



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS „SILAVA”  
LATVIAN STATE FORESTRY RESEARCH INSTITUTE  
„SILAVA”

Mg. silv. ZANE LĪBIETE

**PARASTĀS EGLES (*PICEA ABIES* (L.) KARST.)  
TĪRAUDŽU RAŽĪBA UN AUGŠANAS POTENCIĀLS  
AUGLĪGAJOS MEŽA TIPOS**

**PRODUCTIVITY AND GROWTH POTENTIAL OF  
PURE NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.)  
KARST.) STANDS ON FERTILE SITES**

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMS  
Dr. silv. zinātniskā grāda iegūšanai

RESUME OF THE PhD PAPER  
for the scientific degree of Dr. silv.

Jelgava 2008

Promocijas darba zinātniskais vadītājs:  
*Academic advisor:*

Pēteris Zālītis  
prof. Dr. habil. silv.

Darbs izpildīts Latvijas Valsts Mežzinātnes institūtā „Silava” laikā no 2005. līdz 2008. gadam./ *The research was carried out at the Latvian State Forestry Research Institute „Silava” in the time period from 2005 to 2008.*

Oficiālie recenzenti/ Official reviewers:

- Prof., Dr. habil. sc. ing., Dr. h. c. silv. **Henns Tuherms**, LLU Mežzinātņu nozares un Materiālzinātņu nozares Koksnes materiālu un tehnoloģijas apakšnozares promocijas padomes priekšsēdētājs/ *Professor at LUA, chairman of the Promotion Council of Forest Sciences and Material Sciences of LUA*
- Prof., Dr. habil. biol. **Imants Liepa**, Latvijas Zinātnes padomes eksperts „Meža ekonomikas un politikas” apakšnozarē, LLU Mežzinātņu nozares un Materiālzinātņu nozares Koksnes materiālu un tehnoloģijas apakšnozares promocijas padomes loceklis/ *Professor at LUA, expert of the Scientific Board of Latvia in the sub-branch of Forest Economics and Policy, member of the Promotion Council of Forest Sciences and Material Sciences of LUA*
- **Kalev Jōgiste**, PhD, Igaunijas Dzīvības zinātņu universitātes Mežsaimniecības un lauku inženieru institūta Meža bioloģijas katedras vadītājs/ *Head of the Department of Forest Biology, Institute of Forestry and Rural Ingeneering of Estonian University of Life Sciences*

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF granta atbalstu.  
*The doctoral thesis has been worked out by financial support of ESF.*



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Mežzinātņu un Materiālzinātņu nozares promocijas padomes atklātā sēdē \_\_\_\_\_, Jelgavā, Dobeles ielā 41, sēžu zālē./ *The promotional paper will be presented for public criticism in an open session of the Promotion Council of Forest Sciences and Material Sciences of Latvia University of Agriculture held on \_\_\_\_\_, in the conference hall of LUA Department of Wood Processing, Jelgava, Dobeles Street 41.*

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā Lielā ielā 2, Jelgavā vai <http://llu.fb.llu.lv/-theses.htm>. Atsauksmes sūtīt LLU Mežzinātņu un Materiālzinātņu nozares promocijas padomes sekretāram Dr. sc. ing. A. Drēskam Akadēmijas ielā 11, Jelgavā, LV 3001, Latvija

*The thesis and resume are available at the Fundamental Library of LUA, Lielā ielā 2, Jelgava or <http://llu.fb.llu.lv/-theses.htm>. References should be sent to the secretary of the Promotion Council of Forest Sciences and Material Sciences Dr. sc. ing. A. Drēska, Akadēmijas Street 11, Jelgava, LV 3001, Latvia*

# Satura rādītājs/Table of Contents

1. Darba vispārējs raksturojums .....	4
1.1. Tēmas aktualitāte .....	4
1.2. Pētījuma mērķis .....	4
1.3. Promocijas darba uzdevumi .....	5
1.4. Darba novitāte, zinātniskā un praktiskā nozīmība .....	5
1.5. Zinātniskā darba aprobācija .....	5
1.6. Promocijas darba struktūra un apjoms .....	7
2. Pētījuma materiāls un metodika .....	7
2.1. Vienvecuma egļu jaunaudzū augšanas gaitas izpēte .....	7
2.2. Egļu jaunaudzū un vidēja vecuma audžu augšanas potenciāla analīze .....	10
2.3. Latvijas egļu tīraudzū krājas un krājas tekošā pieauguma analīze .....	11
3. Rezultāti un diskusija .....	12
3.1. Vienvecuma egļu jaunaudzū augšanas gaita .....	12
3.2. Egļu jaunaudzū un vidēja vecuma audžu augšanas potenciāls .....	18
3.3. Latvijas egļu tīraudzū krāja un krājas tekošais pieaugums .....	27
4. Kopsavilkums .....	34
5. Galvenie secinājumi un priekšlikumi .....	35
1. General description .....	37
1.1. Background .....	37
1.2. Aim of the thesis .....	37
1.3. Objectives of the research .....	38
1.4. Scientific novelty and practical significance of the thesis .....	38
1.5. Approbation of the research results .....	38
1.6. Structure and coverage of the thesis .....	39
2. Material and methods .....	39
2.1. Growth of even-aged young spruce stands .....	39
2.2. Growth potential of young and middle-aged spruce stands .....	41
2.3. Standing volume and current annual volume increment of pure spruce stands in Latvia .....	43
3. Results and discussion .....	44
3.1. Growth of even-aged young spruce stands .....	44
3.2. Growth potential of young and middle-aged pure spruce stands .....	48
3.3. Standing volume and current annual volume increment of pure spruce stands in Latvia .....	52
4. Summary .....	57
5. Main conclusions and proposals .....	58

# 1. Darba vispārējs raksturojums

## 1.1. Tēmas aktualitāte

Meža nozare ir viena no nozīmīgākajām Latvijas ekonomikā, tās devums valsts iekšzemes kopproduktā pēc ekspertu vērtējuma ir 10-14%. Meža nozarē pavisam strādā 9% no visiem tautsaimniecībā nodarbinātajiem, turklāt lielākā daļa darbavietu ir izvietotas reģionos, tādējādi sniedzot ievērojamu ieguldījumu reģionu sociālajā labklājībā un ilgtspējīgā attīstībā (Meža nozare Latvijā 2006). Viens no galvenajiem Latvijas meža politikas mērķiem ir meža zemju ražības un vērtības saglabāšanas un paaugstināšanas nodrošināšana (Latvijas meža politika 1998), tas tiek uzskatīts par ļoti nozīmīgu arī globālo klimata pārmaiņu mazināšanas kontekstā (Meža un saistīto nozaru attīstības pamatnostādnes (informatīvā daļa) 2006). Meža ražības paaugstināšanas iespējām velīta ievērojama daļa Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā „Silava” un LLU Meža fakultātē veikto pētījumu (LVMI „Silava” darbības jomas 2006, LLU Meža fakultātes zinātniskās darbības virzieni 2006). Ņemot vērā jautājuma aktualitāti gan vietējā, gan starptautiskā mērogā, promocijas darbs velītās tieši mežaudžu ražības problemātikai.

Parastā egļu (*Picea abies* (L.) Karst.) ir Latvijā trešā izplatītākā koku suga. Atbilstoši Latvijas mežu statistikai, egļu meži aizņem 510 tūkst. ha, kas sastāda 18% no mežu kopplatības; salīdzinājumam – priežu meži – 37%, bērzu meži – 30% (Meža statistika 2007). Arī ekonomiski egļu Latvijas tautsaimniecībai ir ļoti nozīmīga. Izcirstās egļu koksnes īpatsvars 2006. gadā valsts mežos bija 17%, bet pārējos mežos – 21% (Izcirstais apjoms visos mežos pa valdošajām sugām 2007). Egļu audzes ir visražīgākās – tekošais koksnes pieaugums vidēji sasniedz  $7.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā; priežu audzēs –  $5.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā un bērzu audzēs –  $6.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā. Tomēr koksnes vidējā krājas egļu mežos ir vismazākā –  $166 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (priežu mežos –  $219 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bērzu mežos –  $187 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). (Meža nozare Latvijā 2006) Egļu mežu ražības un faktiskās koksnes krājas dramatiskās atšķirības rosina padziļināti pētīt egļu audžu augšanas gaitu, to ražības un produktivitātes īpatnības.

## 1.2. Pētījuma mērķis

Noskaidrot, kāda ir augšanas apstākļu, reģionālās lokalizācijas, mistrojuma, audzes izcelsmes, īpašuma formas un kopšanas režīma ietekme uz dažāda vecuma egļu tiraudžu augšanas potenciālu, produktivitāti un ražību auglīgajos meža tipos. Nepieciešams precizēt, ka jēdzieni „ražība” un „produktivitāte” šajā darbā nav lietoti kā sinonīmi. Promocijas darba kontekstā bija svarīgi atšķirt audzē uz dzīvajiem kokiem pašreiz pieaugošo koksnes apjomu, kas šeit definēts kā ražība, un reāli iegūstamo koksnes produkciju, kas definēta kā produktivitāte. Ražību šajā gadījumā raksturo tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums, bet produktivitāti – audzē reāli uzkrātā krāja.

### **1.3. Promocijas darba uzdevumi**

1. Izpētīt vienvecuma egļu jaunaudžu augšanas gaitu auglīgajos meliorētajos meža tipos.
2. Analizēt augšanas potenciālu 30-50 gadus vecās egļu tīraudzēs un tā atkarību no dažādiem faktoriem (augšanas apstākļiem, lokalizācijas, koku skaita audzē, audzes vecuma, izcelsmes un īpašuma formas).
3. Izpētīt Latvijas egļu tīraudžu krāju un krājas tekošo pieaugumu briestaudzēs un pieaugušās audzēs atkarībā no audzes vecuma, augšanas apstākļiem un reģionālās lokalizācijas.
4. Analizēt egļu audžu krājas un krājas tekošā pieauguma iespējamās atšķirības valsts un privātajos mežos.

### **1.4. Darba novitāte, zinātniskā un praktiskā nozīmība**

Latvijas valsts mežzinātnes institūtā „Silava” īstenotajos egļu tīraudžu ražības pētījumos profesora Pētera Zālīša vadībā piedalos kopš 1999. gada. Esmu gandarīta, ka tas pavēris iespēju izmantot arī iepriekšējos gados citu darbinieku ievāktu informāciju par kokaudžu parametriem pastāvīgajos parauglaukumos. Šis promocijas darbs ir ilglaicīgu pētījumu rezultāts, kas loģiski turpina bakalaura un maģistra darbos aizsāktās tēmas.

Promocijas darba ietvaros veikto pētījumu novitāte izpaužas kompleksā pieejā izvirzīto darba uzdevumu risināšanai. Izmantots plašs un daudzveidīgs empīriskais materiāls, kas raksturo dažāda vecuma egļu tīraudzes: regulāri pārmērītu pastāvīgo parauglaukumu dati, visā Latvijas teritorijā izvietotu īslaicīgo parauglaukumu dati, kā arī informācija no Latvijas Meža resursu monitoringa pirmo četru gadu datu bāzēm, turklāt augstas precizitātes statistiskā informācija (Meža resursu monitoringa dati) šāda veida pētījumā Latvijā izmantota pirmoreiz. Meža resursu monitoringa projektā strādāju kopš tā uzsākšanas 2004. gadā.

Apkopojot literatūrā iegūto informāciju un konkrētā pētījuma rezultātus, iegūta jauna, nozīmīga informācija par egļu tīraudžu veidošanos un attīstību Latvijā. Izdarītie secinājumi ļauj labāk izprast dažāda vecuma egļu tīraudžu augšanas gaitas likumsakarības. Uz iegūto atziņu pamata izstrādāti priekšlikumi uz sugas ekoloģiskajām īpatnībām balstīta egļu tīraudžu apsaimniekošanas modeļa izstrādāšanai saimnieciskajos mežos.

### **1.5. Zinātniskā darba aprobācija**

**Zinātniskās publikācijas par darba tēmu:**

1. Zālītis P., Lībiete Z. (2003) Egļu jaunaudžu augšanas gaitas savdabības āreņos un kūdreņos. *Mežzinātne*, 13(46), 21.-36.lpp.
2. Zālītis P., Lībiete Z. (2005) Egļu jaunaudžu augšanas potenciāls. *LLU Raksti*, 14 (309), 83.-93. lpp.
3. Zālītis P., Lībiete Z., Zālītis T. (2006) Mērķtiecīgi izveidoto kokaudžu augšanas gaita un strukturēšanās. *Mežzinātne*, 16 (4), 9.-29. lpp.

4. Lībiete Z., Zālītis P. (2007) Determining the growth potential for even-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Baltic Forestry*, 13 (1), p. 2-9
5. Lībiete Z. (2008) Meža resursu datu izmantošana priedes un egles audžu ražības reģionālā atšķirību analizē Latvijā. *LLU Raksti* 20 (315), 53.-65. lpp.
6. Zālītis P., Lībiete Z. (2008) Kopšanas ciršu režīms egļu jaunaudzēs. *LLU Raksti* 20 (315), 38.-45. lpp.

**Promocijas darba rezultātu prezentācija zinātniskajās konferencēs:**

1. EFI 2005 Annual conference and scientific seminar „Multifunctional forest ecosystem management in Europe: integrated approaches for considering the temporal, spatial and scientific dimensions”; Spānija, Barselona, 8.-10.09.2005. Stenda referāts: Libiete Z., Zalitis P. Growth potential of young Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Republic of Latvia.
2. SNS Forest growth and yield network meeting; Norvēģija, Bergena, 26.-28.09.2005. Stenda referāts: Libiete Z., Zalitis P. Growth of even-aged Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Latvia.
3. Zinātniski praktiskā konference „Mežzinātne un prakse nozares attīstībai”; Jelgava, 15.-16.03.2006. Referāts: Lībiete Z. Vienvecuma egļu tīraudžu audzēšanas problemātika Latvijā.
4. Mežsaimniecības izstāde „Silva Regina”; Čehija, Brno, 2.-6.04.2006. Stenda referāts: Libiete Z., Zalitis P. Growth of even-aged Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Latvia.
5. Starptautiskā konference „Education and Development of the Forestry Sector in Northwest Russia”; Krievija, Sanktpēterburga, 22.-26.05.2006. Stenda referāts: Libiete Z. Research on the problems of growing even-aged Norway spruce monocultures in Latvia.
6. EFI 2006 Annual conference and scientific seminar „The Role of Forestry in Integrated Environmental Assessments”; Nīderlande, Kerkrade, 14.-16.09.2006. Stenda referāts: Zalitis T., Libiete Z. Regional productivity and quality differences of the main tree species in Latvia.
7. Latvijas Universitātes 65.zinātniskā konference, vides zinātnes sekcija; Rīga, 01.02.2007. Stenda referāts: Lībiete Z., Zālītis T. Priedes, bērza un egles audžu ražības reģionālās atšķirības Latvijā uz meža statistiskās informācijas parauglaukumu bāzes.
8. Starptautiskā Jauno zinātnieku konference; Moldova, Kišiņeva, 09.11.2007, Stenda referāts: Libiete Z. Propagation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in drained peatlands.
9. Starptautiskā konference “Zinātne lauku attīstībai”; Jelgava, 21.-23.05.2008. Referāts: Libiete Z. Productivity of Norway spruce stands in state and private forests of Latvia.

## **1.6. Promocijas darba struktūra un apjoms**

Promocijas darba struktūra ir pakārtota augstāk minētajiem darba uzdevumiem. Pirmajā nodaļā analizēta literatūra un iepriekš veiktie pētījumi saistībā ar promocijas darba tēmu. Otrās nodaļas trijās apakšnodaļās atbilstoši darba uzdevumiem raksturoti pētījumu objekti, datu ievākšanas un matemātiskās apstrādes metodes (trešā apakšnodaļa apvieno trešā un ceturtā darba uzdevuma risināšanai izmantoto materiālu un metodes). Trešās nodaļas četrās apakšnodaļās tieši tāpat atbilstoši izvirzītajiem pētnieciskajiem uzdevumiem izklāstīti iegūtie rezultāti un no tiem izrietošie secinājumi. Darbu noslēdz kopsavilkums, nozīmīgākie secinājumi un priekšlikumi.

Promocijas darba apjoms ir 93 lappuses; informācija apkopota 17 tabulās un 37 attēlos, izmantoti 196 literatūras avoti. Darba noslēgumā formulēti 6 secinājumi un 3 priekšlikumi.

## **2. Pētījuma materiāls un metodika**

### **2.1. Vienvecuma egļu jaunaudzū augšanas gaitas izpēte**

Egļu jaunaudzū augšanas gaitas analīzei izmantoti MPS „Kalsnava” mežos izveidotie pastāvīgie parauglaukumi.

30 parauglaukumi ierīkoti 1982. gadā saistībā ar pētījumiem par egļu papīrmalkas plantāciju lietderīgākajiem parametriem. Papīrmalkas plantācijas parauglaukumi izveidoti šaurlapju kūdrēnī jau agrāk ierīkotās egļu kultūrās ar sākotnējo biežību 6 000 gab. ha<sup>-1</sup>, 1982. gadā audzi izretinot līdz 1 500-4 000 gab. ha<sup>-1</sup>. Puse (15) parauglaukumu raksturo 4-6 m augstu, otra puse (15) parauglaukumu 9-11 m augstu jaunaudzū augšanas gaitu pēc to izretināšanas. Pavisam kopā visos parauglaukumos uzmērīti 1523 koki.

4 parauglaukumi ierīkoti 1963. gadā kā nosusināto pārejas purvu apmežošanas eksperiments. Ar vaļējiem grāvjiem un segtām drenām 1960. gadā nosusinātajā pārejas purvā (kūdras dziļums 4.5 m) eksperimentālajā izcirtumā 4 parauglaukumi apstādīti ar egļu meženiem. 1988. gadā 24 gadus vecā audzē (vidējais augstums ~ 12 m) divos parauglaukumos izcirstas tievākās eglītes, audzes šķērslaukumu samazinot līdz toreiz rekomendētajam – 25 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Visos četros parauglaukumos kopā uzmērīti 313 koki.

Augšanas potenciāla un krājas uzkrāšanās dinamikas novērtējums papildus veikts arī MPS „Kalsnava” 117. kvartāla objektā (As, dabiski izveidojusies egļu jaunaudze 1969. gada vējgāzes izcirtumā) un 147. kvartāla objektā (As, 1982. gadā ierīkota egļu kultūra, 1988. gadā koku skaits samazināts līdz zinātnieku tolaik rekomendētajam minimālajam, optimālajam un maksimālajam skaitam). Kopā pa visiem parauglaukumiem uzmērīti 835 koki.

Ilglaicīgo parauglaukumu pārmērīšanas rezultāti pavēra iespēju izsekot arī tādu rekonstruktīva rakstura kopšanas ciršu ietekmei, kas saistās ar galvenās sugas (aplūkotajā gadījumā – bērza) pilnīgu izciršanu meliorētajos mežos, veidojot egļu tīraudzī vai egļu-priežu mistraudzi. 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, tika aprēķināts, ka bērzu audzēs, kurās dzīvotspējīgu eglīšu kopskaits ir vismaz 1 000 gab. ha<sup>-1</sup>, 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, tādējādi bērzu audzi transformējot par skuju koku audzi. 2006. gadā, atkārtoti pārņemot pirms 25 gadiem ierīkotos parauglaukumus, pārbaudīta iepriekš izstrādātā modeļa ticamība. Kopā četros parauglaukumos uzmērīts 791 koks.

Bērza audžu transformēšanas lietderība par egļu mežu analizēta arī tādā platlapju kūdrenā audzē, kur valdošā suga bija 80-100 gadus veci, tātad cērtamo vecumu krietni pārsnieguši purva bērzi. Egļu veidoja otro stāvu. Vienā parauglaukumā (E-5) 1978. gadā izcirsti visi bērzi, otrajā (E-6) bērzi netika izcirsti. Abos parauglaukumos kopā uzmērīti 760 koki.

Daļā parauglaukumu visi koki ir numurēti, uz stumbra fiksēta caurmēra mērīšanas vieta 1.3 m augstumā. Parauglaukumos ar numurētajiem kokiem koku caurmērs mērīts ar 1 mm precizitāti divos stateniskos virzienos. Augstums izmērīts katram piektajam kokam atbilstoši to numerācijai. Stumbra tilpums aprēķināts saistībā ar ikviena koka faktisko caurmēru un no parauglaukuma augstumlīknes nolasīto augstumu (1). Kokaudzes krāju M veido atsevišķo stumbru tilpumu summa.

$$V = \psi \cdot h^{\alpha} \cdot d^{\beta \cdot \lg h + \varphi} \quad (1)$$

$V$  – koka tilpums, m<sup>3</sup>

$h$  – koka augstums, m

$d$  – koka caurmērs 1.3 m augstumā no sakņu kakla, cm

$\psi, \alpha, \beta, \varphi$  – empīriski koeficienti (Liepa 1996)

Empīrisko koeficientu vērtības eglei:

$$\psi = 0.00231, \alpha = 0.78193, \beta = 0.34175, \varphi = 1.18811$$

Parauglaukumos, kuros koki nav numurēti, koku mērīšana veikta pa 1 cm caurmēra pakāpēm. Augstums mērīts 15 kociem (pieciem tieviem, pieciem resniem, pieciem vidēja resnuma), stumbra tilpumi aprēķināti atbilstoši katrai caurmēra pakāpei un no augstumlīknes nolasītajam augstumam pēc formulas (1). Caurmēra pakāpes koku kopējā krāja iegūta, reizinot attiecīgās caurmēra pakāpes stumbra tilpumu ar koku skaitu šajā caurmēra pakāpē, kokaudzes krāju M veido atsevišķu caurmēra pakāpju koku tilpumu summa.



1963. gadā ierīkotajā objektā pēc iepriekš izstrādātas metodikas novērtēts arī egļu jaunaudžu augšanas potenciāls. Šā pētījuma kontekstā augšanas potenciāls ir audzes spēja ražot koksni. Labs augšanas potenciāls nozīmē egļu tīraudzis spēju saglabāt augstu ražību un nodrošināt intensīvu krājas uzkrāšanos resnos, veselīgos stumbros. Slikts augšanas potenciāls savukārt raksturīgs audzēm, kurās krājas pieaugums krasi samazinājies un krājas uzkrāšanās temps pēdējos gados kļuvis negatīvs vai tuvs nullei. Egļu jaunaudžu augšanas potenciāla novērtēšanas metodika izstrādāta, par pamatu ņemot 22 regulāri pārmērītu pastāvīgo parauglaukumu datus (Zālītis, Lībiete 2005). Izvērtējot krājas uzkrāšanās līknes, par bezperspektīvām audzēm uzskatītas tās, kurās krājas diference pēdējos gados ir negatīva. Kokaudzis, kurās krājas uzkrāšanās temps sasniedz un pārsniedz  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā, uzskatāmas par perspektīvām. Audzes, kurās krājas diference ir lielāka par nulli, bet mazāka par  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā, ieskaitāmas paaugstināta riska audžu grupā. Grupas indikatori izraudzīti, analizējot pēdējo 5 gadskārtu platumus katrā audžu grupā pastāvīgajos parauglaukumos. Tam izmantota lineāra sakarība starp koku caurmēru un pēdējo 5 gadskārtu platumu, kuru apraksta regresijas vienādojums  $i_5 = ad + b$ , kur  $i_5$  – pēdējo 5 gadskārtu kopplatums, mm; a un b – regresijas koeficienti; d – koka caurmērs krūšaugstumā, cm. Jāpiezīmē, ka pēdējo 5 gadu gadskārtu platumu izmantots tādēļ, ka garākā intervālā gadskārtu kopplatumu var ietekmēt arī citi faktori, kas nav tieši saistīti ar audzes veselību, piemēram, pirms 10 gadiem veikta dabā vairs neatpazīstama kopšanas cirte, kas sākotnēji pozitīvi ietekmējusi koku pieaugumu, lai arī pēdējos gados audzes veselība krasi pasliktinājusies. Pēc rezultātu analīzes tika noteiktas robežvērtības audzes iekļaušanai pirmajā (perspektīvo audžu) vai trešajā (bezperspektīvo audžu) grupā. Mežaudze iekļaujama pirmajā grupā, ja tajā pēdējos 5 gados:

- pie audzes vidējā caurmēra D gadskārtu kopējais platumu ir lielāks par 10 mm, t.i., pēdējo 5 gadskārtu vidējais platumu i ir lielāks par 2.0 mm un
- regresijas koeficients a vienādojumā  $i_5 = ad + b$  ir lielāks par 0.60, un
- korelācijas koeficients r starp  $i_5$  un d ir lielāks par 0.60.

Mežaudze ieskaitāma trešajā bezperspektīvo audžu grupā, ja to pēdējos 5 gados raksturo sekojošas robežvērtības:

- pie audzes vidējā caurmēra D gadskārtu kopējais platumu nav lielāks par 10 mm un
- regresijas koeficients a vienādojumā  $i_5 = ad + b$  nav lielāks par 0.30, un
- korelācijas koeficients r starp  $i_5$  un d nav lielāks par 0.60.

Mežaudze ieskaitāma vienā no šīm grupām tikai tad, ja visi trīs rādītāji atbilst norādītajiem ierobežojumiem. Pārējās audzes ieskaitāmas otrajā (paaugstināta riska audžu) grupā.

## **2.2. Egļu jaunaudžu un vidēja vecuma audžu augšanas potenciāla analīze**

Egļu jaunaudžu un vidēja vecuma audžu (vecums 30-50 gadi) augšanas potenciāla analīze veikta 2003., 2004. un 2005. gada vasarā īslaicīgajos parauglaukumos AS „Latvijas valsts meži” („LVM”) apsaimniekotajos mežos. Atbilstoši meža inventarizācijas datiem katrā AS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecībā tika izvēlēti tie iecirkņi, kuros 30-50 gadus vecu egļu tīraudžu ir visvairāk (trīs līdz pieci iecirkņi, atkarībā no to platības un 30-50 gadus vecu egļu tīraudžu īpatsvara).

Katrā no izraudzītajiem iecirkņiem pēc nejaušības principa izvēlētas vismaz 10 audzes. Katrā audzē tika apsekota egļu biogrūpa, kas vislabāk raksturo nogabala struktūru. Iezīmētās biogrūpas ietvaros noteikts meža tips; pēc kārtas urbjot krūšaugstumā tur augošās 20 egles, izmērīts to caurmērs (cm) un pēdējo 5 un 10 gadu gadskārtu platums (mm). Ar mērierīci (Biterliha princips) izmērīts biogrūpas koku šķērslaukums ( $m^2 ha^{-1}$ ), kā arī vidējā koka augstums (m). Trijos gados pavisam apsekotas 355 audzes un ievākta informācija par 7 100 koku gadskārtu platumiem.

Pētījuma otrajā etapā 2005., 2006., 2007. gada vasarā egļu jaunaudžu un vidēja vecuma audžu augšanas potenciāla novērtēšanai tika ierīkoti un pēc tādas pašas metodikas uzmērīti īslaicīgie parauglaukumi no Latvijas Meža resursu monitoringa (MRM) datu bāzes atlasītās 30-50 gadus vecās egļu tīraudzēs gan valsts, gan privātajos mežos.

Pavisam kopā vecuma ierobežojumam atbilda 75 parauglaukumi – 50 valsts mežos un 25 privātajos mežos. Uzmērīti tika tie visi.

No MRM datu bāzes atlasītās iepriekš fiksētajiem parametriem atbilstošās egļu jaunaudzes atrastas dabā un analizētas tāpat kā īslaicīgajos parauglaukumos. Tālāk atbilstoši metodikai kamerāli analizēts katra nogabala augšanas potenciāls, tā atkarība no augšanas apstākļiem, īpašuma formas, audzes izcelsmes un reģionālās lokalizācijas. Reģionālās lokalizācijas ietekmes analīzei otrajā pētnieciskā uzdevuma risināšanas etapā Latvijas teritorija sadalīta astoņos reģionos, kas nosacīti atbilst AS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecību robežām. Meža resursu monitoringa datu analīzei izmantojamā mazākā vienība ir republikas administratīvais rajons, bet AS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecību robežas ne vienmēr sakrīt ar rajonu robežām. Promocijas darbā rajoni mežsaimniecībās apvienoti sekojoši: Ziemeļkurzeme – Ventspils un Talsu rajons; Dienvidkurzeme – Liepājas, Kuldīgas un Saldus rajons; Zemgale – Tukuma, Dobeles un Jelgavas rajons; Vidusdaugava – Bauskas, Ogres un Aizkraukles rajons; Rietumvidzeme – Rīgas, Limbažu, Valmieras un Cēsu rajons; Austrumvidzeme – Valkas, Gulbenes un Alūksnes rajons; Ziemeļlatgale – Madonas, Balvu, Rēzeknes un Ludzas rajons; Dienvidlatgale – Jēkabpils, Preiļu, Daugavpils un Krāslavas rajons.

Datu normalitātes pārbaudei izmantots Kolmogorova-Smirnova tests, faktoru ietekmes novērtēšanai uz augšanas potenciāla rādītājiem – t-tests neatkarīgām izlasēm un vienfaktora dispersijas analīze (ANOVA).

### **2.3. Latvijas egļu tīraudžu krājas un krājas tekošā pieauguma analīze**

Pētījumā izmantoti Meža resursu monitoringa dati par 2004., 2005., 2006. un 2007. gadu (četrus pirmo gadu datus). Periodā no 2004. līdz 2007. gadam Meža resursu monitoringa ietvaros pavisam uzmērti vairāk nekā desmit tūkstoši parauglaukumu visā Latvijas teritorijā, vairāk nekā deviņi tūkstoši no tiem atrodas mežā (meža resursu monitoringa ietvaros tiek ievākta informācija arī par aizaugošajām lauksaimniecības zemēm, pārplūstošiem klajumiem, purviem u.tml.).

Atbilstoši turpmāk aprakstītajai metodikai, no 2004. gada datu bāzes atlasītas 88 egļu tīraudzes, no 2005. gada datu bāzes – 125 egļu tīraudzes, no 2006. gada datu bāzes – 125 tīraudzes, no 2007. gada datu bāzes - 111 egļu tīraudzes, pavisam kopā 449 egļu tīraudzes auglīgajos meža tipos. No četrus gadu laikā uzmērtajiem parauglaukumiem atbilstoši aprakstītajiem atlasē kritērijiem papildus atlasīti arī 280 parauglaukumi egļu mistraudzēs, 179 no tiem valsts mežos, 101 privātajos mežos.

Meža resursu monitoringu ar mērķi iegūt statistisko informāciju par meža stāvokli valstī veic Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava” (Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi 2003). Meža resursu monitorings tiek veikts piecu gadu ciklā, pārklājot visu Latvijas teritoriju ar slēpto parauglaukumu tīklu. Parauglaukumi apvienoti traktos pa četri, trakti izvietoti vienmērīgi visā valsts teritorijā vienādsānu trijstūru virsotnēs ar savstarpējo attālumu 4 km. Meža resursu monitoringa parauglaukumu ierīkošanas, uzmērīšanas un kamerālo darbu metodiku nosaka Latvijas Republikas Zemkopības ministrijas 2004. gada 17. marta instrukcija „Meža statistiskās inventarizācijas veikšanas un mežaudzes sekundāro parametru aprēķināšanas metodika”.

No kopējās datu bāzes veikta parauglaukumu atlase pēc sekojošiem kritērijiem:

1. Zemju kategorija. Tika atlasīti parauglaukumi, kas atrodas mežā.
2. Parauglaukuma platība. Tika atlasīti parauglaukumi, kuru vismaz 4/5 ( $\geq 400 \text{ m}^2$ ) atrodas mežā, lai no aprēķiniem neizslēgtu tos parauglaukumus, kuros atrodas meža infrastruktūras objekti (stigas, grāvji).
3. Valdošā suga. Tika atlasītas gan egļu tīraudzes, kurās egle ir 8 un vairāk sastāva vienības no I stāva krājas, gan arī, lai nodrošinātu plašāku datu materiālu un būtu iespējams tos pilnvērtīgāk salīdzināt, egļu mistraudzes, kurās egle ir 5 līdz 7 sastāva vienības no I stāva krājas.
4. Meža tips. Tika atlasītas audzes auglīgajos meža tipos: damaksnī, vērī, gāršā, šaurlapju un platlapju ārenī un kūdrenī.
5. Koku skaits. Tika atlasītas audzes, kurās ir vismaz  $100 \text{ koki ha}^{-1}$ .

Audzes produktivitātes raksturošanai izmantota audzes pirmā stāva krāja ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), savukārt audzes ražības raksturošanai - audzes pirmā stāva egļu krājas

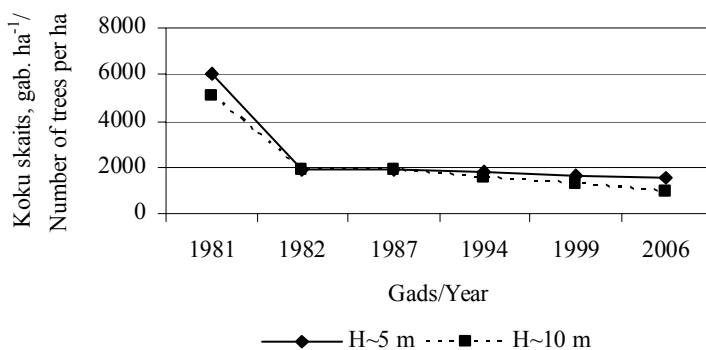
tekošais pieaugums pēdējo desmit gadu periodā ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  gadā). Jāpiezīmē, ka Meža resursu monitoringa gaitā patlaban tiek aprēķināts faktiskais potenciālais krājas tekošais pieaugums (Liepa 2008), neņemot vērā atmirumu un saimnieciskās darbības rezultātā izcirsto krāju.

Indikatoru sadalījuma tipa pārbaude veikta ar Kolmogorova-Smirnova testu. Audžu produktivitātes un ražības atšķirību būtiskuma analīzei izmantota vienfaktora dispersijas analīze ANOVA un t-tests neatkarīgu izlašu salīdzināšanai, formulējot sekojošu nulles hipotēzi  $H_0$ : produktivitātes vai ražības rādītājs (attiecīgi audzes pirmā stāva krāja vai krājas tekošais periodiskais pieaugums) analizētajās grupās (pēc augšanas apstākļiem, mežsaimniecībām, īpašuma formas, audzes izcelsmes) būtiski neatšķiras. Ražības un produktivitātes atkarība no kvantitatīviem faktoriem (koku skaita audzē, audzes vecuma) pārbaudīta ar lineārās regresijas analīzi. Egļu tīraudžu produktivitāte un ražība analizēta 60-100 gadus vecās audzēs.

### 3. Rezultāti un diskusija

#### 3.1. Vienvecuma egļu jaunaudžu augšanas gaita

Analizētajos pastāvīgajos parauglaukumos, kuros 5 m augsta jaunaudze izretināta līdz  $2\ 000 \text{ gab. ha}^{-1}$ , kociņu skaits sarucis tikai par  $300 \text{ gab. ha}^{-1}$  25 gadu laikā, audzes vidējam augstumam pieaugot no 5.5 m līdz 17.1 m, tātad par nepilniem 12 m (3.1. attēls). Svarīgi akcentēt, ka koki atmiruši tikai pēdējos gados.



3.1. att. Koku skaita izmaiņas pēc kopšanas (1982. g.) audzēs ar atšķirīgu sākotnējo augstumu

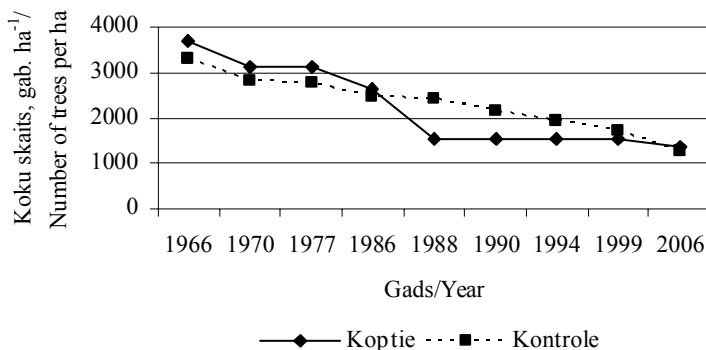
Fig. 3.1. The change in the number of trees after thinning (in 1982) in sample plots with different initial height

Desmit metru paraugkopā kociņu skaits samazinājies par 900 gab. ha<sup>-1</sup>. Starp paraugkopām vidējais caurmērs sākumā atšķirās par 4.1 cm, beigās par 2.1 cm; vidējais augstums sākumā atšķirās par 5.2 m (divkārt), beigās – par 1.2 m. Šķērslaukums piecu metru paraugkopā sākumā bija par 10 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> mazāks, taču beigās par 7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> 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 pa 15 parauglaukumiem svārstās robežās no 203 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> līdz 460 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; desmit metru paraugkopā – no 154 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> līdz 303 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Turklāt desmit metru paraugkopā krājas diference kļuvusi negatīva, un pēdējo 7 gadu laikā tā vidēji sarukusi par 18 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Abu paraugkopu vidējo aritmētisko (307 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> un 253 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) salīdzināšana liecina par to būtisku atšķirību augstā ticamības līmenī:  $t_{\text{fakt}} = 2.86 > t_{0.05; 28} = 2.05$ .

Šie rezultāti atkārtoti liecina par to, cik lietderīgi pavisam agri novērst koku savstarpējo konkurenci. No retām jaunaudzēm veidotās pieaugušās audzēs krāja cērtamā vecumā var sasniegt pat 700-800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Zālītis P, Lībiete Z., Zālītis T. 2006). 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 (Zālītis, Špalte 2001). Pētījuma rezultāti saskan ar Latvijas un ārvalstu zinātnieku izdarītajiem secinājumiem. Kaspars Bušs (1989) uzsvēris savlaicīgas kopšanas nepārvērtējamo nozīmi egļu kultūrās, norādot, ka pretējā gadījumā audzē saasinās konkurence, daļa koku tiek nospiesta starpaudzē, pazeminās eglīšu dzīvīgums un sākas pieauguma stagnācija. Arī lietuviešu zinātnieki atzīst, ka intensīva egļu audžu kopšana pēc iespējas agrākā vecumā samazina pašizretināšanos, stabilizē audzi un nodrošina lielāku krāju nākotnē. Noskaidrots, ka lielākais tekošais pieaugums panākams, audzi izretinot līdz 1 200-2 400 kociņiem uz hektāra, turklāt retākās audzēs krājas tekošais pieaugums ir ievērojami lielāks (Kuliešis, Saladis, 1998). Arī Urbans Nilsons (1994) atzīst, ka savstarpējā konkurence biežā egļu kultūrā ievērojami samazina gan caurmēra, gan augstuma pieaugumu. Lietuviešu pētījumi pierādījuši, ka lielākais caurmērs, augstums, krājas tekošais pieaugums un krāja 39 gadus vecā egļu audzē tiek sasniegta, ja sākotnējais koku skaits uz 1 ha ir bijis ~ 2 000 gab., bet mērīšanas laikā – ap 1 500 gab.. Ja koku skaits uz 1 ha sākotnēji pārsniedzis 3 000, audzē samazinās koku vidējais caurmērs, vidējais augstums un krājas tekošais pieaugums, savukārt, ja koku skaits sākotnēji bijis ap 900 gab. ha<sup>-1</sup>, audzē ir ievērojami lielāks koku vidējais caurmērs, bet mazāks vidējais augstums, šķērslaukums, krājas tekošais pieaugums un krāja (Kairiūkštis, Malinauskas 2001). Arī Somijā noskaidrots, ka koku skaits uz ha būtiski ietekmē gan caurmēru, gan krāju, un rekomendēts egļu kultūras sugai piemērotās platībās ierīkot ar 1 500-1 800 kokiem uz 1 ha (Hannelius 1978).

Bijušajā pārejas purvā ierīkotajās kultūrās ar 3-4 tūkst. gab. ha<sup>-1</sup>, audzes koptajā daļā kociņu atmiršana notiek visai līdzīgi (3.2. attēls), arī šajā gadījumā koku skaits ilgu laiku saglabājas nemainīgs un samazināties sācis tikai pēdējos gados.



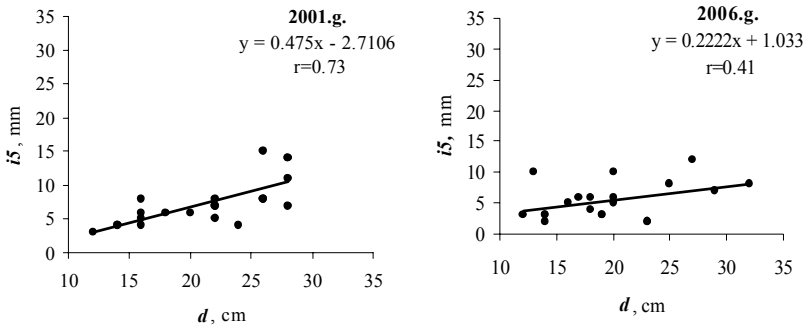
### 3.2. att. Koku skaita izmaiņas nosusinātā pārejas purvā koptos (1988. g.) un kontroles parauglaukumos

Fig. 3.2. The changes in the number of trees in thinned (in 1988) and control sample plots in the drained transition bog

Visos 34 parauglaukumos kopīgs ir tas, ka, neatkarīgi no apsaimniekošanas režīma, kociņu skaits samērā retās 17 m augstās jaunaudzēs vidēji ir apmēram 1 500 gab. ha<sup>-1</sup>, kas visticamāk ir vienvecuma egļu tīraudzū pašizretināšanās robeža līdz 20 m augstumam. Ar šo likumsakarību jāreķinās, ierīkojot egļu meža plantācijas, un to lietderīgi ņemt vērā, kopjot 2-5 m augstas egļu kultūras.

Augšanas gaitas svarīgākais raksturotājs ir kokaudzes krājas uzkrāšanās dinamika. Krājas uzkrāšanās visstraujāk notiek 12-17 m augstās audzēs, kad 10 gados nereti uzkrājas 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Novērots, ka nereti krājas pieaugums krasi samazinās vai kļūst negatīvs aptuveni tad, kad audzē uzkrājušies 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, un audzes vecums sasniedzis 35 gadus. Kokaudzes, kuru krāja nepalielinās, mežsaimnieciskā aspektā vērtējamās kā brūkošas, to ražību paaugstināt nav iespējams un tās būtu nocērtamas, kamēr šajās audzēs uzkrātā ievērojamā krāja nav zaudējusi savu kvalitāti.

Atkārtoti mērījumi 1963. gadā ierīkotajos pastāvīgajos parauglaukumos liecina par kokaudzes augšanas potenciāla pakāpenisku pasliktināšanos: pirms 10 gadiem audze bija ražīga un veselīga (1. grupa), pirms 5 gadiem (2001. gadā) audze atbilstoši augšanas potenciālam novērtēta kā paaugstināta riska audze (2. grupa), bet 2006. gadā tā atbilst brūkošu, tātad bezperspektīvu audžu grupai (3. grupa) (3.3. att.).



**3.3. att. Sakarības starp egļu caurmēru (d) un pēdējo 5 gadskārtu kopplatumu ( $i_5$ ) 2001. gadā un 2006. gadā.**

**Fig. 3.3. Correlation between spruce breast-height diameter (d) and total width of last 5 annual rings ( $i_5$ ) in 2001 and 2006**

Svarīgi atzīmēt, ka koku skaits šajā audzē sākotnēji bijis lielāks par 2 500 gab. ha<sup>-1</sup>, turklāt tā izretināta tikai 25 gadu vecumā, kad tās vidējais augstums jau pārsniedzis 12 m. Nelielā starpība starp vidējo caurmēru, augstumu un krājas diferenci koptajos un kontroles parauglaukumos apliecina to, ka kopšanas cirte veikta novēloti un maz ietekmējusi atstāto koku tālāko attīstību. Tādējādi iegūtie rezultāti saskan ar Edvīna Špaltes un Pētera Zālīša agrāk izdarīto secinājumu, ka egļu jaunaudžu izretināšana pēc tam, kad tā pārsniegusi 10 m augstumu, vairs pozitīvi neietekmē atlikušās audzes daļas augšanu (Špalte, Zālītis 2001).

Arī mērījumi divos citos pastāvīgi pārmērītos objektos apstiprina šīs likumsakarības. 104. kvartāla objektā laika posmā no 1988. līdz 1994. gadam krājas uzkrāšanās temps gan koptajos, gan kontroles parauglaukumos sasniedzis ap 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā, savukārt pēdējos gados produktivitāte krasi samazinājusies, krājas diferencei kļūstot negatīvai. Audzes sākotnējais kociņu skaits pārsniedzis 3 000 gab. ha<sup>-1</sup>, tā kopta 24 gadu vecumā, kad audzes vidējais augstums bijis lielāks par 12 m. Audzes vidējais caurmērs un augstums koptajā un kontroles daļā ir visai līdzīgs.

Kaspars Bušs (1989) norādījis, ka pārbiezinātās audzēs labi atšķirama kociņu diferenciācija sākas jau ceturtajā līdz sestajā dzīves gadā. Ļoti iespējams, ka koku savstarpējā asā konkurence agrā jaunībā atstājusi negatīvas sekas uz krājas uzkrāšanās tempu nākotnē.

Šā pieņēmuma loģiku apliecina arī krājas diferences analīze 147. kvartāla objektā. Audze izkopta, kad tās vidējais augstums vēl bijis mazāks par 2 m. Laikā no 1997. gada līdz 2006. gadam kokaudzes krāja vidēji palielinājusies par 16-19 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā, arī pēdējā pārmērījumu periodā visos

parauglaukumos saglabājas pozitīva krājas diference. Kopšanas brīdī audze bijusi septiņus gadus veca.

Nosusinātajos mežos augošajās augstražīgajās egļu audzēs bērza piemistrojuma saglabāšana nav vēlama. 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 agresīva egles ieviešanās. Bērzs vairs neiederas kokaudzes sastāvā un tas, kļūvis par traucēkli eglišu augšanai, izvēcams no meža.

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 gadus vecus purva bērzus (ap 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), kuri augstumā (17.0 m) pārsniedza gan priedi, gan egli. Tā rezultātā audzes kopkrāja samazinājās no 211 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> līdz 113 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, un audzes sastāvs atbilda 6E4P. 2006. gadā audzes kopkrāja ir 366 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ar sastāvu 8E2P. Nogabala līdzšinējā produkcija tādējādi novērtējama kā 464 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Blakus parauglaukumā E-6 (kontrolē) bērzi netika izcirsti. Bērzu krāja 25 gadu laikā būtiski nav mainījusies (ap 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), un, kokiem atmirstot (to pašreizējais vecums 120 gadu), valdaudzes bērzu skaits samazinājies no 510 gab. ha<sup>-1</sup> līdz 180 gab. ha<sup>-1</sup>. 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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, un egles krāja šeit ir par 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mazāka nekā parauglaukumā E-5, kur bērzus izcirta.

Vesetnieku stacionāra mežos šaurlapju kūdrenī analizēta meža augšana divos nogabalos, kuros ierīkoti pa divi parauglaukumi – viens kontrolei, bet otrā 1982. gadā izcirsti visi aptuveni 40 gadus veci purva bērzi, kuru vidējais augstums sasniedza 12 m. Otrā stāva un paaugas eglišu kopskaits bija relatīvi neliels un pa parauglaukumiem svārstījās 700-800 gab. ha<sup>-1</sup> robežās, nesasniedzot pat 1 000 gab. ha<sup>-1</sup>, kas tika uzskatīts par robežlielumu.

Visi parauglaukumi trīs reizes pārmērīti. Uzskatāmu informāciju par kokaudzes transformēšanos sniedz parauglaukumu salīdzinājums 1982. gadā un 2006. gadā (3.1. tabula).



**Kokaudzes sastāva un krājas salīdzinājums 1982. un 2006. gadā  
parauglaukumos E-14, E-15, E-16 un E-17**  
**The comparison of stand composition and standing volume in 1982 and 2006  
in sample plots E-14, E-15, E-16 un E-17**

	Kokaudzes sastāvs/ Stand composition		Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> / Standing volume, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	
	1982.g.	2006.g.	1982.g.	2006.g.
Parauglaukums E-14	9B1P+E	4E4B2P	94	182
Parauglaukums E-15	6B3P1E	6E4P	103	211

1982. gadā izcirsto bērzu apjoms 61 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>/

The volume of birches removed in 1982 61 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

Parauglaukums E-16	6B3P1E	4E3P3B	119	233
Parauglaukums E-17	7B2E1P	7E3P	123	246

1982. gadā izcirsto bērzu apjoms 84 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>/

The volume of birches removed in 1982 84 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

Kopš eksperimenta uzsākšanas pagājuši 25 gadi, un 1986. gadā izstrādātā modeļa ticamība apstiprinājusies pilnībā; iecerētie rezultāti turklāt sasniegti ar mazāku eglišu skaitu par 1 000 gab. ha<sup>-1</sup>. Kontroles parauglaukumos (E-14, E-16) 16 m augstu bērzu krāja joprojām saglabājusies 70-80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> apjomā, taču šajos parauglaukumos audžu kopkrāja ir par 40-50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mazāka nekā tajos parauglaukumos, kur visi bērzi izvākti, iegūstot 60-80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> papildus kokmateriālu.

Eksperimenta rezultāti saskan ar citu pētnieku atziņām par mīksto lapu koku piemistrojuma negatīvo ietekmi uz skuju koku audžu ražību. Modelējot egļu-bērzu mistraudžu ražību atkarībā no bērzu īpatsvara Igaunijā, Kalevs Jogiste noskaidrojās, ka bērza piemistrojums negatīvi ietekmē abu sugu caurmēra pieaugumu, un audzes ražība pieaug, samazinoties bērza īpatsvaram audzē (Jōgiste 1998). Analizējot datus par 2 368 egļu tīraudzēm un mistraudzēm Latvijā, secināts, ka katra bērza piemistrojuma sastāva vienība audzes kopējo krāju pazemina par 5-6% (Kraštinš 1981). Baltkrievu zinātnieki, pētot audžu tekošā pieauguma likumsakarības 37 gadus vecās egļu-bērzu mistraudzēs, secinājuši, ka bērzu izvākšana egļu krājas tekošo pieaugumu palielina par 30% (Кожевников, Феофилов 1972). Ļoti kategoriski pret mīksto lapu koku piemistrojuma saglabāšanu skuju koku audzēs savulaik iestājies Kaspars Bušs, uzsverot, ka tas ievērojami samazina krāju un krājas pieaugumu, pazemina iegūstamo kokmateriālu kvalitāti, kā arī samazina audzes vēja noturību (Буш, Иевинь 1984, Буш 1989, Буш 1989). Arī Pēteris Zālītis, pētot nosusināto mežu pašregulāciju no hidroloģiskā aspekta, secinājis, ka bērza piemistrojuma saglabāšana nosusinātās skujkoku audzēs vērtējama kā mežsaimnieciska kļūda (Залитис 1982). Toms Zālītis, analizējot Latvijas mežu resursu monitoringa datus, secinājis, ka bērza

piemistrojums egļu audzēs negatīvi ietekmē audzes krāju, salīdzinot ar tīraudzēm (Zālītis T. 2008).

### 3.2. Egļu jaunaudzū un vidēja vecuma audžu augšanas potenciāls

Atbilstoši analīzes rezultātiem, astoņās AS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecībās kopā par bezperspektīvām uzskatāmas 2 508 audzes, kuru kopējā krāja – 1.25 miljoni m<sup>3</sup>. Vidējā nogabala krāja šajā audžu grupā bija 291 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Atšķirīgu augšanas potenciāla grupu audzes pa mežsaimniecībām sadalās dažādi. (3.2. tabula)

3.2. tabula/ Table 3.2.

**Atšķirīgu augšanas potenciāla grupu egļu jaunaudzū īpatsvars pa AS „LVM” mežsaimniecībām**  
**The proportion of spruce stands of different growth potential groups in regional forestries of „LVM”**

Mežsaimniecība/ Regional forestry	Audžu īpatsvars, %/ The proportion of stands, %			Vidējais augšanas potenciāla grupas rādītājs/ Mean indicator of the growth potential group
	1. grupa/ Group 1	2. grupa/ Group 2	3. grupa/ Group 3	
Ziemeļkurzeme	37.4	59.2	3.4	1.66
Dienvidkurzeme	33.0	50.9	16.1	1.83
Zemgale	42.9	51.4	5.7	1.63
Vidusdaugava	6.8	78.3	14.9	2.08
Rietumvidzeme	21.2	71.0	7.8	1.87
Austrumvidzeme	13.1	66.0	20.9	2.08
Ziemeļlatgale	20.6	66.7	12.7	1.92
Dienvidlatgale	35.9	60.3	3.8	1.68

Augšanas potenciāla atšķirības dažādu mežsaimniecību egļu jaunaudzēs nevar uzskatīt par nejaušību. Pārdalot Latvijas teritoriju pa iedomātu līniju Rīga-Bauska, ko bieži lieto ekoloģiskajos pētījumos, iegūst divus reģionus: Rietumlatviju (Ziemeļkurzemes, Dienvidkurzemes un Zemgales mežsaimniecība) un Austrumlatviju (Rietumvidzemes, Austrumvidzemes, Vidusdaugavas, Ziemeļlatgales un Dienvidlatgales mežsaimniecība). Egļu jaunaudzū augšanas potenciāls minētajos reģionos būtiski atšķiras. Rietumlatvijā 8% no visām analizētajām audzēm izrādījās neperspektīvas, Austrumlatvijā šis rādītājs ir 14%. Rietumlatvijā par perspektīviem var tikt uzskatīti 48% analizēto nogabalu, Austrumlatvijā – tikai 19%.

Audzū taksācijas rādītāju vidējās vērtības atšķirīgās augšanas potenciāla grupās daļēji izskaidro šo grupu rašanos (3.3.tabula).

**Taksācijas rādītāju vidējās vērtības audzēs ar atšķirīgu  
augšanas potenciālu (355 „LVM” nogabali)**  
**Mean values of stand parameters in stands of different growth potential  
groups (355 compartments of „LVM”)**

Audzū taksācijas rādītājs/ Stand parameter	1. grupa/ Group 1	2. grupa/ Group 2	3. grupa/ Group 3
Nogabalu skaits/ Number of compartments	118	207	30
Vidējais caurmērs, cm/ Mean diameter, cm	16.4	17.4	19.2
Vidējais augstums, m/ Mean height, m	16.0	18.4	19.4
Vidējais vecums, gadi/ Mean stand age, years	34	38	40
Vidējā krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> / Mean standing volume, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	219	262	291
Vidējais šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> / Mean basal area, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	24.6	26.6	29
Vidējais krājas tekošais pieaugums, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> gadā/ Mean current annual volume increment, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> a year	16.6	12.6	10.6
Vidējais krājas tekošais pieaugums, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> gadā/ Mean current annual volume increment, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a year	0.69	0.47	0.36

Trešās grupas audzes ir nedaudz vecākas nekā pirmās grupas audzes. Visticamāk, trešās grupas audzes izveidojušās no pārbiezinātām otrās – paaugstināta riska grupas - audzēm. Lielākā krāja un lielākais šķērslaukums ir trešās grupas audzēs, kas apliecina to kādreizējo augsto ražīgumu. Taču krājas tekošais pieaugums, kas samazinās no 16.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā pirmās grupas audzēs līdz 10.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā trešās grupas audzēs, apliecina, ka augstā ražīguma periods trešās grupas audzēs ir beidzies. Šī tendence ir vēl uzkrītošāka, salīdzinot krājas tekošo pieaugumu uz vienu audzes šķērslaukuma kvadrātmetru. Patlaban katrs audzes šķērslaukuma kvadrātmetrs pirmās grupas audzēs ražo divreiz vairāk koksnes nekā trešās grupas audzēs.

No analizētajiem 75 Meža resursu monitoringa parauglaukumiem lielākais vidējais caurmērs ir pirmās un trešās grupas audzēs (ļoti līdzīgas vērtības), bet lielākais vidējais augstums – trešās grupas audzēs. Trešās grupas audzēs ir uzkrāta arī lielākā vidējā krāja, taču, līdzīgi kā iepriekš analizētajos AS „LVM” nogabalos, augstā ražīguma periods ir beidzies, un, salīdzinot krājas tekošo pieaugumu, redzams, ka trešās grupas audzēs tas ir gandrīz uz pusi mazāks nekā pirmās grupas audzēs. Arī krājas tekošais

pieaugums uz 1 šķērslaukuma kvadrātmetru trešās grupas audzēs ir ievērojami mazāks nekā pirmās grupas audzēs (3.4. tabula).

3.4. tabula/ Table 3.4.

**Taksācijas rādītāju vidējās vērtības audzēs ar atšķirīgu  
augšanas potenciālu (75 MRM parauglaukumi)**  
**Mean values of stand parameters in stands of different growth potential  
groups (75 FRM sample plots)**

Audzū taksācijas rādītājs/ Stand parameter	1. grupa/ Group 1	2. grupa/ Group 2	3. grupa/ Group 3
Parauglaukumu skaits/ Number of sample plots	6	57	12
Vidējais caurmērs, cm/ Mean diameter, cm	18.9	16.7	18.4
Vidējais augstums, m/ Mean height, m	15.3	16.6	19.2
Vidējais vecums, gadi/ Mean stand age, years	35	37	39
Vidējā krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> / Mean standing volume, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	201.9	238.7	250.3
Vidējais šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> / Mean basal area, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	30.0	29.6	26.9
Vidējais krājas tekošais pieaugums, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> gadā/ Mean current annual volume increment, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> a year	18.1	12.5	11.0
Vidējais krājas tekošais pieaugums, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> gadā/ Mean current annual volume increment, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a year	0.60	0.42	0.41

Lai gan krājas tekošā pieauguma vērtības var šķist samērā augstas pat trešās grupas audzēs, tomēr tās atspoguļo tikai audzes ražību, nevis produktivitāti, kas no saimnieciskā aspekta ir nozīmīgāks rādītājs. Jāuzsver, ka augšanas potenciāla novērtēšanas metodika izstrādāta, izsekojot krājas uzkrāšanās dinamikai pastāvīgajos parauglaukumos ilgtermiņā, un atšķirīgu grupu indikatori izraudzīti, vadoties tieši no audžu reālās produktivitātes (krājas diferences) vērtībām. Nereti audzēs, kurās vidējais krājas tekošais pieaugums joprojām saglabājas ap 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā, krājas uzkrāšanās vairs nenotiek, jo sākas pastiprināta koku atmiršana un strauja gadskārtu platuma samazināšanās tieši audzes resnākajiem, vērtīgākajiem kokiem, kaut gan tievie koki, kuru augšanas telpa pašizretināšanās rezultātā palielinās, iespējams, sāk pieaugt straujāk. Šis aspekts ņemts vērā, izstrādājot augšanas potenciāla novērtēšanas metodiku.

Augšanas potenciāla vidējais rādītājs 1.84 par 355 nogabaliem liecina, ka 1. grupas audžu ir vairāk nekā 3. grupas audžu. Tomēr šie skaitļi ir aprēķināti, izmantojot grupu numerācijas ciparus – 1., 2. un 3., un tie ir maz piemēroti augšanas potenciāla detalizētākai analīzei, pielietojot biometrijas metodes. Tādēļ svarīgi izstrādāt vienu viegli aprēķināmu skaitlisku rādītāju, kas iespējami objektīvi raksturotu ikviena nogabala augšanas potenciālu.

Gadskārtu vidējais platums kā audzes ražības rādītājs nenoliedzami satur ļoti vērtīgu informāciju un to ir lietderīgi izmantot kā pamatrādītāju. Šo rādītāju iespējams koriģēt, reizinot to ar koeficientu  $a$  vai koeficientu  $r$ . Abi šie koeficienti savstarpēji cieši korelē ( $r = 0.81$ ) un abi lielāki ir perspektīvākās audzēs; to vērtības samazinās, pasliktinoties augšanas potenciālam.

Tā kā koeficients  $a$  ir vienīgi izlīdzinātas regresijas taisnes slīpuma rādītājs, bet koeficients  $r$  raksturo gan gadskārtu platuma un koku caurmēra regresijas taisnes slīpumu, gan arī gadskārtas platuma atšķirības vienāda resnuma kokiem, tieši korelācijas koeficients  $r$  tika izmantots kā reizinātājs gadskārtas vidējā platuma  $i$  (mm) koriģēšanai. Tā kā  $r < 1.0$ , rādītājs  $i \times r$  vienmēr būs mazāks par  $i$ , un brūkošās audzēs pie  $r = 0$  arī augšanas potenciāla rādītājs  $i \times r = 0$ . Mērījumi liecina, ka iespējams arī  $r < 0$ , taču reti. Atbilstoši izvēlētajiem robežlielumiem 3. grupas audzēs, kur  $i < 2.0$  mm un  $r < 0.60$ , rādītājs  $i \times r$  nevar pārsniegt 1.2 mm. Savukārt 1. grupas audzēs  $i \times r$  vienmēr būs lielāks par 1.2 mm. Līdz ar to paveras iespēja izstrādāt vienu skalu egļu audzes vitalitātes raksturošanai – jo lielāks ir rādītājs  $i \times r$ , jo ražīgāka un veselīgāka ir audze.

Šā apsvēruma pareizību apliecina rādītāja  $i \times r$  statistika ikvienas grupas ietvaros (3.5. tabula). Svarīgi īpaši akcentēt biometriskās īpatnības  $i \times r$  sadalījumos pa grupām. Pirmajā grupā nenoliedzami ir relatīvi augsta sadalījuma kreisā asimetrija ( $A = 1.94$ ), kas liecina, ka sadalījuma grafiks ir novirzīts pa kreisi. Trešajā grupā ir vērojama negatīva labā asimetrija ( $A = -0.57$ ), liecinot, ka pārsvarā ir lielākās vērtības. Turpretī otrās grupas sadalījums ir visai simetrisks ( $A = 0.18$ ) un aritmētiskais vidējais ( $i \times r = 1.18$  mm) praktiski sakrīt ar mediānu (1.19 mm).

**Augšanas potenciāla rādītāja  $\bar{x}$ r statistika analizētajās  
mežsaimniecībās (355 nogabali)**  
**Statistical description of the growth potential index  $\bar{x}$ r in the analyzed  
regional forestries (355 compartments)**

Statistiskie rādītāji/ Statistical index	$\bar{x}$ r			
	1.grupa/ Group 1	2.grupa/ Group 2	3.grupa/ Group 3	Kopā/ All
Vidējais aritmētiskais/ Mean	2.16	1.18	0.53	1.30
Reprezentācijas kļūda/ Standard error	0.07	0.03	0.04	0.03
Mediāna/ Median	2.02	1.19	0.57	1.25
Standartnovirze/ Standard deviation	0.52	0.34	0.23	0.55
Dispersija/ Sample variance	0.27	0.12	0.06	0.30
Ekscess/ Kurtosis	4.17	0.44	0.33	-0.03
Asimetrija/ Skewness	1.94	0.18	-0.57	0.42
Minimums/ Minimum	1.55	0.25	-0.06	0.09
Maksimums/ Maximum	4.04	2.31	0.94	3.09
Ticamības līmenis (95.0%)/ Confidence level (95.0%)	0.13	0.05	0.09	0.07

Šo likumsakarību skaitliskais, kā arī grafiskais raksturojums uzskatāmi apliecina, ka visas trīs grupas ir viena varbūtību sadalījuma (normālā sadalījuma) sastāvdaļas, un pirmā grupa, kā arī trešā grupa ir šā sadalījuma galējās vērtības. Arī analizētajos 75 MRM parauglaukumos apstiprinās šī pati likumsakarība.

Rādītāja  $\bar{x}$ r empīriskās vērtības svārstās visai plašās robežās: maksimālā vērtība ir +4.04 mm (1. grupa) un minimālā vērtība ir -0.06 mm (3. grupa). Šīs galējās vērtības tomēr uzskatāmas par unikālām ar pārmērīgi lielām novirzēm no paraugkopu aritmētiskā vidējā. Īpaši izstiepts sadalījums ir 1. grupas paraugkopā, kurā iekļaujas dažas sevišķi ražīgas un veselīgas audzes. Šo audžu rādītāja  $\bar{x}$ r nobīdes no aritmētiskā vidējā krietni vien pārsniedz divu standartnoviržu intervālu:  $\bar{x}r + 2s = 2.16 + 1.04 = 3.20$  (mm). Šādas pozitīvas novirzes raksturīgas izcili labām audzēm, un to augšanas potenciāls neizraisa sarežģījumus to apsaimniekošanā. Analizētajos 75 Meža resursu monitoringa parauglaukumos skaitliskais augšanas potenciāla rādītājs svārstās robežās no 0.3 (trešā grupa) līdz 2.2 (pirmā grupa) mm. Šīs svārstības ir ievērojami mazākas nekā AS „LVM” analizētajās 355 audzēs un to nobīdes no aritmētiskā vidējā iekļaujas divu standartnoviržu intervālā.

Robežas starp blakus grupām nav strikti fiksētas. Pētījuma mērķa kontekstā robeža starp pirmās un otrās grupas audzēm ir samērā mazsvarīga, jo labāko otrās grupas audžu augšanas potenciāls līdzinās sliktāko pirmās grupas

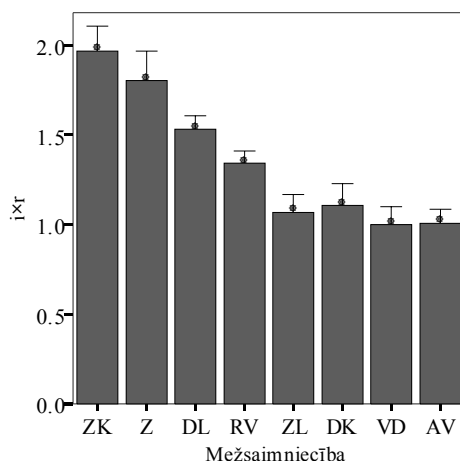
audžu augšanas potenciālam, un tās visas apsaimniekojamas līdzīgi. Savukārt trešās grupas audzes uzskatāmas par bezcerīgi sabrūkošām, un tuvākajā laikā būtu lietderīga to nociršana kailcirtē, tādēļ nepieciešama strikta robeža starp otrās un trešās grupas audzēm.

Saistībā ar 3. grupas audžu  $i \times r$  koeficienta empīrisko sadalījumu šī robeža noteikta kā trešās grupas audžu koeficienta maksimālā vērtība – 0.7 mm. Pie šādas robežvērtības no 2. grupas audzēm, kuras identificētas saistībā ar trīs izmantojamiem rādītājiem –  $i$ ,  $a$ ,  $r$  –, 4% pāriet no 2. grupas uz 3. grupu. Tas ir pieļaujams risks, jo visticamāk uz 3. grupu analītiski pāriet patlaban vājākās 2. grupas audzes, kuru augšanas potenciāls tuvākajos gados arī dabā pasliktināsies līdz 3. grupas potenciālam. Analizētie dati pastāvīgajos parauglaukumos norāda uz to, ka vienvecuma egļu audžu augšanas potenciāls laika gaitā nemitīgi pasliktinās, un nav novērotas tādas audzes, kas no 3. grupas pārietu uz 2. grupu.

No analizētajiem 75 MRM parauglaukumiem trešajā grupā ieskaitāmas 12 audzes jeb 16% no analizēto audžu kopskaita. Šajā gadījumā trešās grupas audžu ir divas reizes vairāk nekā pirmās grupas audžu.

Aprēķinu rezultāti par skaitliskā koeficienta  $i \times r$  empīriskā sadalījuma atbilstību normālajam sadalījumam norāda, ka atšķirīga augšanas potenciāla audžu sastopamība ir egles kā koku sugas pastāvēšanas forma Latvijā, ar ko mežsaimniekiem jārēķinās savā praktiskajā darbībā. Uzskats, ka vienvecuma egļu audze sabrūk, daudzos gadījumos var nesakrist ar egļu audzes centieniem izveidot saliktu dažādvecuma un vairākstāvu audzi. Tieši šādas egļu audzes Latvijas apstākļos uzskatāmas par dabiskām, kaut arī to taksēšanai, mērķtiecīgai apsaimniekošanai un ciršanai joprojām nav izstrādāti atbilstoši normatīvi.

Salīdzinot augšanas potenciāla rādītāja  $i \times r$  vidējās vērtības pa mežsaimniecībām 355 AS „LVM” egļu tīraudzēs, noskaidrots, ka pastāv būtiskas atšķirības starp Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes (vienfaktora dispersijas analīzes  $p$ -vērtība 0.001), Ziemeļkurzemes un Vidusdaugavas ( $p = 0.000$ ), Ziemeļkurzemes un Rietumvidzemes ( $p = 0.024$ ), Ziemeļkurzemes un Austrumvidzemes ( $p = 0.000$ ), Ziemeļkurzemes un Ziemeļlatgales ( $p = 0.000$ ), Zemgales un Dienvidkurzemes ( $p = 0.025$ ), Zemgales un Vidusdaugavas ( $p = 0.000$ ), Zemgales un Austrumvidzemes ( $p = 0.000$ ) un Zemgales un Ziemeļlatgales ( $p = 0.004$ ) mežsaimniecībām. Lielākās augšanas potenciāla rādītāja vērtības ir Ziemeļkurzemes un Zemgales mežsaimniecībās (3.4. attēls).



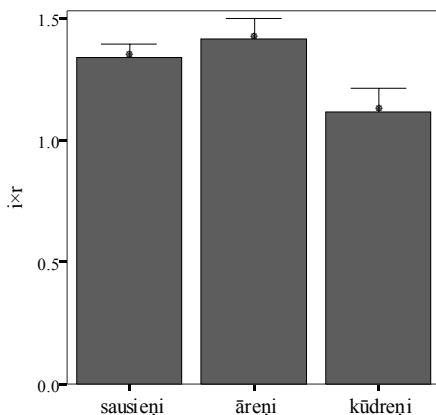
**3.4. att. Skaitliskā augšanas potenciāla rādītāja ixr vidējās vērtības un to reprezentācijas kļūdas pa mežsaimniecībām (355 „LVM” nogabali)**  
**Fig. 3.4. Mean values and standard errors of the growth potential index ixr in 8 regional forestries (355 compartments of „LVM”)**

Vidēji zemākas augšanas potenciāla vērtības no Meža resursu monitoringa datiem atlasītajos parauglaukumos saistītas ar šo parauglaukumu lokalizāciju dabā. Abās mežsaimniecībās, kurās atbilstoši iepriekš analizētajiem AS „LVM” mežos veikto mērījumu rezultātiem lokalizējas egļu tīraudzes ar augstāko augšanas potenciālu (Ziemeļkurzemes un Zemgales), kopā atrodas tikai deviņi no 75 MRM parauglaukumiem. Tomēr, apstiprinot iepriekš secināto, Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā nav sastopamas trešās grupas (bezperspektīvās) audzes. Lielākais skaits MRM parauglaukumu (16) lokalizējas Rietumvidzemes mežsaimniecībā, kurā, kā noskaidrots iepriekš, egļu tīraudžu augšanas potenciāls ir viduvējs, un Austrumvidzemes mežsaimniecībā (15 parauglaukumi), kurā šis rādītājs vidēji ir viens no zemākajiem.

Nav pamata noraidīt pieņēmumu, ka egļu jaunaudzņu augšanas potenciāls ir atkarīgs no augšanas apstākļiem. Zemākais augšanas potenciāls raksturīgs audzēm kūdreņos. Statistiski lielākā augšanas potenciāla starpība ir starp audzēm āreņos un audzēm kūdreņos (t-testa p-vērtība 0.042), taču arī starp audzēm sausieņos un audzēm kūdreņos pastāv statistiski būtiskas augšanas potenciāla atšķirības (t-testa p-vērtība 0.046) (3.5.attēls). Kaspars Bušs (1972) novērojis egļu audžu sabrukšanas pazīmes 60-70 gadus vecās augstražīgās egļu audzēs uz eitrofām nosusinātām augsnēm. Arī Pēteris Zālītis (1967) secinājis, ka auglīgajos nosusinātajos meža tipos, kur skujkoku audžu ražība ir augsta, egles bieži tiek vēja izšūpotas, tiek aprautas to saknes, krasi samazinās koku pieaugums, nereti



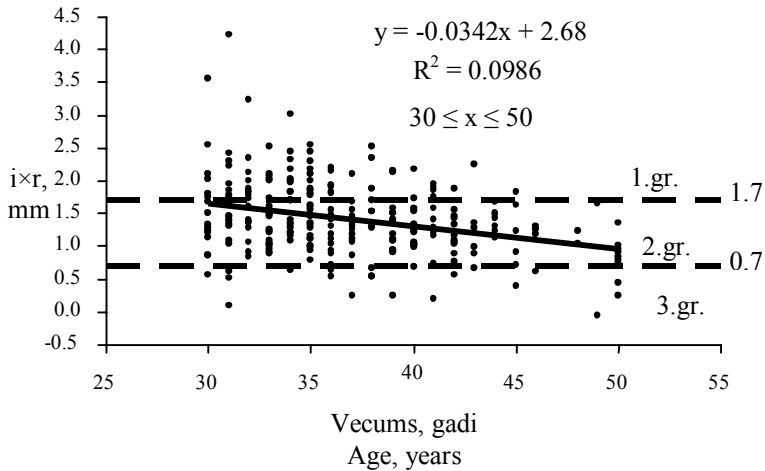
vērojama pat to nokalšana. Tomēr šajā gadījumā ar augšanas apstākļiem vien augšanas potenciāla pazemināšanos izskaidrot nav iespējams, jo samazināts augšanas potenciāls raksturīgs arī audzēm sausieņu mežos, turklāt, kā liecina šī pētījuma dati, āreņos augošajām egļu audzēm skaitliskais augšanas potenciāla rādītājs vidēji ir visaugstākais.



**3.5. att. Skaitliskā augšanas potenciāla rādītāja ixr vidējās vērtības un to reprezentācijas kļūdas pa augšanas apstākļiem (355 „LVM” nogabali)**  
**Fig. 3.5. Mean values and standard errors of the growth potential index ixr in different site types (355 „LVM” compartments; from left to right: forests on dry mineral soils, forests on drained mineral soils, forests on drained peat soils)**

Arī no MRM datu bāzes atlasītajos 75 parauglaukumos augstākais augšanas potenciāls konstatēts audzēm āreņos, lai arī atšķirības nebija statistiski būtiskas. Jāatzīmē, ka kūdreņos atradās tikai trīs no analizētajiem parauglaukumiem.

Sākotnēji pārbiezinātu egļu tīraudžu augšanas potenciāls ar laiku samazinās, un pēc 45 gadu vecuma pirmās grupas audzes vairs nav sastopamas (3.6.attēls).



**3.6. att. Egļu tīraudžu augšanas potenciāls atkarībā no audzes vecuma (355 „LVM” nogabali)**

**Fig. 3.6. Growth potential of pure spruce stands depending on stand age (355 compartments of „LVM”)**

Nav gan pamata apgalvot, ka atbilstoši koptas, veselīgas audzes, kas patlaban ir 30-40 gadus vecas, sasniedzot 45 gadu vecumu, katrā ziņā zaudēs ražību. Svarīgi arī uzsvērt, ka bezperspektīvas audzes ir atrodamas visā analizētajā vecuma intervālā no 30 līdz 50 gadiem. Tas atkārtoti vedina domāt, ka egļu audzes Latvijā būtu lietderīgāk apsaimniekot atbilstoši to reālajam augšanas potenciālam, nevis pašreizējos normatīvajos aktos noteiktajam cirtmetam.

Rezultāti 75 MRM parauglaukumos apstiprina iepriekš secināto – līdz ar vecumu augšanas potenciāls samazinās, lai arī sakarība ir nedaudz vājāka nekā AS „LVM” analizētajās audzēs. Tomēr bezperspektīvās audzes arī šajā gadījumā ir sastopamas visā analizētajā vecuma intervālā.

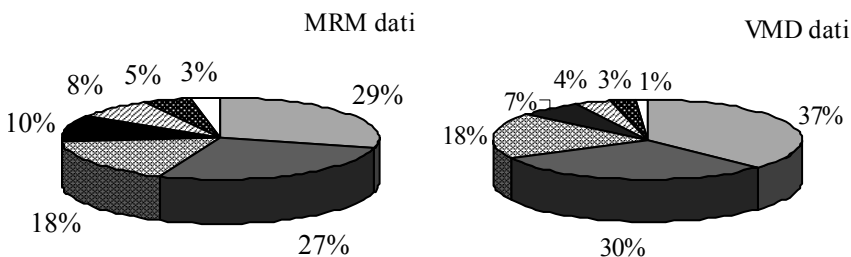
Tika pārbaudīts, vai starp augšanas potenciāla skaitlisko rādītāju  $ixr$  valsts un privātajos mežos pastāv būtiskas atšķirības. Analīzes rezultāti šādu pieņēmumu neapstiprināja (t-testa neatkarīgām izlasēm p-vērtība 0.926). Tātad 30-50 gadus vecas egļu jaunaudzes valsts un privātajos mežos pieder pie vienas ģenerālkopas.

Augšanas potenciāla analīzes rezultāti gan 355 AS „LVM” apsaimniekotajos nogabalos, gan 75 parauglaukumos, kas atlasīti no Meža resursu monitoringa datu bāzēm un reprezentē gan valsts, gan privātos mežus, skaidri apliecina, ka ir nepieciešams pārskatīt pašreiz spēkā esošos normatīvus, kas attiecināmi uz egļu mežu apsaimniekošanu. Egļu tīraudzes, kuras pašlaik sasniegušas 30-50 gadu vecumu, izveidotas laikā, kad normatīvi paredzēja meža atjaunošanu ar ievērojami lielāku kociņu skaitu uz ha nekā patlaban. Ierīkotās

biezās jaunaudzēs daudzos gadījumos netika arī savlaicīgi izkoptas – zinātniski pamatoti argumenti par agrīnās kopšanas izšķirošo lomu audzes turpmākajā attīstībā Latvijas zinātniskajā literatūrā parādījās tikai iepriekšējā gadsimta pēdējā desmitgadē. Šīs jaunībā spēcīgas savstarpējās konkurences novājinātās audzes ir iepriekšējo desmitgadu laikā pieļauto kļūdu rezultāts, problēma, kas speciālistiem jārīšina šodien.

### 3.3. Latvijas egļu tīraudžu krāja un krājas tekošais pieaugums

Atbilstoši patlaban pieejamajiem Latvijas Meža resursu monitoringa datiem mežaudzes, kurās valdošā suga ir egle, kopā aizņem 515.4 tūkstošus ha jeb 16% no Latvijas mežu kopplatības. (Pārskats par Meža attīstības fonda finansēto pētījumu „Meža resursu monitorings” 2006) Salīdzinot sugu sastāvu atbilstoši Latvijas Valsts meža dienesta sniegtajiem un Latvijas Meža resursu monitoringa aprēķinātajiem datiem, redzams, ka abos gadījumos ir līdzīgs bērza un egles audžu īpatsvars, taču Valsts meža dienesta dati rāda ievērojami lielāku priedes īpatsvaru un mazāku baltalkšņa, apses un citu sugu kokaudžu īpatsvaru (3.7.attēls).



3.7. att. Latvijas mežaudžu platības procentuālais sadalījums pēc valdošās sugas (Latvijas Meža resursu monitoringa un Valsts Meža dienesta datu salīdzinājums) (□ - priede/pine; ■ - bērzs/birch; ▨ - egle/spruce; ■ - baltalksnis/grey alder; ▩ - apse/aspens; ▤ - melnalksnis/black alder; □ - citas sugas/other)

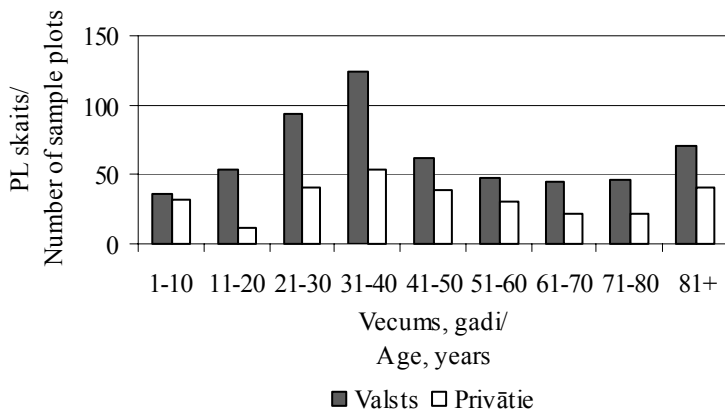
Fig. 3.7. Percentual distribution of the forest land according to dominant tree species (data of Latvian forest resource inventory (left) and that of the State forest Service (right) are compared)

Visticamāk, Meža resursu monitoringa dati labāk raksturo stāvokli Latvijas mežos. Parauglaukumu ierīkošana un uzmērīšana notiek pēc daudzās citās Eiropas valstīs aprobētām metodēm. Vairākās valstīs šāda veida monitoringa ir vienīgais informācijas avots par meža resursiem.

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. Tādēļ ir ļoti iespējams, ka daļā to privāto mežu, kuros pēdējās gadu desmitgadēs nav veikta saimnieciskā darbība, nav veikta arī meža inventarizācija.

Mežaudžu vecumstruktūra valsts un privātajos mežos ir visai nevienmērīga. Parauglaukumu skaits 21-40 gadus vecās mežaudzēs ievērojami pārsniedz parauglaukumu skaitu pārējās vecuma klasēs (3.8. attēls).



**3.8. att. Egļu audžu vecumstruktūra valsts un privātajos mežos (MRM dati)**

**Fig. 3.8. Age structure of the spruce stands in state and private forests (Forest resource monitoring data)**  
(■ - state; □ - private)

Pētījuma dati par vecumklaşu sadalījumu valsts mežos saskan ar AS „Latvijas valsts meži” sniegto informāciju (Fakti par mežu 2008). Galvenais iemesls augstajam jaunaudžu īpatsvaram ir egļu stādījumu ekspansija pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados, kad daudzas priedes audzēšanai piemērotas platības tika apmežotas ar egli. Daļēji tas tika darīts pamatotu iemeslu dēļ (ļoti lielais aļņu skaits, kura rezultātā priežu jaunaudzēm tika nodarīti milzīgi postījumi), bet daļēji apsvērumi bija mežsaimnieciski nepamatoti (tika uzskatīts, ka egļu jaunaudzēm nepieciešama mazāk rūpīga kopšana). Uzkrītoši nelielais 11-20 gadus vecu egļu mežaudžu skaits privātajos mežos visticamāk atspoguļo situāciju 20. gadsimta deviņdesmitajos gados, kad meža atjaunošana pēc iepriekšējās audzes nociršanas ļoti bieži tika veikta neadekvāti, un daudzas platības, kur pirms tam augusi egle, tika atstātas atjaunoties dabiski ar mīkstajiem lapu kokiem. Privāto egļu mežu atjaunošanas temps pēdējā desmitgadē ievērojami palielinājies, jādodomā, ka iemesls tam ir gan stingrākie ciršanas ierobežojumi, gan arī pēdējā laikā pieejamās valsts un Eiropas Savienības meža apsaimniekošanas atbalsta

programmas, piemēram, SAPARD (Special Action Programme for Agriculture and Rural Development) finansētie projekti lauksaimniecības zemju apmežošanai (Informācija par SAPARD programmas gaitu 2008), kā arī ES struktūrfondu līdzekļi lauksaimniecībā neizmanto to zemju apmežošanai un atbalsts mazvērtīgo mežaudžu vai koku sugu nomaiņai 2004.-2006. gada plānošanas periodā (ES struktūrfondu atbalstāmās aktivitātes 2008).

No atlasītajām audzēm 59 ir 60-100 gadus vecas. Audžu produktivitātes un ražības rādītāju vērtības atbilst normālajam sadalījumam (Kolmogorova-Smirnova testa p-vērtība audzes I stāva krājai 0.790 un I stāva egļu krājas tekošajam vidēji periodiskajam pieaugumam 0.560).

Vidējā audzes I stāva krāja šajā vecuma grupā ir  $290.1 \pm 14.62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet vidējais I stāva egļu krājas tekošais pieaugums –  $8.9 \pm 0.50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā. Lielākā audzes I stāva krāja šajā vecuma grupā ir  $595 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , mazākā –  $87.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Maksimālā I stāva egļu krājas tekošā pieauguma vērtība 60-100 gadus vecās audzēs ir  $18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā, bet minimālā –  $2.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā (3.6. tabula).

3.6. tabula/ Table 3.6.

### **Audzēs I stāva krājas un egļu krājas tekošā pieauguma aprakstošā statistika 60-100 gadus vecās egļu tīraudzēs**

#### **Descriptive statistics of the standing volume of the dominant stand and current annual volume increment of spruce in 60-100 years old spruce stands**

Statistiskais rādītājs/ Statistical index	I stāva krāja, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ / Standing volume of the dominant stand, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	E krājas tekošais pieaugums, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā/ Current annual volume increment of spruce, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a year
Vidējais aritmētiskais/ Mean	290.1	8.9
Standartklūda/ Standard error	14.62	0.50
Mediāna/ Median	271.90	8.38
Standartnovirze/ Standard deviation	112.33	3.84
Dispersija/ Sample variance	12617.81	14.78
Asimetrija/ Skewness	0.25	-0.23
Ekscess/ Kurtosis	0.67	0.55
Izklīdes intervāls/ Range	507.43	15.51

3.6. tabulas turpinājums/ Table 3.6. continued

Statistiskais rādītājs/ Statistical index	I stāva krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> / Standing volume of the dominant stand, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	E krājas tekošais pieaugums, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> gadā/ Current annual volume increment of spruce, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> a year
Minimālā vērtība/ Minimum	87.5	2.5
Maksimālā vērtība/ Maximum	595.0	18.0
Skaits/ Count	59	59

Legūtie rezultāti liecina, ka egļu briestaudzes un pieaugušas audzes saglabā augstu ražību. Vidējā krājas tekošā pieauguma vērtība 61-80 gadus vecās egļu briestaudzēs ir 9.5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā, bet 81-100 gadus vecās pieaugušās egļu audzēs - 7.5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā. Tātad arī cirtmetu jau sasniegušās egļu audzēs joprojām turpinās samērā intensīva krājas uzkrāšanās. Salīdzinājumam: iepriekšējos pētījumos noskaidrots, ka priežu audzēs, kas sasniegušas cirtmetu, krājas tekošais pieaugums vidēji ir vairs tikai ap 4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā. (Lībiete 2006) Analizētajās egļu audzēs, kuru vecums ir 60-100 gadi, katrs šķērslaukuma kvadrātmeters vēl ražo no 0.16 līdz pat 0.70 m<sup>3</sup> koksnes (vidēji - 0.40 m<sup>3</sup> koksnes), turklāt starp audzes vecumu un tekošo pieaugumu uz vienu šķērslaukuma kvadrātmētru pastāv vien vāja negatīva korelācija ( $r = -0.35$ ).

Acīmredzot, Latvijā sastopamas ne vien egļu jaunaudzes, kurās koksnes uzkrāšanās ir apstājusies, bet arī egļu briestaudzes un pat pieaugušas audzes, kas joprojām pietiekami intensīvi ražo. Arī literatūrā atrodami dati, ka egle turpina pieaugt līdz 100-120 gadu vecumam (Zviedris, Sacenieks, Matuzānis 1961). Šajā sakarā rodas jautājums, vai ir lietderīga joprojām intensīvi ražojošu audžu nociršana. Zinātniskajā literatūrā jau pirms vairākiem gadu desmitiem atrodams ieteikums galvenās cirtes laika noteikšanai kā rādītāju izmantot tekošo pieaugumu, un audzes, kurās tekošais pieaugums ir liels un uzkrājas resnos, veselīgos stumbros, cirst ne ātrāk kā pēc 20 gadiem. Šajā audžu grupā iekļaujamas arī cirtmetu jau sasniegušas audzes (Тярве 1967).

60-100 gadus vecās egļu tīraudzēs pastāv vidēji cieša lineāra sakarība starp audzes krāju un krājas tekošo pieaugumu ( $r=0.71$ ). Jo lielāka krāja audzē jau uzkrāta, jo intensīvāk tā turpina ražot. Šajā vecuma grupā nevienā audzē, kurā I stāva krāja sasniegusi 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, egļu krājas tekošais pieaugums nav mazāks par 5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> gadā.

Lielākā krāja un arī augstākais krājas tekošais pieaugums 60-100 gadus vecās egļu tīraudzēs konstatēts āreņos, lai arī atšķirības starp audžu produktivitāti un ražību atšķirīgos augšanas apstākļos nav statistiski būtiskas. Āreņos I stāva krājas vērtība egļu briestaudzēs un pieaugušās audzēs ir 324 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, bet sausieņos un kūdreņos attiecīgi - 279 un 309 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Līdzīgus rezultātus

ieguvuši Edvīns Špalte un Pēteris Zālītis (2003), salīdzinot krāju cērtama vecuma egļu audzēs sausieņu un nosusinātajos mežos. Viņi konstatējuši, ka krājas vidējo lielumu atšķirības ir nejaušas, tātad sausieņu un nosusinātajos mežos augošās egļu audzes pārstāv vienu ģenerālkopu.

Audzēs I stāva egļu krājas tekošā pieauguma vērtība egļu briestaudzēs un pieaugušās audzēs āreņos ir  $9.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā, bet sausieņos un kūdreņos –  $8.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā.

Iegūtie rezultāti, kas raksturo egļu briestaudžu un pieaugušu audžu ražību un produktivitāti, loģiski papildina iepriekšējā nodaļā noskaidroto, ka egļu jaunaudzēs augstākais augšanas potenciāls raksturīgs tieši āreņos. Lai arī konstatēts, ka augšanas apstākļu ietekme uz egļu jaunaudžu augšanas potenciālu ir neliela (Zālītis, Lībiete 2005, Lībiete, Zālītis 2007), acīmredzot šim faktoram ir pietiekami svarīga nozīme egļu audžu tālākā attīstībā.

Pārsteidzoši, ka audzēs, kuru vecums ir 60-100 gadi, vislielākā vidējā egļu tīraudžu krāja ir Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā. Šeit rodama pretruna ar iepriekšējā apakšnodaļā veikto datu analīzi, kuras rezultātā noskaidrojās, ka 30-50 gadus vecās egļu tīraudzēs tieši Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā ir vismazākā krāja (lai gan – tajā pašā laikā arī augstākais augšanas potenciāls, tādējādi apstiprinot iepriekšējā nodaļā izdarīto secinājumu, ka Ziemeļkurzemes egļu tīraudzēm ir augsts augšanas potenciāls un tās spēj veidot veselīgas audzes). Pretrunas rezultātos varētu būt skaidrojamas ar atšķirīgo datu atlases metodiku, analizējot AS „LVM” un Meža resursu monitoringa datus: Meža resursu monitoringa parauglaukumi ir izvietoti regulārā tīklā atbilstoši iepriekš strikti fiksētām ģeogrāfiskās koordinātēm un atsevišķos gadījumos var precīzi neraksturot nogabalu struktūru. Iespējams arī, ka, lai gan jaunaudžu vecumā Ziemeļkurzemes mežsaimniecības egļu tīraudzēs ir vismazākā krāja, to augstais augšanas potenciāls nodrošina koku saglabāšanos un intensīvu krājas uzkrāšanos briestaudžu vecuma un pieaugušās audzēs. Tomēr atšķirības starp mežsaimniecībām gan krājas, gan krājas tekošā pieauguma gadījumā ir statistiski nejaušas

Būtiskas I stāva krājas atšķirības dabiski veidojušās audzēs un kultūrās netika konstatētas. Taču tika noskaidrots, ka I stāva egļu krājas tekošais pieaugums kultūrās ir ievērojami lielāks nekā dabiski veidojušajās audzēs (dabiski veidojušās audzēs  $8.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā, kultūrās  $12.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  gadā; t-testa p-vērtība 0.017). Jāakcentē fakts, ka no 59 šajā vecuma grupā analizētajām audzēm tikai septiņas definētas kā kultūras. Salīdzinājumam: aplūkojot jaunākas egļu tīraudzes, noskaidrots, ka vairāk nekā trīs ceturtdaļas (79%) no visām 20-40 gadus vecām egļu jaunaudzēm un gandrīz puse (47%) no 41-60 gadus vecām vidēja vecuma egļu audzēm ir kultūras. Samērā droši var apgalvot, ka audzes, kas definētas kā dabiski radušās, bijušas dažādvecuma. Tieši I stāva koku vecumu atšķirība egļu audzēs meža resursu monitoringa gaitā ir galvenais rādītājs, kas norāda uz audzes dabisku izcelsmi. No literatūras datiem zināms, ka līdz 1940. gadam egle pārsvarā atjaunota dabiski ar paaugas kociņiem (Mangalis 2004). Vēl 1960. gadā Arvīds Zviedris atzīst, ka egļu audzes izdevīgāk ir atjaunot dabiski (Zviedris 1960), un plaša egļu

kultūru ierīkošana vēsturiski sākusies tikai pēc 1960. gada (Saliņš 2002). Tātad lielākā daļa egļu briestaudžu un pieaugušo audžu veidojušās dabiski.

Pētījuma ietvaros salīdzināta arī egļu audžu krājas tīraudzēs un mistraudzēs. Analizētajā vecuma grupā audžu vidējais vecums tīraudzēs un mistraudzēs ir ļoti līdzīgs.

Konstatētas dažas būtiskas atšķirības starp audžu taksācijas rādītājiem tīraudzēs un mistraudzēs. Piemēram, egļu krājas tekošais pieaugums ir lielāks tīraudzēs (t-testa p-vērtība 0.000). Sīkāk analizējot mistrotās audzes, noskaidrots, ka visplašāk izplatītās piemistrojuma sugas egļu audzēs ir bērzs un priede. No 105 audzēm bērza piemistrojums pavisam konstatēts 87, no tām 43 audzēs piemistrojumā bez bērza ir arī priede. Literatūrā atrodama informācija, ka, lai gan jaunaudzēs bērza piemistrojums audzes kopējo krāju palielina, tomēr ciršanas vecuma egļu-bērzu mistraudzēs un egļu tīraudzēs krājas atšķirības izlīdzinās (Труль 1955). Aplūkotajā gadījumā tīraudzēs krāja ir ievērojami lielāka nekā mistraudzēs.

Fakts, ka 60-100 gadus vecās audzēs saglabājas būtiski lielāks egļu krājas tekošais pieaugums tīraudzēs, norāda, ka piemistrojumā esošos mīkstos lapu kokus lietderīgi izcirst kopšanas cirtēs, un princips, ka vispareizāk orientēties uz „tīraudzēm mistrotā mežā”, Latvijas apstākļos saimnieciskajos mežos noteikti attiecas uz egļu audzēm. Tādējādi šī pētījuma rezultāti saskan ar Kaspara Buša (1978, 1984) un Pētera Zālīša (2006) izdarītajiem secinājumiem.

Plaši izplatīts ir uzskats, ka privāto īpašnieku meži ir pārmērīgi izmantoti un tajos produktivitāte un ražība ir zemāka nekā valstij piederošajos mežos. Patiešām, 1998. gadā kopējais izcirstās koksnes apjoms privātajos mežos pārsniedza valsts mežos izcirstās koksnes daudzumu, turpmākajos gados starpība palielinājās, un jau 2002. gadā ciršanas apjoms privātajos mežos bija divtik augsts kā valsts mežos. Pēdējā laikā gan ciršanas intensitāte privātajos mežos samazinājusies.

Egļu meži privātajiem īpašniekiem ir ekonomiski ļoti nozīmīgi: 39% no mežaudzēm, kurās valdošā suga ir egle, pieder tieši privātajiem meža īpašniekiem (Meža statistika 2007), un, piemēram, viena ceturtdaļa no kopējā valstī kailcirtē izcirstā koksnes apjoma 2000. gadā nāca tieši no privātajiem egļu mežiem, kamēr no valstij piederošajiem – tikai 5%. Salīdzinot galvenajā cirtē izcirstās koksnes apjomu egļu mežos, līdz 2004. gadam citos mežos (kas pārsvarā ir privātie meži; pašvaldību mežu īpatsvars ir ļoti neliels) tas bijis vairākas reizes lielāks nekā valsts mežos. Tajā pašā laikā kopšanas cirtes, kas ir viens no nozīmīgākajiem mežsaimnieciskajiem pasākumiem, lai izmantotu visu saražoto produkciju, privātajos egļu mežos veiktas daudz mazāk intensīvi nekā valsts mežos.

Iepriekš aplūkotā statistika teorētiski ļauj izdarīt pieņēmumu, ka privātie egļu meži tiek intensīvāk izmantoti un mazāk rūpīgi kopti, tādēļ to ražībai un krājai būtu jābūt ievērojami mazākai nekā valsts apsaimniekotajos mežos. Tomēr, pārbaudot šo pieņēmumu, iezīmējas atšķirīga tendence. Veicot Meža resursu monitoringa pirmajos četros gados ievāktu datu analīzi, un kopā analizējot 224 parauglukumus egļu tīraudzēs



(165 parauglaukumus 30-50 gadus vecās audzēs un 59 parauglaukumus 60-100 gadus vecās audzēs), noskaidrots, ka abās vecuma grupās valsts un privāto egļu audžu taksācijas (tajā skaitā audzes produktivitātes un ražības) rādītāju vidējās vērtības būtiski neatšķiras (3.7.tabula).

3.7. tabula/ Table 3.7.

**Vidējie audžu taksācijas rādītāji valsts un privātajos mežos 30-50 un 60-100 gadus vecās audzēs (224 parauglaukumi)**

**Mean stand parameters in state and private forests in 30-50 and 60-100 years old spruce stands (224 sample plots)**

Audzes taksācijas rādītājs/ Stand parameter	30-50 gadi		60-90 gadi	
	Valsts meži/ State forests	Privātie meži/ Private forests	Valsts meži/ State forests	Privātie meži/ Private forests
Vidējais koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup> / Mean number of trees per ha	1193	1041	431	315
Vidējais valdošās sugas koku caurmērs, cm/ Mean diameter of dominant tree species, cm	17.2	18.3	29.0	31.9
Vidējais valdošās sugas koku augstums, m/ Mean height of dominant tree species, m	15.9	16.3	24.8	25.9
Vidējais šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> / Mean basal area, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	27.2	25.4	28.5	24.9
Vidējā audzes I stāva krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> / Mean standing volume of the dominant stand, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	225.5	217.5	352.6	321.3
Vidējais I stāva egļu krājas tekošais pieaugums, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> gadā/ Mean current annual volume increment of spruce of the dominant stand, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> a year	10.7	11.5	9.2	8.5

Lai gan taksācijas rādītāju atšķirības nav statistiski būtiskas, interesanti, ka privātajos mežos abās analizētajās vecuma grupās koku dimensijas vidēji ir lielākas nekā valsts mežos. Plaši izplatīto uzskatu, ka privāto īpašnieku mežos kopšanas cirtēs tiek izvākti vērtīgie lielo dimensiju koki, bet atstāti tievie un mazāk vērtīgie, šā pētījuma rezultāti neapstiprina.

## 4. Kopsavilkums

Pastāvīgie parauglaukumi, kas pirms 25-40 gadiem ierīkoti egļu jaunaudzēs un sistemātiski pārēmēti, sniedz unikālu informāciju par egļu tīraudžu augšanas gaitu. Iegūtie rezultāti atkārtoti apliecina agrīno kopšanas ciršu izšķirošo nozīmi turpmākajā audzes attīstībā, kā arī mīksto lapu koku piemistrojuma nevēlamo ietekmi. Noskaidrots, ka visstraujākā krājas uzkrāšanās notiek 12-17 m augstās audzēs, taču tad, kad audzes krāja sasniegusi  $250-300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , krājas uzkrāšanās temps nereti krasi pazeminās, samazinoties arī audzes augšanas potenciālam.

Augšanas potenciāla analīze 30-50 gadus vecās egļu tīraudzēs valsts un privātajos mežos visā Latvijā savukārt pierādījusi, ka šajā vecuma intervālā audzes trīs augšanas potenciāla grupās (1., 2. un 3.) kopumā veido vienu normālo sadalījumu ar perspektīvām un bezperspektīvām audzēm kā malējām vērtībām.

Briestaudžu un pieaugušu audžu analīzes rezultāti liecina, ka arī šajās audzēs joprojām notiek visai intensīva krājas uzkrāšanās, taču nelielā koku skaita dēļ to krāja ir mazāka par potenciāli iespējamo. Šīs audzes pārsvarā veidojušās dabiski un ir dažādvecuma.

Analizētā empīriskā materiāla īpatnības liecina, ka patlaban Latvijā sastopamas trīs pēc izcelsmes un augšanas savdabībām atšķirīgas egļu audžu grupas.

1. Briestaudzes un par briestaudzēm vecākas dažādvecuma audzes, kas veidojušās dabiskās atjaunošanās ceļā no paaugas eglītēm aptuveni līdz pagājušā gadsimta vidum. Ļoti iespējams, ka daļa no tām sākotnēji bijušas mistraudzes, kurās mīkstie lapu koki vai nu dabiski atmiruši vai izcirsti kopšanas cirtēs. Šo pieņēmumu apliecina arī pētījumā iekļauto analizēto mistraudžu skaits, kas gandrīz divkārt pārsniedz tīraudžu skaitu. Šīm egļu audzēm raksturīgs visai augsts egļu krājas tekošais pieaugums, taču koku skaits tajās ir neliels un pārsvarā nepārsniedz  $500 \text{ gab. ha}^{-1}$ .
2. Jaunaudžu vecuma un vidēja vecuma egļu kultūras, kas ierīkotas pēc 1960. gada ar kociņu skaitu virs  $2\,500 \text{ gab. ha}^{-1}$ , tajā skaitā arī ievērojami pārbiezinātas audzes, kas sākotnēji stādītas kā papīrmalkas plantācijas. Vairumā gadījumu tās nav tikušas savlaicīgi izkoptas, tādēļ savstarpējās konkurences novājinātie koki nespēj ilgstīgi realizēt potenciāli augsto ražību, novērojama krājas tekošā pieauguma stagnācija un pastiprināta koku atmiršana.
3. Retas jaunaudzes, kas izveidotas atbilstoši jaunākajām zinātniski pamatotajām mežsaimnieciskajām atziņām. Paredzams, ka šādu audžu skaits patlaban strauji pieaug un paredzams, ka tas nākotnē turpinās palielināties. Reto, savlaicīgi kopto audžu augšanas gaita ievērojami atšķiras no abām iepriekš minētajām grupām, taču šādu audžu apsaimniekošanai atbilstoši normatīvi pagaidām nav izstrādāti.

Protams, šo grupu robežas nav stingri fiksētas, visu vecumu egļu mežos ir sastopamas gan dabiski veidojušās audzes, gan savlaicīgi izretinātas kultūras. Tomēr, analizējot pieejamo informāciju, minētās atšķirības iezīmējas visai skaidri.

Latvijā egļu mežu apsaimniekošana tiek īstenota, pārāk maz ņemot vērā sugas ekoloģiskās īpatnības. Krasā augšanas potenciāla samazināšanās patlaban 30-50 gadus vecajās egļu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs vērtējama kā šo audžu pielāgošanās tām uzspiestajam neatbilstošajam apsaimniekošanas režīmam. Šādās audzēs pastiprinātā koku atmiršana un dažu koku izvīrīšanās līderu statusā ir pašregulācijas mehānisms, kas nākotnē nodrošinās meža ekosistēmas saglabāšanos. Taču kokaudzes produktivitāte turpmākajos gados samazināsies un ciršanas vecumā visticamāk būs mazāka nekā patlaban. Sausieņu mežos situāciju teorētiski varētu labot, transformējot bezperspektīvās vienvecuma tīraudzes par dažādvecuma egļu audzēm. Tomēr praktiski tas nav iespējams gan ekonomisku apsvērumu dēļ (augstas izmaksas, mazs koksnes ieguvums), gan arī tāpēc, ka varētu rasties problēmas pareizi identificēt perspektīvos nākotnes kokus, jo sevišķi audzēs, kur sabrukšana sākusies nesēn. Sevišķi problemātiska situācija ar laiku varētu izveidoties nosusinātajos mežos, kur stabili dažādvecuma egļu audžu veidošana un ilgstoša apsaimniekošana nav iespējama nestabilās grunts dēļ. Turklāt ražīgākas un produktīvākas ir vienvecuma audzes, audzes krāja saliktās dažādvecuma egļu audzēs nepārsniedz 220-240 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Sasaistot pašreiz zināmos faktus, zinātnisko pētījumu rezultātus un praktiskajā darbā gūtās atziņas, ir iespējams izstrādāt egļu audžu apsaimniekošanas modeli atbilstoši sugas ekoloģiskajām īpatnībām. Apsaimniekojot egļu audzes Latvijā, paralēli vecumam un mērķa caurmēram kā galveno cirti reglamentējošajiem indikatoriem, saimnieciskajos mežos būtu jāapsver iespēja kailcirtē novākt vairs neražojošās 30-50 gadus vecās egļu audzes. Nebūtu pieļaujama patlaban sabrūkošo audžu saglabāšana vēl vairākus desmitus gadu, kā to prasa pašreizējie normatīvi. Protams, arī meliorētās platībās var veidot egļu vienvecuma tīraudzes, tikai to apsaimniekošanai jāpievērš pastiprināta uzmanība un savlaicīgi jānovērš kociņu savstarpējās konkurences saasināšanās.

## **5. Galvenie secinājumi un priekšlikumi**

### ***Galvenie secinājumi:***

1. Patlaban Latvijā sastopamas trīs pēc izcelsmes un augšanas īpatnībām atšķirīgas egļu audžu grupas: briestaudzes un par tām vecākas dažādvecuma audzes, kas veidojušās dabiskas atjaunošanās ceļā no paaugas eglītēm aptuveni līdz iepriekšējā gadsimta vidum; jaunaudzju vecuma un vidēja vecuma egļu kultūras, kas ierīkotas ar vairāk nekā 2 500 kociņiem uz ha, tajā skaitā ievērojami pārbiezinātas un savlaicīgi neizkoptas audzes; retas jaunaudzēs, kas izveidotas un tiek apsaimniekotas atbilstoši jaunākajām zinātniski pamatotajām mežsaimnieciskajām atziņām.

2. Audzēs, kas līdz 2 000 gab. ha<sup>-1</sup> izkoptas, pirms to vidējais augstums pārsniedzis 5 m, visi taksācijas rādītāji pieaug daudz straujāk nekā audzēs, kas kopšanas brīdī bijušas 10 m augstas. Rezultāti atkārtoti apliecina agrīno kopšanas ciršu nozīmi audzes tālākajā attīstībā.
3. Sākotnēji pārbiezinātās egļu jaunaudzēs, kuru krāja sasniegusi 250-300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, nereti novērojama strauja krājas uzkrāšanās tempa samazināšanās un augšanas potenciāla pasliktināšanās.
4. Iegūtie rezultāti apliecina, ka audzes augšanas potenciāla skaitliskie indikatori i×r visās trijās (1., 2. un 3.) augšanas potenciāla grupās 30-50 gadus vecās egļu tīraudzēs ir viena normālā sadalījuma sastāvdaļas ar pirmās un trešās grupas audzēm kā malējām vērtībām. Augšanas potenciāla pasliktināšanās egļu tīraudzēs, kas visticamāk cēlušās no pārbiezinātām un laikus neizkoptām egļu kultūrām, ir pielāgošanās esošajiem apstākļiem, cenšoties izveidot saliktu dažādvecuma audzi, kas ir egļu meža dabiskākā forma Latvijas apstākļos.
5. Lielākā daļa no analizētajām 60-100 gadus vecajām egļu tīraudzēm veidojušās dabiski. Tas skaidrojams ar vēsturisko situāciju egļu mežu apsaimniekošanā. Dabiski veidojušajās egļu audzēs ir zemāks egļu krājas tekošais pieaugums, salīdzinot ar kultūrām.
6. Egļu tīraudzēs saglabājas lielāka audzes I stāva krāja un augstāks I stāva egļu krājas tekošais pieaugums. Tas atkārtoti apliecina nepieciešamību izvairīties no mistrotu audžu veidošanas. Galvenā egļu audzēs piemistrojumu veidojošā suga ir bērzs.

### ***Priekšlikumi:***

1. Pamatojoties uz valsts mežos veiktās augšanas potenciāla analīzes datiem, izstrādāt 30-50 gadus veco bezperspektīvo egļu tīraudžu novākšanas ekonomisko pamatojumu.
2. Saistot pašreiz aktuālos zinātnisko pētījumu rezultātus un praktiskajā darbā gūtās atziņas, normatīvajos dokumentos iestrādāt normas, kas ļautu patlaban sabrūkošās 30-50 gadus vecās egļu tīraudzes saimnieciskajos mežos nocirst kailcirtē, tādējādi samazinot ekonomiskos zaudējumus, kas nākotnē nenovēršami radīsies, koksnei sabrūkošajās audzēs strauji zaudējot savu kvalitāti.
3. Izstrādāt atbilstošus normatīvus sākotnēji retu egļu tīraudžu apsaimniekošanai, rēķinoties ar faktu, ka pašreiz pielietotās mežsaimnieciskās prakses rezultātā šādu audžu skaits nākotnē strauji palielināsies.

# 1. General description

## 1.1. Background

Forest sector is very important for the Latvian economics; according to the expert evaluation, its contribution to the GDP reaches 10-14%. Of all working population 9% are employed in the forest sector; moreover, most places of employment are located in the regions, thus contributing to social welfare and sustainable development of the regions (Meža nozare Latvijā 2006). One of the main goals of Latvian forest policy is to secure the retention and increase of the productivity and value of the forest lands (Latvijas meža politika 1998); it is considered important also in the context of the mitigation of the global climate change (Meža un saistīto nozaru attīstības pamatnostādnes (informatīvā daļa) 2006). Possibilities to increase forest productivity are extensively studied at LSFRI “Silava” and Forest Faculty of the LUA (LVMI “Silava” darbības jomas 2006, LLU Meža fakultātes zinātniskās darbības virzieni 2006). Considering the topicality of the matter, this PhD paper deals with the problems connected with the productivity of the forest stands.

Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) is the third most widespread tree species in Latvia. According to the forest statistics, spruce forests take up 510 thousand ha or 18% of the total forest area. For comparison: pine forests take up 37% and birch forests – 30% of the total forest area (Meža statistika 2007). Spruce is also economically very important for the Latvian national economy. In 2006, the proportion of logged spruce timber in the state forests was 17% but in the other forests – 21% (Izcirstais apjoms visos mežos pa valdošajām sugām 2007). Spruce stands are the most productive – current mean annual volume increment on average reaches  $7.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year, while in pine stands –  $5.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year and in birch stands –  $6.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year. However, the average volume yield in the spruce stands is the lowest – only  $166 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , compared to  $219 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  in pine stands and  $187 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  in birch stands (Meža nozare Latvijā 2006). The explicit difference between the productivity and actual volume yield of spruce forests has motivated a more profound study of the growth and productivity singularities of the spruce stands.

## 1.2. Aim of the thesis

To clarify the influence of the site type, regional localization, mixture degree, origin, ownership and thinning regime upon the growth potential, productivity and volume yield of pure spruce stands of different age groups on fertile site types. It was important to separate the wood volume currently accumulating in the stand on the live stems (defined as productivity, characterized by current mean annual volume increment,  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year) and actually available wood production (defined as volume yield,  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

### ***1.3. Objectives of the research***

1. To study the growth of even aged young spruce stands on fertile drained site types.
2. To analyze the growth potential and its dependence on different factors (site type, localization, number of trees in the stand, stand age, origin and ownership) in 30-50 years old pure spruce stands.
3. To study the volume yield and current mean annual volume increment of pure pre-mature and mature spruce stands depending on the stand age, site type and regional localization.
4. To analyze the possible differences in volume yield and current mean annual increment in state-owned and private spruce stands.

### ***1.4. Scientific novelty and practical significance of the thesis***

In the research connected with pure spruce stands' productivity conducted in LSFRI "Silava" by Professor Pēteris Zālītis I have been taking part already since 1999. I am happy that this job has given me the opportunity to use the information previously gathered by other employees in the permanent sample plots. This thesis is the result of a lasting research logically proceeding with themes launched during my bachelor's and master's studies.

The novelty of the research carried out in the frames of the current thesis is expressed by the complex approach in dealing with the objectives. Wide and varied empirical material characterizing spruce stands of different age groups has been used: data from regularly re-measured permanent sample plots, data from short-term sample plots all over Latvia, as well as data gathered in first four years of the Forest resource monitoring. It must be mentioned that it is the first time in Latvia when high-precision statistical information (Forest resource monitoring data) is used in a similar research. I work in the Forest resource monitoring project since it was launched in 2004.

Summarizing the information from the literature and the results of current research, novel and substantial information regarding formation and development of pure spruce stands in Latvia has been obtained. On the basis of the findings it is suggested to develop a management model for pure spruce stands in the economically available forests that would be based on the ecological traits of the species.

### ***1.5. Approbation of the research results***

The results of the research have been presented in seven international and two national scientific conferences. Four articles have been published in international scientific journals and two articles - in national scientific journal (see pages 5 and 6).

## **1.6. Structure and coverage of the thesis**

The structure of the thesis is subordinated to the research objectives mentioned above. In the first chapter literature and previous studies connected with the topic are analyzed. In the three subdivisions of the second chapter according to the research objectives, research objects, data gathering and biometrical methods are described (in the third subdivision material and methods used in the solving of third and fourth research objective are described). In the four subdivisions of the third chapter, similarly according to the research objectives, results and conclusions are given. The thesis is concluded by a summary, major conclusions and proposals.

The thesis contains 93 pages; information is summarized in 17 tables and 37 figures, 196 sources of literature are used. At the end 6 conclusions and 3 proposals are given.

## **2. Material and methods**

### **2.1. Growth of even-aged young spruce stands**

To analyze the growth of young spruce stands, permanent sample plots located in the forests of Forest Research Station “Kalsnava” were used.

30 sample plots were established in 1982 to study most appropriate parameters for pulpwood plantations. These sample plots were established in previously planted spruce stands with initial density 6 000 trees ha<sup>-1</sup> (site type – *Myrtillosa turf. mel.*), thinning these stands to 1 500-2 000 trees ha<sup>-1</sup>. One half of the sample plots (15) characterizes the growth of 4-6 m high, another half (15) – the growth of 9-11 m high young spruce stands after thinning. For the present research 1523 trees in all sample plots were measured.

4 sample plots were established in 1963 in the frames of afforestation experiment of drained transition bogs. Experimental clearcut in the drained transition bog (the depth of peat layer 4.5 m) was afforested with spruce wildlings; in 1988 in 24 years old stand (mean height ~12 m) two sample plots were thinned from below, decreasing the basal area to the recommended 25 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. In all four sample plots 313 trees were measured for the present research.

Additional evaluation of growth potential and wood volume accumulation dynamics was carried out also in the sample plots of block 117 (*Myrtillosa mel.*, naturally regenerated spruce stand in the windthrow area of 1969) and in the sample plots of block 147 (*Myrtillosa mel.*, spruce stand planted in 1982; in 1988 the number of trees was reduced to recommended minimal, optimal and maximal). In all these sample plots in the frames of present research 835 trees were measured.

The results from regularly re-measured sample plots have given an opportunity to evaluate the impact of such reconstructive cuttings in the drained forests where all trees of dominant species (in the given case – birch) are removed with an objective to create a pure spruce stand or mixed spruce-pine stand. Stand

parameters of mixed birch-spruce stands (stand age, composition, basal area, standing volume) were once used to determine the required number of spruces before removal of birch. Using regression equations it was estimated that in the downy birch stands where the total amount of spruce advance growth is at least 1 000 trees ha<sup>-1</sup>, it is profitable to remove all birches (Залитис 1986). The calculations showed that in 20 years the standing volume of the spruce stand will exceed the standing volume of the stand where birches were retained. To prove this forecast four sample plots in 40 years old downy birch stand were established (E-14, 15, 16, 17); in two sample plots all birches were removed in 1982 transforming the birch stand into a conifer stand. In 2006 these sample plots were re-measured, examining the credibility of previously developed model. In all sample plots 791 trees were measured.

The efficiency of the transformation of the birch stand into a conifer stand was analyzed also in such stand of *Oxalidosa turf. mel.* where 80-100 years old downy birch was the dominant species with spruce in the second storey. In one sample plot (E-5) all birches were removed in 1978, the other (E-6) was retained as a control. In both sample plots 760 trees were measured in 2006.

In a part of the sample plots all trees are numbered and measuring spot at 1.3 m above the root collar is marked on the stem. In the sample plots with numbered trees diameter was measured with accuracy of 1 mm in two perpendicular directions. The height of every 5<sup>th</sup> tree was measured. Stem volume was calculated according to the actual diameter of every tree and the height from the height curve (1). The standing volume M of the stand was calculated as the sum of all stem volumes.

$$V = \psi \cdot h^{\alpha} \cdot d^{\beta \cdot \lg h + \varphi} \quad (1)$$

$V$  – tree volume, m<sup>3</sup>

$h$  – tree height, m

$d$  – tree diameter 1.3 m from the root collar, cm

$\psi, \alpha, \beta, \varphi$  – empirical coefficients (Liepa 1996)

The values of the empirical coefficients for spruce:

$$\psi = 0.00231, \alpha = 0.78193, \beta = 0.34175, \varphi = 1.18811$$

In the sample plots where the trees are not numbered the diameter was measured in 1 cm diameter classes. The height of 15 trees (5 thin, 5 average and 5 thick) was measured, stem volume was calculated according to every diameter class and the height from the height curve (1). Total volume of the trees in one diameter class was calculated, multiplying the volume of the diameter class by the number of trees in this diameter class. The stand volume M was calculated as the sum of all diameter classes.



In the sample plots established in 1963 according to previously developed method growth potential of young spruce stand was evaluated. In the context of this research the growth potential is the ability of the stand to accumulate volume. Good growth potential means that spruce stand retains high productivity and intense wood accumulation in thick, healthy stems is ensured. Bad growth potential is characteristic to the stands where volume accumulation has sharply decreased and recently been negative or close to zero. The method for the evaluation of the growth potential of young pure spruce stands was developed using data from 22 regularly re-measured sample plots (Zālītis, Lībiete 2005). Evaluating volume accumulation curves the spruce stands were considered unpromising if the volume difference had recently been negative. Stands where the volume accumulation rate reached and exceeded  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year were considered perspective. Stands where the volume difference was greater than zero but less than  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year were included in the increased risk group. The indicators for stand assessment were chosen by analyzing the annual ring width of last 5 years in each group of stands in permanent sample plots. It was described by linear equation  $i_5 = ad + b$  where  $i_5$  is the total width of last 5 annual rings, mm; a and b are the regression coefficients; d stands for the tree diameter at breast height, cm. It should be mentioned that the width of last 5 annual rings was used because in a longer time period the width of the annual rings can be influenced by other factors that have no direct connection to the stand health, for example thinning that was carried out 10 years ago and initially has positively affected tree growth, although recently the stand health has drastically declined. After the analysis of the results the limits for including the stand in the 1<sup>st</sup> (perspective stands) or 3<sup>rd</sup> (unpromising stands) group were defined. The stand should be included in the 1<sup>st</sup> group if during last 5 years:

- at mean stand diameter D the total annual ring width is greater than 10 mm, i.e., for the last 5 years the annual ring mean width is greater than 2.0 mm; and
- regression coefficient a in the equation  $i_5 = ad + b$  is greater than 0.60; and
- linear correlation coefficient r between  $i_5$  and d is greater than 0.60.

The stand should be considered unpromising (3<sup>rd</sup> group) if it is characterized by following values:

- at mean stand diameter D the total annual ring width is less than 10 mm; and
- regression coefficient a in the equation  $i_5 = ad + b$  is not greater than 0.30; and
- linear correlation coefficient r between  $i_5$  and d is not greater than 0.60.

The stand should be included in one of these groups only if all three indicators fall within defined limits. All other stands should be included in the 2<sup>nd</sup> (increased risk) group.

## ***2.2. Growth potential of young and middle-aged spruce stands***

Growth potential of young and middle-aged spruce stands (age 30-50 years) was evaluated in summer of 2003, 2004 and 2005 in temporarily established sample plots in the forests managed by joint stock company “Latvijas valsts meži”

(further in the text – “LVM”). According to the forest inventory data, in every regional forestry districts with the largest amount of 30-50 years old spruce stands were selected (three to five districts depending on the district area and percentage of 30-50 years old spruce stands).

In each district at least 10 spruce stands were randomly selected. In every stand a representative biogroup of 20 spruces was surveyed. Within this biogroup site type was defined; diameter at breast height (cm) and the width of last 5 and last 10 annual rings (mm) was measured on the increment core. According to the Bitterlich principle basal area of the biogroup was measured ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), as well as the height of the average tree (m). During three years 355 stands were surveyed and information about the width of annual rings of 7 100 trees was gathered.

During the second stage of the study in summer of 2005, 2006 and 2007 temporary sample plots were established and similarly measured in 30-50 years old spruce stands (both in state and private forests) that were selected from the data bases of Forest resource monitoring.

75 sample plots in total complied with the age limitations (50 in state forests and 25 in private forests), all of them were measured.

In every stand a representative biogroup of 20 spruces was selected. The diameter at the breast height of all trees was measured (with accuracy of 1 mm), as well as the width of last 5 and last 10 annual rings on the increment core (with accuracy 0.1 mm). Further according to the method described above growth potential of every compartment was analyzed, as well as its dependence on the site type, ownership, stand origin and regional localization. To evaluate the impact of regional localization in the second stage of the second research objective, the territory of Latvia was divided into eight regions that relatively conform to the boundaries of the regional forestries of “LVM”. The smallest units used in the data analysis of Latvian Forest resource monitoring presently are administrative districts of the Republic of Latvia but their borders do not always match the boundaries of the regional forestries of “LVM”. In the thesis the administrative districts are merged in the following way: Northern Kurzeme – Ventspils and Talsu district; Southern Kurzeme – Liepājas, Kuldīgas and Saldus district; Zemgale – Tukuma, Dobeles and Jelgavas district; Vidusdaugava – Bauskas, Ogres and Aizkraukles district; Western Vidzeme – Rīgas, Iimbažu, Valmiera and Cēsu district; Eastern Vidzeme – Valkas, Gulbenes and Alūksnes district; Northern Latgale – Madonas, Balvu, Rēzeknes and Ludzas district; Southern Latgale – Jēkabpils, Preiļu, Daugavpils and Krāslavas district.

The normality of the data was examined with Kolmogorov-Smirnov test; the influence of different factors on the growth potential indices – with independent samples' t-test and one-way ANOVA.

### ***2.3. Standing volume and current annual volume increment of pure spruce stands in Latvia***

Forest resource monitoring data gathered in 2004, 2005, 2006 and 2007 (during first four years of the project) were used in this research. In the time period from 2004 to 2007 more than ten thousand sample plots all over the territory of Latvia were measured in this project, more than nine thousand of them are located in the forest (in the frames of Forest resource monitoring also information about former agricultural lands, flooded plains, bogs etc. is gathered).

According to the method described further, 88 pure spruce stands were selected from the data base of 2004, 125 pure spruce stands – from the data base of 2005, 125 pure spruce stands – from the data base of 2006 and 111 pure spruce stands – from the data base of 2007, altogether 449 pure spruce stands on fertile site types. According to the described selection criteria, in addition 280 sample plots in mixed spruce stands were selected, 179 in state forests, 101 in private forests.

Forest resource monitoring with an objective to gather statistical information regarding forest resource condition in Latvia is performed by Latvian State Forestry Research Institute “Silava” (Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi 2003). Forest resource monitoring is performed in the cycle of five years covering the territory of Latvia with a grid of hidden sample plots. The sample plots are merged in the tracts by four, the tracts are evenly distributed over the territory in the apexes of equilateral triangles; distance between the tracts is 4 km. The method of establishment and measurements in the sample plots, as well as that of the subsequent calculations is determined by the instruction issued by the Ministry of Agriculture in March 17 of 2004 “Meža statistiskās inventarizācijas veikšanas un mežaudzes sekundāro parametru aprēķināšanas metodika” (“Methodology of forest statistical inventory and calculations of stand secondary parameters”).

The sample plots were selected from the data bases according to the following criteria:

1. Land category. Sample plots in the forest were selected.
2. Sample plot area. Sample plots with at least  $4/5$  ( $\geq 400$  m<sup>2</sup>) of the area in the forest were selected to include also those sample plots that contain forest infrastructure objects (e.g., ditches, rides).
3. Dominant tree species. Both pure spruce stands (the share of spruce at least 8 composition units of the standing volume of the dominant stand) and mixed spruce stands (the share of spruce 5 to 7 composition units of the standing volume of the dominant stand) to ensure a broader data material and more comprehensive comparison.
4. Site type. Sample plots on fertile site types (*Hylocomiosa*, *Oxalidosa*, *Aegopodiosa*, *Myrtillosa mel.*, *Mercurialiosa mel.*, *Myrtillosa turf. mel.* and *Oxalidosa turf. mel.*) were selected.
5. Number of trees. Stands with at least 100 trees ha<sup>-1</sup> were selected.

To characterize the wood production the standing volume of the dominant stand ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) was used; to characterize the stand productivity the current annual volume increment of spruce of the dominant stand over the time period of last 10 years ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{a year}$ ) was used. It must be mentioned that presently actual potential current annual volume increment is calculated in the Forest resource monitoring; the amount of deadwood and wood volume removed in the cuttings are not included in the calculations.

The normality of the data was checked with Kolmogorov-Smirnov test. To test whether the differences of wood production and stand productivity are significant one-way ANOVA and independent samples' t-test was used. Following zero hypothesis was formulated: the standing volume of the dominant stand or the current annual volume increment of the spruce of the dominant stand does not differ significantly by the analyzed groups (different site types, regional localization, ownership and stand origin). The dependence of the wood production and productivity indicators on the quantitative factors (number of trees in the stand, stand age) was tested with the linear regression analysis. Wood production and stand productivity was analyzed in 60-100 years old spruce stands.

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Growth of even-aged young spruce stands

In the analyzed permanent sample plots where 5 m high young spruce stand had been thinned to 2 000 trees  $\text{ha}^{-1}$  the number of trees has decreased only by 300 over 25 years, while the mean height of the stand has increased from 5.5 to 17.1 m, consequently almost by 12 m (figure 3.1, page 12). It is important to note that the dieback of trees has occurred only in recent years.

In the sample with stand height 10 m the number of trees has decreased by 900 trees  $\text{ha}^{-1}$ . The difference of the mean diameter between the samples initially was 4.1 cm, at the end of the observation period it was 2.1 cm; the difference of the mean height initially was 5.2 m but at the end of the observation period – 1.2 m. The basal area in the 5 m high sample initially was by  $10 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  less but at the end of the observation period it was by  $7 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  greater than in the 10 m high sample. In the 5 m high sample mean standing volume has increased tenfold, in the 10 m high sample – only twofold.

In 2006 the standing volume in 15 sample plots of the 5 m sample ranged from  $203 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  to  $460 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ; in the 15 sample plots of 10 m sample – from  $154 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  to  $303 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ . Moreover, the volume difference in the 10 m sample had recently turned negative and over last 7 years on average decreased by  $18 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ . Mean values of the standing volume between both samples ( $307 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  and  $253 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) differed significantly:  $t_{\text{fakt.}} = 2.86 > t_{0.05; 28} = 2.05$ .

These results repeatedly confirm that it is essential to prevent the competition among the trees as early as possible. In the spruce stands that have originated from sparse young stands even a standing volume of  $700\text{-}800 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  at the end of the rotation period is possible (Zālītis P., Lībiets, Zālītis T. 2006). The

thinning of the stands where mean height has exceeded 10 m should be carried out only in cases when the removal of smallest trees is cost effective. The removal of these trees at this mean height will no longer have a positive effect on the further development of the residual stand (Zālītis, Špalte 2001). The results of this research correspond well with the conclusions made by researchers in Latvia and abroad. Kaspars Bušs has stressed the utmost importance of well timed thinnings in spruce plantations pointing out that otherwise mutual competition among trees becomes strained, a part of the trees become suppressed, the viability of spruces decreases and stagnation of the increment begins. Also Lithuanian scientists admit that intensive thinning of young spruce stands as early as possible reduces self-thinning, stabilizes the stand and ensures greater volume yield in the future. It was found out that the highest current annual volume increment is achieved in the stands which have been thinned to 1 200 – 2 400 trees ha<sup>-1</sup>, besides the current volume increment was considerably higher in the sparser stands (Kuliešis, Saladis 1998). Also Urban Nilsson (1994) considers the mutual competition in a dense spruce stand as an important factor that hampers both diameter and height growth. Lithuanian research has proved that in 39 years old spruce stand greatest diameter, height, current annual volume increment and standing volume are reached if the initial number of trees was ~ 2 000 trees ha<sup>-1</sup> but at the time of measurements - ~1 500 trees ha<sup>-1</sup>. If the initial number of trees has exceeded 3 000 trees ha<sup>-1</sup> mean diameter, mean height and current annual volume increment decrease but if the initial number of trees is about 900 trees ha<sup>-1</sup> mean diameter is considerably greater but the opposite is true for the mean height, basal area, current volume increment and standing volume (Kairiūkštis, Malinauskas 2001). Also Finnish experiments prove that stand density has a significant impact both on the diameter and standing volume and it is recommended to establish spruce plantations with initial density of 1 500-1 800 trees ha<sup>-1</sup> (Hannelius 1978).

In the spruce plantations established in the drained transition bog with initial density of 3-4 thousand trees ha<sup>-1</sup> in the thinned part of the stand the reduction in the number of trees is very similar (figure 3.2, page 14); also in this case the number of trees has been constant for a long time and started to decrease only recently.

In all 34 sample plots irrespective of the management regime the number of trees in relatively sparse 17 m high stands is on average about 1 500 trees ha<sup>-1</sup>. It is most likely the self-thinning limit for young spruce stands with mean height up to 20 m. This regularity should be considered when establishing spruce plantations and it should be taken into account when 2-5 m high spruce stands are thinned.

The dynamics of volume accumulation characterizes the growth of the stand most explicitly. The volume accumulation is the most intense in 12-17 m high stands when even 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> are accumulated in the time period of 10 years. It has often been observed that the volume accumulation rate sharply diminishes and even becomes negative when a standing volume of 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> is accumulated in the stand and the stand age has reached 35 years. The

stands where the standing volume does not increase should be considered unpromising from the economical point of view, as their productivity cannot be restored; and they should be cut down before the considerable amount of volume accumulated there has not lost its quality.

Repeated measurements in the sample plots established in 1963 indicate a gradual decline of the growth potential: 10 years ago the stands were productive and healthy (1<sup>st</sup> group), 5 years ago (in 2001) according to the growth potential evaluation method they were judged as increased risk stands (2<sup>nd</sup> group) but in 2006 – already as unpromising stands (2<sup>nd</sup> group) (figure 3.3., page 15).

It is important to note that the number of trees in this stand initially had been greater than 2 500 trees ha<sup>-1</sup>, besides the stand was thinned at the age of 25 years when the mean height already had exceeded 12 m. The small difference of mean diameter, mean height and volume difference between thinned sample plots and the control confirms that thinning was performed too late and has had little impact on the development of the residual stand. Thus the results correspond with conclusions made by Edvīns Špalte and Pēteris Zālītis: the thinning of young spruce stands after their mean height has exceeded 10 m has no positive effect on the growth of the residual stand (Špalte, Zālītis 2001).

Kaspars Bušs (1989) has pointed out that well-observable tree differentiation in dense spruce stands starts already in the fourth to sixth year after planting. It is very possible that pronounced mutual competition at early age has left negative aftereffects and affected the volume accumulation rate in the future.

The logic of this assumption is proved by the volume difference analysis in the object of block 147. The stand was thinned when its mean height was below 2 m. From 1997 to 2006 the standing volume on average has increased by 16-19 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a year, also in the period between last two re-measurements in all sample plots the volume difference has been positive. At the moment of thinning the stand was seven years old.

In the highly productive spruce stands growing on drained soils it is not advisable to retain admixture of birch. With the excavation of melioration ditches the soil aeration is strongly improved and the growth of conifers is very much promoted. The productivity of birch under these new conditions increases only slightly. In Latvia, drained forests on fertile soils dominate, therefore after melioration an aggressive propagation of spruce often begins. Birches hinder the growth of spruces and therefore they should be removed.

The fact that the removal of birch and retention of spruce advance growth is preferable is exemplified with the results from repeated measurements in six sample plots characterizing three forest stands. In 1981, sample plot E-5 was established in *Oxalidosa turf. mel.* site type removing all 80-110 years old birches (~ 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); their height (17.0 m) was greater than that of pines and spruces in the stand. As a result the standing volume of the stand decreased from 211 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> to 113 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and the stand composition corresponded to 6Spruce4Pine. In 2006

the standing volume of the stand was  $366 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , the stand composition – 8Spruce2Pine. Thus the total volume yield of the stand till now makes  $464 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

In the control sample plot E-6 birches were retained. The standing volume of birches has not changed significantly ( $\sim 80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) and, as a result of the dieback of the trees (their present age is 120 years) the number of birches in the dominant stand has decreased from 510 to 180 trees  $\text{ha}^{-1}$ . The stand composition in 1981 was 5Birch3Pine2Spruce. In 2006 the total standing volume was  $338 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  but the standing volume of spruce in this sample plot was  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  less than in the sample plot E-5 where the birches were removed.

In the *Myrtillosa turf. mel.* site type forest growth was analyzed in two compartments, in each compartment two sample plots were established – one for control, in the other in 1982 all approximately 40 years old birches were removed (mean height 12 m). The total amount of advance growth and second storey spruces was relatively small – 700-800 trees  $\text{ha}^{-1}$ , even below 1 000 trees  $\text{ha}^{-1}$  that was considered to be the lowest limit for successful spruce regeneration.

All sample plots are now re-measured three times. The transformation of the stand is clearly evident comparing the data of 1982 and 2006 (table 3.1., page 17).

It is now 25 years since the experiment was established and the reliability of the model developed in 1986 is proved true, the results are achieved even with a smaller number of spruces than 1 000 trees  $\text{ha}^{-1}$ . In the control sample plots (E-14, E-16) the standing volume of 16 m high birches is still  $70\text{-}80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  but in these sample plots the total standing volume is by  $40\text{-}50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  less than in the thinned sample plots where all birches were removed, thus gaining  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  of extra timber.

The results of this experiment correspond well with the conclusions of other researchers about the negative impact of broadleaves' admixture on the productivity of conifer stands. Modeling the productivity of mixed spruce-birch stands in Estonia, Kalev Jõgiste has found out that birch admixture has a negative effect on the diameter growth of both tree species, and the productivity of the stand increases as the proportion of birch decreases (Jõgiste 1998). Analyzing the data from 2 368 pure and mixed spruce stands in Latvia, it was concluded that each composition unit of birch admixture reduces the total standing volume of the stand by 5-6% (Krastiņš 1981). Investigating the regularities of current annual increment in 37 years old spruce-birch mixed stands Byelorussian researchers have found out that the removal of birch increases current annual volume increment of spruce by 30% (Кожевников, Феофилов 1972). Kaspars Bušs had a very explicit point of view against the retention of broadleaves' admixture in the conifer stands; he stressed that this admixture considerably decreases standing volume and volume increment, reduces timber quality and stand stability against wind damage (Буш, Иевинь 1984, Bušs 1989, Буш 1989). Also Pēteris Zālītis, analyzing the self-regulation of drained forests from the hydrological point of view has concluded that the retention of birch admixture in drained conifer stands is a

mistake (Залитис 1982). Toms Zālītis has analyzed the data of Latvian Forest resource monitoring and concluded that birch admixture in spruce stands has a negative impact on the standing volume compared to the pure spruce stands (Zālītis T. 2008).

### ***3.2. Growth potential of young and middle-aged pure spruce stands***

According to the results of the analysis, in eight regional forestries of “LVM” 2 508 stands are unpromising, total standing volume in these stands equals 1.25 million m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Mean standing volume of the stand in this group is 291 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. The share of stands of different growth potential groups differs in each regional forestry (table 3.2., page 18).

The growth potential differences in spruce stands of different regional forestries are not accidental. Dividing the territory of Latvia with an imaginary line Rīga-Bauska, widely used in ecological studies, two regions can be distinguished: Western Latvia (Northern Kurzeme, Southern Kurzeme and Zemgale forestry) and Eastern Latvia (Western Vidzeme, Eastern Vidzeme, Vidusdaugava, Northern Latgale and Southern Latgale forestry). Growth potential of young spruce stands differs significantly between these regions. In Western Latvia 8% of all analyzed stands were unpromising, in Eastern Latvia – 14%. In Western Latvia 48% of analyzed compartments can be considered perspective while in Eastern Latvia it is only 19%.

Mean values of the stand parameters in each group partly explain the emergence of these groups (table 3.3., page 19).

3<sup>rd</sup> group stands are slightly older than 1<sup>st</sup> group stands. 3<sup>rd</sup> group stands have most likely originated from overstocked stands of the 2<sup>nd</sup> (increased risk) group. The highest values of the standing volume and basal area are found in the 3<sup>rd</sup> group stands confirming their former productivity. Yet current annual volume increment which decreases from 16.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a year in the 1<sup>st</sup> group stands to 10.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a year in the 3<sup>rd</sup> group stands indicates that the period of high productivity in the 3<sup>rd</sup> group stands is over. This regularity is even more striking when current annual volume increment per one square meter of the basal area is compared. At present each square meter in the 1<sup>st</sup> group stands produces twice as much wood as each square meter in 3<sup>rd</sup> group stands.

Of the analyzed 75 sample plots of Forest resource monitoring the greatest mean diameter is in the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> group stands (very similar values) but the greatest mean height – in the 3<sup>rd</sup> group stands. Also the greatest standing volume is accumulated in the 3<sup>rd</sup> group stands yet similarly to the previously analyzed “LVM” compartments the period of the high productivity is over and current annual volume increment in the 3<sup>rd</sup> group stands is almost one half less than that of the 1<sup>st</sup> group stands. Also current annual volume increment per one square meter of basal area is considerably smaller in 3<sup>rd</sup> group stands than in 1<sup>st</sup> group stands (table 3.4., page 20).



Even though the values of the current annual volume increment can seem rather high also in the 3<sup>rd</sup> group stands they reflect only stand productivity and not the volume yield which is economically more important. It must be emphasized that the methodology for the evaluation of the growth potential was developed following the volume accumulation dynamics in the permanent sample plots over a long time period and the group indicators were selected according to the values of real volume yield (volume difference). Frequently in the stands with the current annual volume increment still around 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a year the volume accumulation has stopped because of the intense dieback of trees and fast reduction of the annual ring width of the thickest, most valuable trees, although the smallest trees probably start growing better due to the increase of the growing space as a result of the self-thinning of the stand. This aspect was taken into account when the method for the evaluation of the growth potential was developed.

Mean growth potential indicator 1.84 for 355 compartments shows that there are more 1<sup>st</sup> group stands than 3<sup>rd</sup> group stands. These values are calculated using group numbers – 1, 2 and 3, and they are not suitable for a more detailed biometrical analysis of the growth potential. Therefore it was important to develop one easily calculable numerical indicator that would as precisely as possible characterize the growth potential of each compartment.

Mean width of the annual ring certainly contains very important information and is suitable as a basic indicator. It can be adjusted multiplying by coefficient  $a$  or coefficient  $r$ . There is a strong correlation between these two coefficients, they both are greater in more productive stands; their values decrease with the decline of the growth potential.

As the coefficient  $a$  indicates only the slope of the regression line but the coefficient  $r$  characterizes both the slope of the annual ring width-tree diameter regression line and the differences of the annual ring width for the trees of the same diameter, coefficient  $r$  was selected as a multiplier for the mean annual ring width  $i$  (mm). As  $r < 1.0$  the indicator  $i \times r$  will always be less than  $i$  and in the unpromising stands where  $r = 0$  also the growth potential indicator  $i \times r = 0$ . The results show that also  $r < 0$  is possible, however seldom. According to the limitations, in the 3<sup>rd</sup> group stands where  $i < 2.0$  mm and  $r < 0.60$  the indicator  $i \times r$  cannot exceed 1.2 mm. But in the 1<sup>st</sup> group stands the indicator  $i \times r$  will always be greater than 1.2 mm. Thus it is possible to develop a scale for the characteristics of the growth potential of the spruce stands – the greater the indicator  $i \times r$ , the more productive and healthy is the stand.

The correctness of this assumption is confirmed by the statistics of the indicator  $i \times r$  within each group (table 3.5., page 22). Especially biometrical peculiarities of the distribution of the indicator  $i \times r$  should be emphasized. In the 1<sup>st</sup> group there is a relatively high left skewness ( $A = 1.94$ ) indicating that the distribution graph is inclined to the left. In the 3<sup>rd</sup> group there is a negative right skewness ( $A = -0.57$ ) showing that greater values prevail. The distribution of the

2<sup>nd</sup> group is rather symmetrical ( $A = 0.18$ ) and the mean value ( $i \times r = 1.18$ ) practically coincides with the median (1.19 mm).

Numerical, as well as graphical characteristics of these regularities clearly demonstrate that all three groups are parts of one probability distribution (normal distribution) with the values of 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> group as marginal. Also the analyzed Forest resource inventory data confirm this.

The empirical values of the indicator  $i \times r$  vary between + 4.04 mm (1<sup>st</sup> group) and - 0.06 mm (3<sup>rd</sup> group). However, these marginal values should be considered unique with extremely large deviation from the mean values of the samples. The sample of 1<sup>st</sup> group stands is particularly extended because it includes some especially productive and healthy stands. The deviation of the indicator  $i \times r$  from the mean value in these stands strongly exceeds the interval of two standard deviations:  $i \times r + 2s = 2.16 + 1.04 = 3.20$  mm. Such positive irregularities are characteristic to outstandingly good stands whose growth potential causes no problems for their management. In the analyzed 75 sample plots of Forest resource monitoring the growth potential indicator  $i \times r$  varies from 0.3 mm (3<sup>rd</sup> group) to 2.2 mm (1<sup>st</sup> group). This range is considerably smaller than that of the 355 stands analyzed in the forests of "LVM" and it fits in the interval of two standard deviations.

The limits between groups are not strictly defined. In the context of the research objective the limit between 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> group is of relatively small importance as the growth potential of the worst stands in the 1<sup>st</sup> group is similar to the growth potential of the best stands in the 2<sup>nd</sup> group, and all these stands should be managed in a like manner. But the stands of the 3<sup>rd</sup> group are considered to be hopelessly collapsing and should be removed in the near future; therefore a strict limit between the stands of the 3<sup>rd</sup> and 2<sup>nd</sup> group is necessary.

In connection with the empirical distribution of the indicator  $i \times r$  in the 3<sup>rd</sup> group stands this limit is fixed as the maximal value of the indicator in this group - 0.7 mm. In this case 4% of the 2<sup>nd</sup> group stands which were identified using three indicators ( $i$ ,  $a$  and  $r$ ) pass to the 3<sup>rd</sup> group. It is permissible, for only the weakest stands of the 2<sup>nd</sup> group pass to the 3<sup>rd</sup> group; it is most likely that the growth potential of these stands will decline to the 3<sup>rd</sup> group level in the coming years. The data analyzed in the permanent sample plots show that the growth potential of pure spruce stands declines with the time and there are no stands that would pass from 3<sup>rd</sup> group to the 2<sup>nd</sup> group.

From the analyzed 75 sample plots of Forest resource monitoring 12 stands or 16% are included in the 3<sup>rd</sup> group. In this case the number of 3<sup>rd</sup> group stands exceeds the number of 1<sup>st</sup> group stands twice.

The results concerning the compliance of the empirical distribution of the indicator  $i \times r$  with the normal distribution indicates that occurrence of the spruce stands of different growth potential groups is the form of existence of the spruce stands of this age and origin in Latvia and it should be reckoned with in the practical forestry. Our opinion that the spruce stand collapses is probably wrong

and this process is nothing more than a formation of uneven aged multi-storied stand which is a natural form of spruce forest in Latvia.

Comparing the mean values of the indicator  $i \times r$  in 355 stands of eight forestries it was discovered that there are significant differences between Northern Kurzeme and Southern Kurzeme (p-value of one-way ANOVA 0.001), Northern Kurzeme and Vidusdaugava (p-value 0.000), Northern Kurzeme and Western Vidzeme (p-value 0.024), Northern Kurzeme and Eastern Vidzeme (p-value 0.000), Northern Kurzeme and Northern Latgale (p-value 0.000), Zemgale and Southern Kurzeme (p-value 0.025), Zemgale and Vidusdaugava (p-value 0.000), Zemgale and Eastern Vidzeme (p-value 0.000) and Zemgale and Northern Latgale (p-value 0.004). The highest growth potential indicator values are in Northern Kurzeme and Zemgale forestry (figure 3.4., page 24).

Lower average values in the sample plots of Forest resource monitoring can be explained with the regional localization of these sample plots. In both regional forestries where, according to the analysis of the data from "LVM" forests, the values of the growth potential indicator are the highest (Ziemeļkurzeme and Zemgale regional forestry) only nine Forest resource monitoring sample plots are located. Nevertheless, confirming the above mentioned, there are no 3<sup>rd</sup> group stands in Northern Kurzeme forestry. The majority of the Forest resource monitoring sample plots are located in Western Vidzeme (16 sample plots) where the growth potential is average and in Eastern Vidzeme (15 sample plots) where the growth potential is one of the lowest.

There is no reason to deny an assumption that growth potential of pure spruce stands depends on the growing conditions. The lowest growth potential is characteristic to the spruce stands on drained peat soils. Statistically greatest growth potential difference exists between stands on drained mineral soils and drained peat soils (p-value of independent samples' t-test 0.042); there is also a statistically significant growth potential difference between stands on dry mineral soils and drained peat soils (p-value 0.046) (figure 3.5., page 25). Kaspars Bušs (1972) has observed signs of decline in 50-60 years old spruce stands on fertile drained soils. Also Pēteris Zālītis (1967) has concluded that on fertile drained sites where the productivity of conifer stands is high, spruces are often wind-shaken, their roots get torn off, the growth of trees is strongly reduced, and the trees often die. Yet in this research it is not possible to explain the decline of the growth potential with the growing conditions alone. Low growth potential is characteristic also to the spruce stands on dry mineral soils; moreover, the results of this research have shown that the growth potential on average is the highest in the spruce stands on drained mineral soils.

Also the analysis of 75 Forest resource monitoring sample plots has revealed that the highest growth potential is characteristic to the spruce stands on drained mineral soils, although the differences were not statistically significant.

However, it must be mentioned that only three of Forest resource monitoring sample plots were located on drained peat soils.

The growth potential of initially overstocked spruce stands decreases with the time; and after the age of 45 years there are no stands of the 1<sup>st</sup> group (figure 3.6., page 26).

Yet there is no reason to declare that in 30-40 years old healthy spruce stands that have been appropriately thinned the growth potential will certainly decrease after these stands will reach age of 45 years. It is also important to mention that unpromising stands are found all over the analyzed age interval. It repeatedly suggests that spruce stands in Latvia should be managed rather according to their real growth potential than only according to presently existing felling age and target diameter.

The results from 75 Forest resource monitoring sample plots confirm the above mentioned – with the stand age the growth potential decreases, even though the correlation is slightly weaker than in the spruce stands of “LVM”. Also in this case unpromising stands are found all over the analyzed age interval.

It was also tested whether there are significant growth potential indicator  $i \times r$  differences in state and private forests. The results of the analysis did not confirm this assumption (p-value of independent samples' t-test 0.926).

The results of the growth potential analysis in 355 compartments managed by “LVM” as well as in 75 sample plots selected from the data bases of Forest resource monitoring and representing both state and private forests clearly demonstrate that it is necessary to revise the existing regulations that refer to the management of spruce forests. Pure spruce stands that have now reached the age of 30-50 years are established at the time when the stand regeneration was done planting considerably more trees per ha than at present. These dense young stands were often not appropriately thinned – scientifically based arguments concerning the crucial impact of early thinnings on the future development of the stand appeared in Latvian scientific literature only in the last decade of 20<sup>th</sup> century. These spruce stands, previously weakened by strong competition, are the result of the mistakes done several decades before, a problem that has to be solved now.

### ***3.3. Standing volume and current annual volume increment of pure spruce stands in Latvia***

According to the presently available data from Forest resource monitoring, spruce-dominated forest stands take up 515.4 thousand ha or 16% of the total forest area in Latvia (Pārskats par Meža attīstības fonda finansēto pētījumu “Meža resursu monitorings” 2006). Comparing the data provided by State Forest service and Forest resource monitoring, in both cases the share of birch and spruce stands is similar but the data from Latvian State Forest service show considerably larger share of pine stands but smaller share of grey alder, aspen and other tree species' stands (figure 3.7., page 27).

Most likely, the data from the Forest resource monitoring describe the situation in the forests more precisely. Establishment and measurement of the sample plots are done according to methods approved in many other European countries. In several countries this kind of inventory is the only source of information concerning the forest resources.

Even though the Forest Law tells that it is the duty of each forest owner to complete a forest inventory once every ten years (without an inventory it is not possible to receive a permit for the tree felling and other actions stated in the regulations), there are no sanctions if this requirement is not met. Therefore it is possible that in a part of those private forests where there has been no economic activity during last ten years there is also no forest inventory carried out.

The age structure both in state and in private forests is uneven. The number of sample plots in 21-40 years old stands strongly exceeds the number of sample plots in other age classes (figure 3.8., page 28).

The results of the research regarding the age structure of spruce stands in the state forests correspond well with the information provided by "LVM" (Fakti par mežu 2008). The main reason why there are so many young stands is the expansion of spruce in the sixties of the 20<sup>th</sup> century when many sites suitable for pine were afforested with spruce. It was partly done because of well-grounded reasons (large moose population that caused great damages to the young pine stands) but partly the assumptions were not reasonable (it was thought that spruce stands require less attention). The strikingly small amount of 11-20 years old stands in the private forests most likely reflects the situation during the nineties of the 20<sup>th</sup> century when forest regeneration after the clearcut was very often inadequate and many sites where spruce had grown were left to regenerate naturally with broadleaves. The private spruce forest regeneration rate has recently improved; the reason is most likely more strict cutting restraints, as well as recently available state and EU support programs for the forest management, for example, projects for the afforestation of former agriculture lands financed by SAPARD (Special Action Programme for Agriculture and Rural Development), as well as ES structural funds for the afforestation of former agricultural lands and support for the reconstruction of the non-valuable stands in the planning period from 2004 to 2006 (ES struktūrfondu atbalstāmās aktivitātes 2008).

From the selected stands 59 are 60-100 years old. The values of stand productivity and volume yield parameters are distributed normally (p-value of the Kolmogorov-Smirnov test for the standing volume of the dominant stand 0.790 and for the current annual volume increment of spruce of the dominant stand – 0.560).

Mean standing volume of the dominant stand in this age group is  $290.1 \pm 14.62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , but current annual volume increment of spruce of the dominant stand –  $8.9 \pm 0.50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year. The highest value of the standing volume is  $595 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , the lowest –  $87.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . The maximal value of the current annual volume increment of spruce in 60-100 years old stands is  $18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year, but minimal value –  $2.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year (table 3.6., page 29).

The results show that pre-mature and mature spruce stands retain relatively high productivity. The mean value of the current annual volume increment of spruce in 61-80 years old stands is  $9.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year but in 81-100 years old stands –  $7.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year. Consequently rather intense volume accumulation continues also in the stands that have reached the rotation age (81 year). For comparison: in previous studies it was found out that in the pine stands that have reached the rotation age the value of current annual volume increment is on average only  $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year (Lībiete 2006). In the analyzed 60-100 years old spruce stands every square meter of the basal area still produces 0.16 to  $0.70 \text{ m}^3$  wood ( $0.40 \text{ m}^3$  on average) and there is only weak negative correlation between the stand age and the current annual volume increment ( $r = -0.35$ ).

Obviously there are not only young spruce stands where the volume accumulation has stopped but also pre-mature and mature spruce stands that are still rather productive. Also literature data confirm that volume accumulation in the spruce stands can continue even at the age of 100-120 years (Zviedris, Saceniņš, Matuzānis 1961). Consequently a question occurs: is it rational to cut down stands that still produce wood rather intensely? In the scientific literature there has been a suggestion to use the current annual volume increment rather than the stand age to determine the moment of felling and to schedule the final felling for the stands with high current annual increment (including those that have already reached the rotation age) not sooner than after 20 years (Тярве 1967).

In 60-100 years old pure spruce stands there is a moderate linear relationship between the standing volume and current annual volume increment ( $r = 0.71$ ). The greater the value of already accumulated standing volume the more intensely the stand still produces wood. All stands in the analyzed age group where the standing volume has reached  $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  still produce no less than  $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year.

The highest values of the standing volume and also of the current annual volume increment were observed in 60-100 years old pure spruce stands on drained mineral soils, although the differences were not statistically significant. In the stands on drained mineral soils the mean standing volume of the dominant stand was  $324 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  but in the stands on dry mineral soils and on drained peat soils –  $279 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  and  $309 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectively. Similar results were obtained by Edvīns Špalte and Pēteris Zālītis (2003) comparing the standing volume in the spruce stands on dry and drained soils. They concluded that the differences of the mean values of the standing volume in the stands that have reached the rotation age are random and the samples can be merged.

The mean value of the current annual volume increment of the spruce of the dominant stand in the forests on drained mineral soils is  $9.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year but in the stands on dry mineral soils and drained peat soils –  $8.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year.

The results regarding productivity and volume yield of pre-mature and mature spruce stands logically supplement with the conclusions made in the previous chapter – that highest growth potential is characteristic to the spruce stands on drained mineral soils. Even though it was found out that the impact of the growing conditions on the growth potential of young spruce stands is small (Zālītis, Lībiete 2005, Lībiete, Zālītis 2007) it is still significant and apparently has an impact on the further development of the stand.

Surprisingly, in 60-100 years old stands the highest mean standing volume is found in the Northern Kurzeme regional forestry, although the analysis of the data base in the previous chapter showed that the standing volume in this regional forestry is the lowest. Yet the growth potential in the spruce stands of Northern Kurzeme is the highest and thus confirms the fact that healthy stands can be formed there. These differences can partly be explained by the particularities of the data sampling in the forests of “LVM” and Forest resource monitoring sample plots: the FRM sample plots are established in a regular grid, therefore they do not always represent the compartment precisely. Yet the differences both in the case of the standing volume and of the current annual volume increment are statistically random.

There were no significant differences of standing volume of the dominant stand in naturally formed and planted spruce stands detected. However, it was found out that the current annual volume increment of spruce of the dominant stand is significantly higher in planted ( $12.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year) than in naturally regenerated ( $8.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a year) spruce stands, p-value of independent samples' t-test 0.017. It must be emphasized that from 59 stands in this age group only seven were defined as planted. For comparison: examining younger pure spruce stands, it was found out that more than  $\frac{3}{4}$  (79%) of all selected 20-40 years old young spruce stands and almost half (47%) of all selected 41-60 years old middle-aged spruce stands were defined as planted. It is rather certain that those stands that were defined as naturally regenerated are uneven aged. Exactly the age difference of the trees of the dominant stand is the main indicator confirming that the stand has formed naturally. It is known from the literature that until 1940 spruce stands were regenerated almost exclusively naturally (Mangalis 2004). As late as in 1960 Arvīds Zviedris (1960) admitted that it is more profitable to regenerate the spruce stands naturally; wide establishment of planted spruce stands was started only after 1960 (Saliņš 2002). Accordingly the majority of the stands that are now pre-mature and mature have formed naturally.

In this research also the standing volume and current annual volume increment in pure and mixed spruce stands was compared. Mean stand age in the analyzed pure and mixed stands was very similar.

Some statistically significant differences between pure and mixed spruce stands were detected, for example, current annual volume increment of spruce of the dominant stand was greater in pure stands (p-value of the independent samples' t-test 0.000). Analyzing the mixed stands in more detail, it was found out that the

most widespread admixture species in spruce stands are birch and pine. From 105 mixed stands 87 had admixture of birch, 43 of those included also pine in the stand composition. The information from the literature tells that birch admixture increases the standing volume of young stands but as the stand age increases, the volume differences in pure and mixed stands even out (Труль 1955). In this case also the standing volume was considerably higher in pure stands.

The fact that the standing volume and the current annual volume increment of spruce of the dominant stand remains significantly higher in pure stands indicates that it is preferable to remove broadleaves during thinnings. The principle “pure stands in a mixed forest” remains true for the spruce stands in the economically available forests of Latvia. Thus the results of this research correspond with the conclusions drawn by Kaspars Bušs (1978, 1984) and Pēteris Zālītis (2006).

It is a popular opinion that the forests of private owners are overexploited and therefore the productivity and standing volume there is considerably lower than in the forests owned and managed by the state. Indeed, in 1998 total timber volume logged in the private forests exceeded that logged in the state forests; in after years the difference increased and already in 2002 the amount of timber volume logged in the private forests was twice as high as that of the state forests. Recently the thinning intensity in the private forests has decreased.

Spruce forests are very important for the private owners: 39% of all spruce-dominated stands belong to the private owners (Meža statistika 2007). For example,  $\frac{1}{4}$  of total timber volume logged in the final fellings in 2000 came from the private spruce forests, whereas from the state-owned spruce forests – only 5%. Until 2004 the amount of timber volume logged in the final fellings in the private spruce forests was several times higher than that of the state-owned spruce forests. At the same time the intensity of thinnings which is one of the most important measures to ensure the use of all wood production was much less in the private forests than in the state forests.

The statistics discussed above theoretically allow an assumption that private spruce stands are exploited more intensely and thinned less carefully, therefore their productivity and volume yield should be lower than in the spruce forests owned and managed by the state. However, when this was tested a different regularity was revealed. Analyzing the data selected from the databases of first four years of Forest resource monitoring (in total 224 sample plots in pure spruce stands, 165 of these in 30-50 years old and 59 in 60-100 years old stands) it was found out that in both analyzed age groups there exist no significant differences between the mean values of the stand parameters (including the indicators of stand productivity and volume yield) in state and private forests (table 3.7., page 33).

Although the differences of the mean stand parameters are not statistically significant, it is interesting to note that in both analyzed age groups the tree dimensions are on average greater in the private forests. The popular opinion that



in the private forests all most valuable trees are removed during thinnings but the smallest and less valuable – left is thus not confirmed by this study.

## 4. Summary

Permanent sample plots that were established in young spruce stands 25-40 years ago and are regularly re-measured, provide unique information concerning the growth of pure spruce stands. The results of the research repeatedly confirmed the importance of early thinnings to the further development of the stand, as well as the negative impact of broadleaves' admixture in the conifer stands. It was found out that the fastest volume accumulation takes place in 12-17 m high stands but, as the standing volume reaches 250-300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, the volume accumulation rate often sharply decreases and the growth potential of the stand declines.

The growth potential analysis in 30-50 years old spruce stands in state and private forests all over Latvia has shown that in this age interval spruce stands of three growth potential groups (1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>) are parts of one normal distribution with the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> groups as marginal values.

The results of the analysis of pre-mature and mature spruce stands indicated that also in these stands often intense volume accumulation takes place but due to the small number of trees their standing volume is less than potentially possible. These stands are mainly of a natural origin and uneven aged.

The specific character of the analyzed empirical material indicates that there are presently three groups of spruce stands in Latvia that differ from each other by origin and growth peculiarities.

1. Pre-mature and older uneven aged stands that have formed naturally from the spruces of advance growth approximately until the middle of 20<sup>th</sup> century. It is very probable that a part of these stands has initially been mixed and broadleaves were removed in thinnings or have declined naturally. This assumption is also indirectly confirmed by the number of analyzed mixed stands that was almost twice as high as the number of analyzed pure stands. The current annual volume increment in these stands remains rather high but the number of trees is small – usually below 500 trees ha<sup>-1</sup>.
2. Young and middle-aged planted spruce monocultures that were established after 1960 planting more than 2 500 trees ha<sup>-1</sup>, including also considerably overstocked stands, initially planted as pulpwood plantations. In most cases these stands are not thinned in time therefore the trees weakened by a mutual competition cannot implement their potentially high productivity for long; stagnation of the current annual volume increment and intense dieback of the trees can be observed.
3. Sparse young stands that are established according to the latest scientifically founded recommendations. The number of such stands at present increases fast and it is expected that this process will continue in

the future. The growth of these sparse, appropriately thinned stands is different from the previously mentioned two groups, yet there are still no regulations for the management of such stands.

The limits of these groups are by no means strictly defined; there are both naturally originated stands and timely thinned plantations in the spruce forests of all age groups. However the analysis of the available information shows that these differences are rather explicit.

In Latvia, the management of the spruce stands is carried out with too little respect for the ecological demands of the tree species. Sharp decline of the growth potential in presently 30-50 years old pure spruce stands should be evaluated as the adaptation of these stands to the inadequate management regime that is imposed on them. In this kind of stands the increased tree dieback and coming forward of some trees as leaders is a mechanism of self regulation which will ensure the survival of the forest ecosystem. Nonetheless, the volume yield of the stand will decrease and at the moment of the rotation age it will be less than at present. In the forest on dry mineral soils the situation could theoretically be amended transforming the unpromising even aged pure spruce stands into uneven aged stands. However practically this is hardly possible, both due to the economical considerations (high costs, small timber gain) and also because there might occur serious problems in correct identification of the perspective future trees, especially in those stands where the productivity has only recently started to decrease. Particularly problematical situation with the time might arise in the drained forests where the establishment and management of stable uneven aged spruce stands is not possible due to the soil properties. Moreover, even aged stands are more productive and give a higher volume yield; the standing volume in multi-layered uneven aged stands usually does not exceed 220-240 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Connecting presently known facts, results of the scientific research and conclusions drawn in the practical work, it is possible to develop a spruce stand management model considering the ecological demands of this tree species. Managing the spruce stands in Latvia, along with the rotation age and target diameter indicating the moment of final felling; a removal of the unpromising 30-50 years old stands according to their growth potential should be considered. It is inadmissible to retain these stands for several decades, according to the existing regulations. It is certainly possible to grow even aged spruce stands also on drained sites, but in this case the stand management requires more attention and the mutual competition of the trees must be averted in time.

## **5. Main conclusions and proposals**

### ***Main conclusions:***

1. At present there are three groups of spruce stands in Latvia that differ from each other by origin and growth peculiarities: pre-mature and older stands that have formed naturally from the spruces of advance growth approximately until the

middle of the previous century; young and middle-aged spruce plantations established with more than 2 500 trees ha<sup>-1</sup> including also considerably overstocked stands; sparse spruce stands that are established according to the latest scientifically founded recommendations.

2. In stands that have been thinned down to 2 000 trees ha<sup>-1</sup> before their mean height has reached 5 m all stand parameters increase much faster than in the stands that have been 10 m high at the moment of thinning. Results repeatedly confirm the significance of early thinnings in the future development of the stand.
3. In initially overstocked stands where the standing volume has reached 250-300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> the volume accumulation rate often sharply diminishes and the growth potential of these stands declines.
4. The results confirm that the growth potential indicators  $i \times r$  in 30-50 years old stands in all three growth potential groups (1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>) are parts of one normal distribution with the stands of 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> group as marginal values. The decline of the growth potential in these stands, which most likely have originated from overstocked and inappropriately thinned plantations, is adaptation to the existing situation, an attempt to form a multi layered uneven aged stand that is a natural form of spruce forest in Latvia.
5. A majority of the analyzed 60-100 years old stands have formed naturally. It can be explained by historical situation in the management of spruce stands. In the naturally formed spruce stands the current annual volume increment of spruce is lower than in the planted spruce stands.
6. In pure spruce stands a higher current mean annual volume increment of the spruce of the dominant stand is retained compared to the mixed spruce stands. This repeatedly confirms the necessity to avoid formation of mixed stands in the economically available forests. Main admixture tree species in the spruce stands is birch.

### ***Proposals:***

1. An economical substantiation for the removal of 30-50 years old unpromising (3<sup>rd</sup> group) stands should be developed based on the results of the growth potential analysis of the state forests.
2. Connecting the results of the practical research and conclusions drawn from the practical work, legal provisions for the removal of the unpromising 30-50 years old even aged spruce stands in the economically available forests should be introduced in the existing regulations. This would reduce the economic losses that will inevitably occur when the accumulated wood in these stands will lose its quality.
3. Appropriate recommendations for the management of initially sparse spruce stands should be developed, for the number of such stands will increase in the future as a result of the present forestry practices.

