.	16.4±0.5	11.1±0.4	2.75±0.08	13.7±0.4	8.8±0.3	2.65±0.07
6.	12.08.	17.4±0.5	11.2±0.4	3.50±0.09	16.5±0.5	9.4±0.3	3.27±0.09

(2. tabula). Stādīti nešķiroti ietvarsējeņi, kā to dara ražošanas apstākļos, tāpēc to izmēru izklide ir relatīvi liela.

Stādījumu agrotehniskā kopšana (lakstaugu nopļaušana) pirmajā un otrajā gadā veikta damaksnī un šaurlapju ārenī, slapjajā damaksnī tā veikta tikai otrajā gadā, bet lānā kopšana pirmajos divos gados nebija vajadzīga.

Pirmā un otrā veģetācijas perioda beigās (2003. un 2004. gada septembra III dekadē) noteica priedīšu iesaugumu un saglabāšanos % no iestādīto kociņu skaita, visām priedītēm izmērīja augstumu un aprēķināja tekošā gada augstuma pieaugumu. Kociņu sakņu sistēmas attīstības pētījumiem abos gados katra termiņa stādījumā izraka 3 vidēja izmēra priedītes. Kociņiem noteica sakņu garumu un daudzumu ārpus substrāta. Pēc substrāta atmazgāšanas no saknēm un kociņu izžāvēšanas līdz gaissausam stāvoklim noteica kociņu kopējo un veģetatīvo orgānu masu.

Datu apstrādei izmantotas datorprogrammas Excel un SPSS (Arhipova, Bāliņa, 2003). Kociņu izmēriem aprēķināts vidējais aritmētiskais, standartnovirze, variācijas koeficients un reprezentācijas kļūda. Veikta

empīriskā un normālā sadalījuma atbilstības pārbaude pēc asimetrijas un ekscesa metodes. Pētāmo faktoru (stādīšanas termiņa, konteineru veida, meža augšanas apstākļu tipa) ietekmes būtiskuma noteikšanai izmantota viena vai divu faktoru dispersijas analīze. Ietvarsējeņu iesaugs 2003. gadā un saglabājušos kociņu skaita % no iestādītajiem 2004. gadā novērtēts, izmantojot neparametriskās metodes (Paura, Arhipova, 2002).

Rezultāti

Priedes ietvarsējeņu iesaugs pirmā veģetācijas perioda beigās

Priedes ietvarsējeņu V-120SS iesaugs (3. tabula) visos izmēģinājumu objektu variantos (stādījumu termiņos) bija labs, jo pārsniedza vidēji 90% no iestādīto kociņu skaita. Zemākie kociņu iesaugumi (82% un 84%) konstatēti 1. jūlija stādījumos lānā un slapjajā damaksnī. Jūnija III dekadē kociņu jaunie dzinumi bija sasnieguši tā gada maksimālo garumu un kociņiem bija nepieciešams lielāks ūdens daudzums, bet nokrišņu daudzums pirms un pēc

3. tabula / Tabula 3

Dažādos termiņos stādītu priedes ietvarsējeņu iesaugs (%) izmēģinājumu objektos 2003. gada septembrī

The growth-in of pine container seedlings (%) planted in different time periods, September 2003

Stādījuma / Planting		Meža augšanas apstākļu tips*, objekta Nr. / Forest site type*, object No.				
nr. / no.	datums / date	Ln, 1	Dms, 2	As, 3	Dm, 4	vidēji / on average
HIKO V-120SS						
1.	28.04.	96	97	96	90	95
2.	15.05.	96	96	92	90	94
3.	04.06.	93	94	88	92	92
4.	01.07.	84	82	89	96	88
5.	16.07.	94	92	88	98	93
6.	12.08.	97	99	96	97	97
HIKO V-93						
1.	28.04.	93	98	94	88	93
2.	15.05.	97	96	91	97	95
3.	04.06.	92	83	88	100	91
4.	01.07.	94	88	96	90	92
5.	16.07.	91	92	88	90	90
6.	12.08.	97	95	93	94	95

* – Meža augšanas apstākļu tipi / Forest site types: Ln – lāns – *Myrtillosa*; Dm – damaksnis – *Hylocomiosa*; Dms – slapjais damaksnis – *Myrtilloso-sphagnosa*; As – šaurlapju ārenis – *Myrtillosa mel.*

stādīšanas bija necīgs. Novērtējot ieaugumu pirmā veģetācijas perioda beigās ar Kruskala-Vallisa testu (Paura, Arhipova, 2002), konstatēts, ka visos četros meža augšanas apstākļu tipos stādīšanas termiņš nav būtiski ietekmējis ieaugumu ($p = 0.054-0.549$).

Ietvarsējeņu V-93 ieaugums (3. tabula) arī bija augsts (vidēji lielāks par 90%) un būtiski neatšķīrās no ieauguma ietvarsējeņu V-120SS stādījumos. Ieaugumi dažāda termiņu stādījumos būtiski atšķīrās tikai slapjajā damaksnī ($p = 0.014$). Šajā izmēģinājumu objektā bija zemākie (83% un 88%) ieaugumi stādījumos, kas veikti priedīšu aktīvas augšanas periodā (4. jūnijā un 1. jūlijā). Abu veidu ietvarsējeņu ieaugumi visos četros meža augšanas apstākļu tipos būtiski neatšķīrās.

Ietvarsējeņu V-93 un V-120SS ieaugumi bija ievērojami lielāki nekā priedes divgadīgo lauka sējeņu ieaugumi (68–74%) stādījumos, kas veikti optimālajos stādīšanas termiņos agrā pavasarī.

Priedīšu saglabāšanās ietvarsējeņu stādījumos otrā veģetācijas perioda beigās

Otrajā veģetācijas periodā vides apstākļi, galvenokārt stādvieta aizzēlums ar lakstaugiem,

dažādos meža augšanas apstākļu tipos bija atšķirīgi. Salīdzinoši auglīgākajos augšanas apstākļu tipos aizzēlums ar lakstaugiem bija ievērojami lielāks nekā lānā, bet šaurlapju ārenī un slapjajā damaksnī kociņu izkrišanas cēlonis bija lieks mitrums daļā stādvieta. Dažāda apjoma dzīvnieku izdarīti bojājumi bija sastopami visos izmēģinājumu objektos, taču to sastopamībai dažādu termiņu stādījumos bija gadījuma raksturs.

Ietvarsējeņu V-120SS stādījumos vidēji saglabājās 72% no iestādītajām priedītēm (4. tabula). Saglabājušos kociņu skaits visos četros meža augšanas apstākļu tipos būtiski neatšķīrās ($p = 0.066-0.816$). Vairāk priedīšu auga izmēģinājumu stādījumos lānā, kur visu termiņu stādījumos bija vairāk nekā 80% no iestādītajiem kociņiem. Šajos stādījumos vēl joprojām bija neliels aizzēlums. Vismazāk priedīšu (vidēji 46%) bija saglabāties šaurlapju ārenī, kur vides apstākļi bija ievērojami sliktāki. Visos izmēģinājumu objektos saglabājušos kociņu skaitu vides apstākļi noteica vairāk nekā stādīšanas termiņš gan ietvarsējeņu V-120SS, gan V-93 stādījumos. Ietvarsējeņu V-93 stādījumos dažādos termiņos lānā un slapjajā damaksnī saglabājušos kociņu skaits atšķīrās būtiski

4. tabula / Table 4

**Dažādos termiņos stādītu priedes ietvarsējeņu saglabāšanās
(% no iestādīto kociņu skaita) 2004. gada septembrī**
**Survival (% of the initial number of saplings) of pine container seedlings planted in
different time periods, September 2004**

Stādījuma / Planting		Meža augšanas apstākļu tips*, objekta Nr. / Forest site type*, object No.				
nr. / no.	datums / date	Ln, 1	Dms, 2	As, 3	Dm, 4	vidēji / on average
HIKO V-120SS						
1.	28.04.	87	82	58	82	77
2.	15.05.	86	81	32	70	67
3.	04.06.	86	84	52	78	75
4.	01.07.	81	67	35	70	63
5.	16.07.	90	79	61	79	77
6.	12.08.	86	88	36	80	72
HIKO V-93						
1.	28.04.	89	80	42	76	72
2.	15.05.	92	88	31	84	74
3.	04.06.	75	66	35	85	66
4.	01.07.	78	72	39	65	64
5.	16.07.	83	84	38	80	71
6.	12.08.	81	77	26	74	65

* – Skat. 3. tabulu / See Table 3

($p = 0.014$ un 0.013). Otrā veģetācijas perioda beigās ietvarsējeņu V-93 stādījumos auga mazāk kociņu nekā V-120SS stādījumos. Vislielākā starpība (11%) konstatēta stādījumos šaurlapju ārenī. Tas liecina, ka ietvarsējeņi, kuri auguši mazāka tilpuma un mazāk piemērotā konteinerī, ir sliktāk piemēroti platībām ar nelabvēlīgiem vides apstākļiem. Abu veidu ietvarsējeņu stādījumos saglabājušos kociņu skaits dažādos meža augšanas apstākļu tipos atšķirās būtiski.

Priedes ietvarsējeņu augšana pirmajā veģetācijas periodā

Kociņu augšanu pirmos gadus pēc iestādīšanas apmežojamā platībā vislabāk raksturo tekošā gada augstuma pieaugums. Priedīšu augstuma pieaugumi ietvarsējeņu V-120SS un V-93 dažādu termiņu stādījumos pirmā veģetācijas perioda beigās atšķirās būtiski visos izmēģinājumu objektos ($F_f = 99.73$ un $74.85 > F_{0.05} = 1.62$) un starp izmēģinājumu objektiem dažādos meža augšanas apstākļu tipos ($F_f = 1.72$ un $1.72 > F_{0.05} = 1.16$).

Ietvarsējeņu V-120SS stādījumos vislielākie (vidēji 9.3 cm) augstuma pieaugumi 2003. gadā

konstatēti 28. aprīlī stādītajiem kociņiem (5. tabula). Šajā laikā tika stādīti vēl nesaplaukuši sējeņi. Šo stādījumu augstumu pieaugums būtiski neatšķirās no šī rādītāja lieluma (9.4 cm) priedītēm, kuras visu augšanas periodu atradās kokaudzētavā. Otrajā termiņā (14. maijā) jau stādīti saplaukuši ietvarsējeņi (vidējais augstuma pieaugums – 1.4 cm), to augstuma pieaugums 2003. gadā bija vismazākais.

Jau sākot ar trešo stādīšanas termiņu ietvarsējeņiem tā gada augstuma pieauguma lielākā daļa jau bija izveidojusies kokaudzētavā un maz mainījās pēc iestādīšanas izcirtumā. Ja līdz jūlija sākumam jaunie dzinumi vēl bija zaļoksnēji, tad jūlija beigās – augusta sākumā tie jau bija pilnībā pārkoksnējušies un tiem bija nobrieduši galotnes pumpuri.

Priedes ietvarsējeņu V-93 izmēri pirms stādīšanas bija mazāki nekā V-120SS, kā arī lielāka bija šo kociņu izmēru izkliede. Pirmajā termiņā (28. aprīlī) stādītiem nesaplaukušiem kociņiem 2003. gada augstuma pieaugums bija vislielākais (vidēji 7.0 cm) un maz atšķirās starp izmēģinājumiem dažādos meža augšanas apstākļu tipos (5. tabula), bet bija mazāks nekā kokaudzētavā auguši ietvarsējeņiem (11 cm).

5. tabula / Table 5

Augstuma pieaugums (cm) dažādu termiņu priedes ietvarsējeņu V-120SS un V-93 stādījumos 2003. gada veģetācijas periodā
Height increment (cm) of pine container seedlings V-120SS and V-93 over the vegetation period of 2003

Stādījuma / Planting		Meža augšanas apstākļu tips*, objekta Nr. / Forest site type*, object No.			
nr. / no	datums / date	Ln, 1	Dms, 2	As, 3	Dm, 4
V-120SS					
1.	28.04.	8.9 ± 0.3	8.8 ± 0.4	9.4 ± 0.3	9.8 ± 0.5
2.	15.05.	6.1 ± 0.2	4.3 ± 0.3	4.5 ± 0.3	5.1 ± 0.2
3.	04.06.	8.2 ± 0.3	9.2 ± 0.3	6.2 ± 0.4	6.6 ± 0.3
4.	01.07.	6.5 ± 0.3	7.3 ± 0.3	6.6 ± 0.3	5.2 ± 0.2
5.	16.07.	8.8 ± 0.3	7.0 ± 0.3	5.9 ± 0.3	4.8 ± 0.2
6.	12.08.	8.2 ± 0.3	9.8 ± 0.3	6.5 ± 0.2	5.8 ± 0.3
V-93					
1.	28.04.	7.0 ± 0.3	6.6 ± 0.4	6.6 ± 0.4	8.0 ± 0.4
2.	15.05.	5.6 ± 0.2	4.6 ± 0.3	4.7 ± 0.3	4.7 ± 0.2
3.	04.06.	6.6 ± 0.3	6.5 ± 0.3	5.9 ± 0.3	5.1 ± 0.3
4.	01.07.	6.9 ± 0.3	8.8 ± 0.3	6.6 ± 0.3	5.8 ± 0.3
5.	16.07.	8.9 ± 0.3	7.4 ± 0.3	5.1 ± 0.3	6.5 ± 0.3
6.	12.08.	9.2 ± 0.3	10.2 ± 0.3	6.2 ± 0.3	5.4 ± 0.2

* – Skat. 3. tabulu / See Table 3

Tomēr priedes kailsakņu sējeņiem pēc iestādīšanas mežā augstuma pieauguma samazināšanās bija vēl lielāka. Pārējo termiņu stādījumos ietvarsējeņiem V-93 augstuma pieauguma veidošanās bija līdzīga ietvarsējeņu V-120SS augstuma pieaugumam.

Salīdzinot priedīšu 2003. gada augstuma pieaugumus, kuri noteikti pirms 3.–6. stādījumu ierīkošanas (2. tabula) un rudenī izmērītos šajos stādījumos (5. tabula), redzams, ka pēdējie ir mazāki gan V-93, gan V-120SS ietvarsējeņu stādījumos. Lānā un slapjajā damaksnī priedīšu 2003. gada augstuma pieaugumiem šī atšķirība ietvarsējeņu V-120SS stādījumos attiecīgi vidēji bija 1.3 un 0.9 cm, bet ietvarsējeņu V-93 stādījumos – 2.0 un 1.7 cm. Salīdzinot savā starpā paraugkopas (augstumu pieaugumi, kas mērīti pirms stādīšanas un rudenī), konstatēts, ka abos meža augšanas apstākļu tipos starp tām nav būtiskas atšķirības un tās nepārsniedz paraugkopu standartnovirzes vērtību.

Šaurlapju ārenī un damaksnī analizēto augstumu pieaugumu atšķirības bija lielākas un būtiskas. Ietvarsējeņu V-120SS stādījumos atšķirībassasniedza

attiecīgi vidēji 2.9 un 3.6 cm, bet ietvarsējeņu V-93 stādījumos – 3.9 un 4.2 cm. Tā kā 2003. gada augstuma pieaugums priedītēm šajos pēdējos stādījumos (4. jūlijs – 12. augusts) jau bija izveidojies kokaudzētavā, jākonstatē, ka atmiruši kociņi ar lielāko šā gada augstuma pieaugumu. Stādīšanas laikā augsne bija pietiekamas mitruma rezerves, taču stādīšanās jau bija vidējs līdz stiprs aizzēlums ar graudzālēm. Iespējams, šiem kociņiem nebija izveidojusies lielajam augstuma pieaugumam atbilstoši attīstīta sakņu sistēma un tie nespēja konkurēt ar zemesdzīviem augiem. Iespējami arī citi šo priedīšu atmiršanas cēloņi. Analizēto augstuma pieaugumu atšķirību patiesos cēloņus un to ietekmi var noskaidrot, ierīkojot īpašus eksperimentālus stādījumus.

Priedes ietvarsējeņu augšana otrajā veģetācijas periodā

Priedes ietvarsējeņu V-120SS un V-93 augstuma pieaugumi dažādu termiņu stādījumos visos izmēģinājumu objektos arī otrā (2004.

6. tabula / Table 6

Kociņu augstuma pieaugums (cm) dažādu termiņu priedes ietvarsējeņu V-120SS un V-93 stādījumos 2004. gada veģetācijas periodā

Height increment (cm) of saplings in plantations of pine container seedlings V-120SS and V-93 over the vegetation period of 2004

Stādījuma / Planting		Meža augšanas apstākļu tips*, objekta Nr. / Forest site type*, object No.			
nr. / no.	datums / date	Ln, 1	Dms, 2	As, 3	Dm, 4
V-120SS					
1.	28.04.03.	18.3 ± 1.2	17.3 ± 0.8	16.7 ± 1.6	18.8 ± 1.4
2.	15.05.03.	17.8 ± 0.9	17.0 ± 1.0	15.1 ± 2.3	20.1 ± 1.6
3.	04.06.03.	14.5 ± 0.9	14.3 ± 0.7	15.1 ± 1.3	14.3 ± 0.6
4.	01.07.03.	12.9 ± 0.7	14.6 ± 1.2	10.6 ± 2.3	20.1 ± 1.3
5.	16.07.03.	16.3 ± 0.8	12.4 ± 0.6	11.8 ± 1.2	14.8 ± 1.0
6.	12.08.03.	12.4 ± 0.7	12.6 ± 0.7	13.0 ± 1.6	17.2 ± 1.1
V-93					
1.	28.04.03.	18.9 ± 0.9	14.4 ± 0.9	17.6 ± 1.7	15.3 ± 1.2
2.	15.05.03.	17.6 ± 1.0	18.8 ± 1.0	18.2 ± 2.0	21.7 ± 1.4
3.	04.06.03.	15.4 ± 0.9	11.6 ± 0.8	12.6 ± 1.7	15.2 ± 0.8
4.	01.07.03.	15.2 ± 0.9	15.1 ± 0.9	12.5 ± 3.5	20.7 ± 1.8
5.	16.07.03.	16.0 ± 0.8	12.7 ± 0.7	12.8 ± 1.5	15.4 ± 0.9
6.	12.08.03.	13.4 ± 0.7	12.2 ± 1.6	9.6 ± 2.3	17.0 ± 1.2

* – Skat. 3. tabulu / See Table 3

gada) veģetācijas perioda beigās atšķīrās būtiski ($F_f = 101.98$ un $80.42 > F_{0.05} = 1.62$), kā arī būtiskas atšķirības bija starp vidējiem augstuma pieaugumiem objektos dažādos meža augšanas apstākļu tipos ($F_f = 2.73$ un $2.21 > F_{0.05} = 1.16$).

Ietvarsējeņu V-120SS un V-93 stādījumos priedīšu augstuma pieaugumi bija lielāki nekā iepriekšējā gadā pirmā termiņa stādījumā izcirtumā vai kokaudzētavā auguši kociņiem un sasniedza vidēji 15 cm (6. tabula). Ievērojami lielāki augstuma pieaugumi bija 28. aprīļa un 14. maija stādījumos (vidēji 17–19 cm) salīdzinājumā ar pārējiem vēlākos termiņos veiktajiem stādījumiem (vidēji 14–16 cm). Lielākie augstuma pieaugumi bija damaksnī (vidēji 18 cm), bet vismazākie (vidēji 13–14 cm) – šaurlapju ārenī. Augstuma pieaugumi 2004. gadā ietvarsējeņu V-120SS un V-93 stādījumos visos izmēģinājumu objektos būtiski neatšķīrās.

Priedes sakņu sistēmas attīstība ietvarsējeņu stādījumos pirmajos divos gados lānā un slapajā damaksnī

Lānā meža augšanas apstākļu tipā ietvarsējeņi stādīti vidēji auglīgā normāla mitruma podzolētās smilts augsnē. Ietvarsējeņu V-120SS stādījumos 2003. gada oktobrī priedītēm konstatēta labi attīstīta sakņu sistēma. Ļoti laba bija kociņu virszemes daļas un sakņu masu attiecība: 2.4–2.9 : 1. Sakņu garums ārpus substrāta pirmo triju termiņu stādījumos vidēji bija 2–3 cm. Nākamajos trijos stādījumos saknes ārpus substrāta bija par 1–2 cm īsākas un to skaits mazāks. Sakņu izvietojums uz substrāta virsmas bija vienmērīgs.

Otrajā veģetācijas periodā kociņiem ievērojami palielinājās kopējā masa, taču nedaudz pasliktinājās virszemes daļas un sakņu masu attiecība (2.7–4.1 : 1). Visos stādījumos saknes bija izaugušas

7. tabula / Table 7

Priedes sakņu sistēmas raksturojums ietvarsējeņu V-120SS un V-93 stādījumos otrā veģetācijas perioda beigās lānā un slapajā damaksnī
Disposition of pine root system in plantations of container seedlings V-120SS and V-93 at the end of second period of vegetation in *Myrtillosa* and *Myrtilloso-sphagnosa*

Stādījuma / Plantation		Sakņu garums ārpus substrāta, cm / Root system length without substratum, cm			Kociņu virszemes daļas un sakņu masu attiecība / Ratio between saplings overground portions and root weight
nr. / no.	datums / date	augšējā daļā / in upper part	lejasdaļā / in lower part	garākās saknes / longer roots	
Ietvarsējeņu V-120SS stādījumi Ln / Container seedlings V-120SS plantation in <i>Myrtillosa</i>					
1.	28.04.03.	2 – 3	6 – 8	16 – 23	3.2 : 1
3.	04.06.03.	3 – 4	6 – 10	16 – 22	2.7 : 1
6.	12.08.03.	2 – 3	3 – 4	16 – 22	4.1 : 1
Ietvarsējeņu V-93 stādījumi Ln / Container seedlings V-93 plantation in <i>Myrtillosa</i>					
1.	28.04.03.	3 – 4	3 – 4	20 – 37	4.5 : 1
3.	04.06.03.	2 – 3	3 – 4	16 – 38	4.5 : 1
6.	12.08.03.	2 – 3	2 – 3	12 – 27	3.9 : 1
Ietvarsējeņu V-120SS stādījumi Dms / Container seedlings V-120SS plantation in <i>Myrtilloso-sphagnosa</i>					
1.	28.04.03.	2 – 3	3 – 4	10 – 15	4.5 : 1
3.	04.06.03.	2 – 3	4 – 6	10 – 12	3.9 : 1
6.	12. 08.03.	2 – 4	3 – 4	14 – 18	3.7 : 1
Ietvarsējeņu V-93 stādījumi Dms / Container seedlings V-93 plantation in <i>Myrtilloso-sphagnosa</i>					
1.	28.04.03.	2 – 3	4 – 6	16 – 33	3.3 : 1
3.	04.06.03.	2 – 3	3 – 4	10 – 26	3.2 : 1
6.	12.08.03.	2 – 3	4 – 6	14 – 17	3.2 : 1

Apzīmējumi: skat. iepriekšējās tabulas / Notations: see previous tables

ārpus substrāta, visvairāk sānsakņu bija veidojušās substrāta vidusdaļā. Nedaudz (4–6) sakņu sasniedza 12–18 cm, bet atsevišķas – pat 23–30 cm garumu (7. tabula). Sakņu sistēma ārpus substrāta labāk bija izveidojusies pirmajos (aprīļa, maija) stādījumos. Dažiem kociņiem veidojās priedei raksturīgā mietsakne.

Arī ietvarsējeņu V-93 stādījumos pirmajā veģetācijas periodā (2003. gadā) priedītēm veidojās laba virszemes daļas un sakņu masu attiecība: 3 : 1. Sakņu garums ārpus substrāta bija līdzīgs tam, kāds tas bija ietvarsējeņu V-120SS stādījumos, taču to izvietojums uz substrāta virsmas bija nevienmērīgs. Saknes, sasniedzot konteineru gludo sienīņu, tālāk auga gar to, tā veidojot sakņu deformāciju.

Otrajā veģetācijas periodā, pieaugot kociņu masai, nedaudz pasliktinājās virszemes daļas un sakņu sistēmas masu attiecība: līdz 3.9–4.5 : 1. Saknes labi attīstījās ārpus substrāta visu termiņu stādījumos. Atsevišķu sakņu garums ārpus substrāta sasniedza 27–38 cm (7. tabula). Sakņu telpiskais izvietojums vēl joprojām saglabājās nevienmērīgs.

Slapjā damakšņa meža augšanas apstākļu tipā priedes ietvarsējeņi stādīti tipiskā vidēji podzolētā gleja augsnē, augsnes virskārtā atradās 15 cm biezs detrita horizonts. Ietvarsējeņu V-120SS stādījumos 2003. gada oktobrī konstatēts, ka priedītēm bija laba virszemes daļas un sakņu masu attiecība: 2 : 1. Salīdzinot ar lānu, ārpus substrāta izaugušās saknes bija īsākas un reti sasniedza 3 cm garumu. Ievērojami labāk sakņu sistēma ārpus substrāta bija izveidojusies pirmo triju termiņu stādījumos.

Otrajā veģetācijas periodā (2004. gadā), pieaugot kociņu masai, nedaudz pasliktinājās to virszemes daļas un sakņu sistēmas masu attiecība: 3.7–4.5 : 1. Saknes ārpus substrāta bija labi izveidojušās visu termiņu stādījumos, taču tās bija īsākas un to skaits mazāks. Vairāk sakņu ārpus substrāta bija veidojušās tā vidusdaļā, kur to vidējais garums bija 3–5 cm. Nedaudz sakņu sasniedza 10–18 cm garumu (7. tabula). Maz sakņu bija veidojušās substrāta lejasdaļā un apakšā, sevišķi mitrākās vietās.

Ietvarsējeņu V-93 stādījumos pirmā veģetācijas perioda beigās priedītēm bija proporcionāli labi attīsta virszemes daļa un saknes: to masu attiecība bija 2.2–3.0 : 1. Sakņu sistēma kociņiem bija attīstīta vājāk nekā ietvarsējeņu V-120SS stādījumos. Mazākiem kociņiem saknes ārpus substrāta netika konstatētas jau jūlija stādījumos. Saknes ārpus substrāta izauga vāji, ja sējeņi bija stādīti mitrākās vietās.

Otrajā veģetācijas periodā, palielinoties kociņu masai, saglabājās laba kociņu virszemes daļas un sakņu masu attiecība: 3.2–3.3 : 1. Sakņu izvietojums ārpus substrāta – nevienmērīgs. Saglabājās raksturīgā

gludsienu konteineru veidotā sakņu sistēmas deformācija. Vairāk sakņu bija veidojušās substrāta vidusdaļā. Garākās saknes, kuru skaits bija 3–5, ārpus substrāta sasniedza pat 26–35 cm garumu (7. tabula).

Diskusija

Ietvarsējeņu stādīšanai piemērotie termiņi veģetācijas periodā

Vairumam koku sugu sējeņu un stādu vispiemērotākais stādīšanas laiks ir pavasaris – vienu, divas nedēļas pirms pumpuru plaukšanas. Šajā laikā augsnē ir pietiekams mitrums, tā jau ir pietiekami sasīlusi, tāpēc veidojas labvēlīgi apstākļi barības vielu uzņemšanai un augšanai. Kociņu veģetatīvo orgānu augšana traucē kailsakņu stādu un sējeņu iesaigšanu, stādot tos veģetācijas periodā.

Populārs ir uzskats, ka stādmateriālu ar slēgtu sakņu sistēmu var sekmīgi stādīt no agra pavasara līdz vēlām rudenim, kamēr augsne nav sasīlusi. Daudzi pētījumi pamatā apstiprina šo uzskatu un tajā pašā laikā to precizē, ņemot vērā koku sugu bioloģiskās īpašības, vides faktorus un atsevišķus stādīšanas termiņus. Arī ietvarsējeņu un stādu iesaigšanu un augšanu ļoti ietekmē meteoroloģiskie apstākļi, tāpēc vienādos termiņos veiktajiem stādījumiem dažādos gados var būt atšķirīgi rezultāti. Nelabvēlīgos meteoroloģiskos apstākļos Benksa un sveķu priedes ietvarstādu stādījumos atmira pat 34–91% iestādīto kociņu (Alm, 1975).

Latvijā pētīta priedes ietvarstādu “Brika” iesaigšana un augšana un konstatēts, ka intensīvas augšanas periodā stādīto kociņu iesaigums dažādās apmežojamās platībās bija par 5–8% zemāks nekā pavasara stādījumos (Буш и.д., 1974; Варславанс, 1978).

Pēdējos gados veikti nozīmīgi pētījumi par egles, bērza un citu koku sugu ieteicamiem stādīšanas termiņiem (Helenius et al., 2002; Helenius, 2005; Liepiņš, 2003; Luoranen et al., 2005). Arī šajos pētījumos pierādīts, ka, lietojot stādmateriālu ar slēgtu sakņu sistēmu, var ievērojami pagarināt stādīšanas sezonu. Pētījumos vasarā ierīkotajos egles stādījumos konstatēts, ka bez papildu riska šajā periodā var stādīt, ja saknes aptverošais substrāts ir pietiekami mitrs un sausuma periods ir īsāks par trim nedēļām. Aktīvi augoši egles stādi no sausuma cieš vairāk nekā tajā pašā laikā stādīti miera stāvoklī esoši saldētavā glabāti stādi (Helenius et al., 2002; Helenius, 2005). Tiek vēl atzīmēts, ka, stādot egles stādus ar relatīvi garu nepārkoksējušos dzinumumu, pastāv paaugstināts to bojājumu risks transportēšanas un stādīšanas laikā (Luoranen et al., 2005).

Iegūtie pētījumu rezultāti un analizētās literatūras atziņas sakrīt attiecībā uz priedes ietvarsējeņu stādīšanu: izmantojot priedes ietvarsējeņus, gada

pirmajā pusē iespējams pagarināt stādīšanas sezonu līdz jūnijam, bet stādīšana pārtraucama priedišu aktīvas augšanas periodā. Iespējas vēl pagarināt priedes ietvarsējeņu stādīšanas sezonu, līdz stādīšanai glabājot tos saldētavā, vēl pētāmas.

Ietvarsējeņu sakņu iespējamā deformācija un tās ietekme uz mežaudžu noturību

Mežaudzes ir noturīgas, ja to veidojošiem kokiem ir labi attīstītas, pietiekami dziļas sakņu sistēmas. Šādas sakņu sistēmas ir dabiski atjaunojušās mežaudzēs. Stādījumos dabisku sakņu sistēmu veidošanos traucē sakņu sistēmas deformācijas, kas var rasties, izaudzējot un stādot kailsakņu stādus, kā arī audzējot stādmateriālu ar slēgtu sakņu sistēmu.

Deformācijas tipu un pakāpi nosaka konteineru forma, materiāls. Apaļas formas gludsienu konteineros izaudzētiem sējeņiem ir raksturīga spirālveida sakņu deformācija. Vertikālas ribveida šķautnes un spraugas uz konteineru sānu virsmas samazina vai pat novērš sakņu deformāciju. Biežāka un stiprāka sakņu deformācija konstatēta ietvarsējeņiem ar nelielu substrāta tilpumu. Ja stāda ietvarsējeņus ar substrātu aptverošu apvalku, deformācija ir atkarīga no apvalka sairšanas laika un augsnes īpašībām.

Ietvarsējeņu un stādu audzēšanas laikā iegūtā sakņu deformācija pēc iestādīšanas izcirtumā saglabājas no 3 līdz 10 gadiem, bet stādot ietvarstādus ar apvalku – pat 14–20 gadu. Lielākas sakņu deformācijas var izraisīt koku nestabilitāti un pat izgāšanos (Balisky et al., 1995; Halter et al., 1993; Mangalis, 2004; Martinsson, 1986).

Kā redzams šī pētījuma rezultātos, Latvijā izaudzētiem priedes ietvarsējeņiem Hiko V-120SS un V-93 ir vidējs substrāta tilpums. Substrāts nesatur daudz barības vielu, jo audzēšanas laikā ietvarsējeņi saņem lielāko barības elementu daļu ar papildmēslojumu šķidrā veidā. Ietvarsējeņu V-120SS konteineru konstrukcija nodrošina nedeformētas ar sūcēsaknītēm bagātas sakņu sistēmas veidošanos. Ietvarsējeņi apmežojamā platībā tiek stādīti bez apvalka. Ietvarsējeņi V-93 tika izaudzēti apaļos gludsienu konteineros, kur bija vērojama sakņu vīšanās gar konteineru sānu malu. Mazāka tilpuma dēļ tie sliktāk iesaugās un auga nelabvēlīgos vides apstākļos salīdzinājumā ar ietvarsējeņiem V-120SS. Minēto trūkumu dēļ AS LVM „Sēklas un stādi” kokaudzētavās pārtraukta konteineru V-93 izmantošana. Ietvarsējeņu stādījumos pavasarī un vasaras sākumā saknes izauga ārpus substrāta jau pirmajā veģetācijas periodā, bet otrajā veģetācijas periodā sakņu sistēma ārpus substrāta labi izveidojas arī vēlākajos stādījumos. Tāpēc pamatoti var prognozēt, ka no šiem ietvarsējeņu stādījumiem izaugs noturīgas priežu mežaudzes.

Secinājumi

1. Priedes ietvarsējeņi V-120SS ir piemērots stādmateriāls meža atjaunošanai vidēji auglīgos meža augšanas apstākļu tipos. Strauji aizzelošās un mitrās platībās priedes ietvarsējeņi V-93 ir mazāk piemēroti nekā ietvarsējeņi V-120SS.
2. Ietvarsējeņu stādīšanai piemērotākais laika periods ir ievērojami garāks nekā kailsakņu stādmateriālam.
3. Ietvarsējeņiem, tāpat kā kailsakņu sējeņiem, labākais iesaugs un vairumā gadījumu arī augstuma pieaugumi, ir tiem kociņiem, kas stādīti pirms veģetācijas perioda sākuma.
4. Salīdzinot ar pavasara stādījumiem, zemāki iesauguma un augšanas rādītāji ir ietvarsējeņu stādījumos kociņu dzinumu intensīvas augšanas periodā. Sakrītot šim periodam un ilglaicīgam sausuma periodam, stādījumi var pat iznīkt.
5. Priedes ietvarsējeņu V-120SS saknes audzēšanas laikā konteinerā netiek deformētas. Ietvarsējeņiem V-93 konstatēta sakņu vīšanās gar gludsienu konteineru malām.
6. Priedes ietvarsējeņu V-120SS saknes pavasara un vasaras sākuma stādījumos jau pirmajā veģetācijas periodā izaug no substrāta augsnē, bet otrajā veģetācijas periodā labi attīstīta sakņu sistēma ārpus substrāta izveidojas visu termiņu stādījumos.
7. Priedes ietvarsējeņu V-120SS stādījumos veidojas šai sugai raksturīga sakņu sistēma.

Literatūra

1. Alm, A. A. (1975) Status of containerized forest seedling research in Minnesota. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, Vol. 41, pp. 18-21.
2. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Mācību līdzeklis. Datorzinību centrs, Rīga, 352 lpp.
3. Balisky, A. C., Salonijs, P., Walli, C., Brinkman, K. (1995) Seedling roots and forest floor: Misplaced and neglected aspects of British Columbia reforestation effort? *The Forestry Chronicle*, Vol. 71, No. 1, pp. 59-65.
4. Halter, M. R., Canway, C. P., Harper, G. J. (1993) Growth reduction and root deformation of containerized lodgepole pine samplings 11 years after planting. *Forest Ecology and Management*, No.56, pp. 131-146.
5. Helenius, P. (2005) Extension of the planting period of Norway spruce container seedling: risk related to the drought – growth stage dynamics and handling practices. *Dissertationes Forestales* 3. Faculty of Forestry of the University of Joensuu, 46 pp.

6. Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, J., Leinonen, K. (2002) Effect of drought and mortality of actively growing Norway spruce container seedling planted in summer. *Scand. J. For. Res.*, vol. 17, pp. 218-224.
7. Liepiņš, K. (2003) Duration of planting season using silver birch container seedlings. *Research for rural development. International scientific conference proceedings. Jelgava, 21-24 May*, pp. 193-197.
8. Luoranen, J., Rikala, R., Konttinen, K., Smolander, H. (2005) Extending the planting period of dormant and growing Norway spruce container seedling to early summer. *Silva Fennica*, vol. 39, pp. 481-496.
9. Mangalis, I. (2004) *Meža atjaunošana un iesaudzēšana*. Et Cetera, Rīga, 455 lpp.
10. Martinsson, O. (1986) Tap root formation and early root shoot. Ratio of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris*. *Scand. J. For. Res.*, Vol. 1, No. 2, pp. 233-242.
11. Paura, L., Arhipova, I. (2002) *Neparametriskās metodes. SPSS datorprogramma*. Mācību līdzeklis. LLKC, Jelgava, 148 lpp.
12. Буш, М. К., Варславaнс, Л. Я., Каринъш, З.О., Берзинъш, Ю.Ю., Пелсе, Б.И., Берзинъш, .П., Талактионов, В.Ф., Булинъш, А.Э., Акмене, Р.А., (1974) *Лесопосадочный материал «Брика»*. Рига, Зинатне, 135 с.
13. Варславaнс, Л. Я. (1978) *Применение саженцев «Брика» в различных условиях произрастания*. Автореф. к.н. Рига, 22 с.

LLU Raksti Nr. 20 (315)
Atbildīgais redaktors Aldis Kārkliņš
Parakstīts iespiešanai 01.04.2008.
Iespiests SIA *Drukātava*
Liliju iela 95/1, Mārupe, LV-2167

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 latviešu un 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 izmēloši 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 attiecīgie saīsinājumi.

Tabulas

Tabulām (visos potenciālo izdevumu manuskriptos) jābūt veidotām programmā *MS Word* vai *Excel* un tās novietojamas teksta beigās uz atsevišķām lapām. 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 biezumam jābūt ¼ pt, rakstzīmju izmēram jābūt tādā pašam kā pamattekstā. 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 tādā pašam 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 glyphosate. *Biol. Fert. 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** – Veselības noteicošie faktori. Vide kā dzīvības un veselības resurss: http://www.liis.lv/vid_ves/faktori.htm – Resurss aprakstīts 2004. gada 13. janvārī.

Ja atsauces pieraksta ar skaitli kvadrātiekvāds citēšanas secībā, tad arī literatūras sarakstu noformē citēšanas secībā. Atsaucēm 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 manuskriptu iesniedz tehniskajam redaktoram.

Tikai precīza visu iepriekš minēto prasību ievērošana sekmēs sagatavoto manuskriptu ātrāku publicēšanu.

Atkāpes no šo noteikumu prasībām pieļaujamas, saskaņojot ar *LLU Rakstu* redkolēģiju

LLU Rakstu redkolēģijas adrese:

Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001

Telefons: 30 05671; fakss: 30 05685;

e-pasts: Inga.Skuja@llu.lv

Papildu informācija par *LLU Rakstiem* pieejama LLU mājas lapā <http://www.llu.lv> sadaļā Zinātne.

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.

Procedure for submission of manuscripts. The persons who submit manuscripts assume responsibility for the propriety and scientific standards of the manuscripts they submit. However, as authorized by the Council of the University, the Editorial Board reserves the right to subject manuscripts to further review when necessary and to reject those that do not meet the general criteria for publication or are regarded as inappropriate in some significant way. The Editorial Board 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 date of receiving the communicated manuscript in the Proceedings Office will become part of the published paper.

Manuscript 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, fax, 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. This section should be brief, if it is both preceded by well expounded Materials and Methods section and followed by a well considered Discussion; **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 glyphosate. *Biol. Fertil. Soils*, 35, pp. 35-40; **a book** – Chard, T. (1995) *An Introduction to Radioimmunoassay*. Elsevier, Amsterdam. 534 pp.; **chapter from a book** – Carrey, E. A. (1989) Peptide mapping. In: *Protein Structure*. Creighton, T. E. (ed.) ILR Press, Oxford, pp. 191-224; **INTERNET resources** – Naturalizing with flower bulbs: <http://www.flower-gardening-made-easy.com/naturalizing.html> – Accessed on 28.10.2007.

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 ¹, ², 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 should be typed on separate pages at the end of the manuscript. Equations should be written in *MS Equation* program, graphs and diagrams – in *Excel 5.0*, 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⁻²) 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 either on a floppy diskette, which should be IBM compatible, or by e-mail. Scrupulous adherence to these instructions can speed publication.

Address of the Editorial Board:

LLU Raksti
Lielā iela 2,
Latvia University of Agriculture
Jelgava, LV-3001, Latvia
ph.: +371-30 05671; fax: +371-30 05685;
e-mail: Inga.Skuja@llu.lv