

## **Biomasa uzkrāšanās baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench.) jaunaudzēs**

*M. Daugaviete*<sup>1</sup>

Daugaviete, M. (2010). Biomass accumulation in young grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) stands. Mežzinātne | Forest Science 21(54): 16-30.

**Kopsavilkums.** Rakstā apkopoti pētījumu rezultāti par baltalkšņu izcirtumu atjaunošanās un biomasas uzkrāšanās gaitu 1-5 gadus vecos ziemas izcirtumos. Konstatēts, ka baltalksnis ziemas izcirtumos atjaunojas bagātīgi, galvenokārt ar sakņu atvasēm, kuru skaits pirmajā gadā sasniedz 33600-220000 gab. ha<sup>-1</sup>, bet otrajā gadā samazinās par 16-46% un turpmāk katru gadu samazinās par 15-20%. Agrīnajā augšanas stadijā baltalkšņu jaunaudzes ir dažāda vecuma un biezuma, kas apgrūtina biomasas noteikšanu ar tradicionālajām taksācijas metodēm, jo 1-2 gadu vecumā nav iespējams izmērīt kociņu krūšaugstuma caurmēru ( $d_{1,3}$ ). Agrīnajā vecumā arī kociņu augstuma atšķirības baltalkšņu jaunaudzēs ir lielas. Pētījuma galvenais mērķis – izstrādāt praksē ērti izmantojamu, 1-5 gadus vecu, nekoptu baltalkšņu jaunaudžu virszemes dabiski mitras bezlapu biomasas (turpmāk biomasas) novērtēšanas metodi. Izstrādāts vienādojums 1-5 gadus vecu baltalkšņu jaunaudžu biomasas aprēķinam, kur biomasa izskaitļota kā funkcija no kociņu vidējā augstuma un kociņu skaita uz ha:  $M = 0,0536 \cdot H_v^{2,2516} \cdot N$ . Šai sakarībai ir cieša pozitīva korelācija,  $R^2 = 0,9051$ .

Rakstā apskatīta baltalkšņu jaunaudžu biomasa, kas aprēķināta, sākot ar kociņu vidējo augstumu  $H_v = 0,8$  m 1-gadīgā audzē līdz kociņu vidējam augstumam  $H_v = 4,8$  m 5-gadīgā audzē; kociņu skaits uz 1 ha – no 10000 līdz 100000 gab. Nekoptu baltalkšņu jaunaudžu biomasa svārstās ļoti plašās robežās – no 0,9 t ha<sup>-1</sup>, ja audzes vidējais augstums ir  $H_v = 0,8$  m, līdz 64,4 t ha<sup>-1</sup>, ja audzes vidējais augstums ir  $H_v = 4,8$  m. Aprēķinātā biomasa no faktiskās var atšķirties par ±2,8-5%.

**Nozīmīgākie vārdi:** baltalksnis, dabiski mitra biomasa, vidējais augstums, koku skaits uz ha.

•••

Daugaviete, M., LSFRI “Silava”. **Biomass accumulation in young grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) stands.**

**Abstract.** Provided is a method for determining naturally humid leafless surface biomass of 1 to 5 year-old untended young stands of grey alder (hereafter referred to as biomass) and the values calculated in determining easily measurable characteristics of young stands – the average height and number of coppice shoots per unit area.

<sup>1</sup> LVMI “Silava”, Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija; \*e-pasts: mudrite.daugaviete@silava.lv

An equation is developed for calculating the biomass of 1 to 5 year-old grey alder stands, where biomass is determined as a function of the average height of coppice and the number of coppice shoots per ha:  $M = 0.0536 \cdot H_v^{2.2516} \cdot N$ . This interrelation has a close positive correlation  $R^2 = 0.9051$ .

The biomass of untended young stands of grey alder is calculated starting from the average coppice height  $H_v = 0.8$  m in a year-old stand to the average coppice height  $H_v = 4.8$  m in a 5 year-old stand, with the number of coppice shoots per ha from 10,000 to 100,000. The calculations show that, with the average height of 1 to 5 year-old grey alder stands varying by 0.1 m only, the volume of surface biomass at the same number of shoots per ha increases on the average by 30%, but with the number of trees increasing by 10,000 – by 40%.

The investigations show that naturally humid 1 to 5 year-old untended grey alder stands are uneven, while with the age increasing notable differences in tree dimensions appear.

The medium tree height,  $H_v$  (m), diameter of root collar,  $D_v$  (cm), and biomass,  $m_v$  (kg) of individual tree in different age are:

for 1-year shoots –  $H_v = 1.38 \pm 0.45$  m;  $D_v = 0.91 \pm 0.21$  cm;  $m_v = 0.066 \pm 0.058$  kg;

for 2-year shoots –  $H_v = 2.5 \pm 0.58$  m;  $D_v = 1.67 \pm 0.42$  cm;  $m_v = 0.33 \pm 0.13$  kg;

for 3-year shoots –  $H_v = 3.04 \pm 0.64$  m;  $D_v = 2.49 \pm 0.59$  cm;  $m_v = 0.72 \pm 0.35$  kg,

for 4-year shoots –  $H_v = 4.38 \pm 0.64$  m;  $D_v = 2.94 \pm 0.63$  cm;  $m_v = 1.32 \pm 0.61$  kg and

for 5-year shoots –  $H_v = 4.81 \pm 0.54$  m;  $D_v = 4.07 \pm 0.53$  cm;  $m_v = 2.09 \pm 0.72$  kg.

The biomass of 1 year-old untended grey alder stands of various density varies within a fairly wide range – from  $0.9 \text{ t ha}^{-1}$  to  $7.7 \text{ t ha}^{-1}$ ; for 2 year-old stands – from  $2.2 \text{ t ha}^{-1}$  to  $23.6 \text{ t ha}^{-1}$ ; for 3 year-old stands – from  $5.2 \text{ t ha}^{-1}$  to  $28.9 \text{ t ha}^{-1}$ ; for 4 year-old stands – from  $7.3 \text{ t ha}^{-1}$  to  $57.4 \text{ t ha}^{-1}$ ; and for 5 year-old stands – from  $15.2 \text{ t ha}^{-1}$  to  $64.43 \text{ t ha}^{-1}$ . In practice the calculated biomass may differ by  $\pm 2.8$ -5%.

**Key words:** grey alder, naturally humid biomass, average height, number of trees per ha, natural regeneration, coppice, biomass.

•••

Даугавиете М., ЛГИЛН „Силава”. **Накопление биомассы в молодняках серой ольхи (*Alnus incana* (L.) Moench).**

**Резюме.** В статье приводятся результаты исследований процесса восстановления и накопления биомассы на зимних вырубках в молодняках серой ольхи, возраст которых с 1 до 5 лет.

Выявлено, что ольха на зимних вырубках восстанавливается очень интенсивно и количество деревьев, в основном корневых побегов, на первом году достигает  $33600$ - $220000$  шт.  $\text{га}^{-1}$ , на втором году снижается на 16-46%, а в последующие годы – на 15-20% ежегодно.

Установлено, что густота и возраст насаждений на различных участках

вырубки существенно отличаются, поэтому усложнена оценка объёмов биомассы традиционными методами таксации, поскольку нет возможностей определения  $d_{1,3}$  в 1-2-летнем возрасте. Высота деревьев в молодняках серой ольхи также сильно отличается.

Основной задачей исследований являлась разработка методики определения надземной свежезаготовленной биомассы без листьев (далее биомассы) серой ольхи на основе легко измеряемых показателей деревьев и насаждений.

В результате измерений высоты, диаметра корневой шейки, возраста и массы 1500 деревьев и количества деревьев на круглых пробных площадях размером 3,14 м<sup>2</sup> (радиус 1 м), установлено, что массу дерева с большой вероятностью можно рассчитать как функцию от высоты дерева по формуле  $m = 0,0536 \cdot H_v^{2,2516}$  ( $R^2 = 0,9051$ ), а биомассу насаждения в кг га<sup>-1</sup> – по формуле  $M = 0,0536 \cdot H_v^{2,2516} \cdot N$ , где  $N$  – количество деревьев на га, определенное как среднее по учёту количества деревьев в отдельных пробных площадях. Пробные площадки размещаются по трансекту лесосеки на расстоянии 10-15 м, количество площадок должна соответствовать 3% от площади лесосеки.

Вычисленный объём биомассы составляет от 0,9 до 7,7 т га<sup>-1</sup> в однолетних и от 15,2 до 64,4 т га<sup>-1</sup> в пятилетних молодняках серой ольхи.

**Ключевые слова:** серая ольха, биомасса, молодняк.

### Ievads

Pēdējā desmitgadē pasaulē arvien lielāka vērība tiek pievērsta atjaunojamo energoresursu izpētei un to ieguves nodrošināšanai, galvenokārt lai aizvietotu fosilo kurināmo. Viena no ātraudzīgākajām koku sugām boreālo mežu zonā ir baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench), kas būtu plaši izmantojams gan kokmateriālu, gan atjaunojamo energoresursu ražošanai. Baltalksnis Latvijas klimatiskajā zonā ir perspektīva koku suga, jo jau 25-30 gadu laikā mērķtiecīgi apsaimniekotu baltalkšņu audžu krāja var sasniegt 250-400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, no kuras stumbra koksne sastāda ap 50-70%, kas derīgi kā apaļie sortimenti (Daugavietis, Daugavietis, 2008). Daudzu valstu zinātnieki uzskata, ka baltalksnim, kā piemērotai sugai biomasas ražošanai īsirtmeta plantācijās, ir vairākas priekšrocības: 1) augsta

produktivitāte, kas sasniedzama samērā īsā laika periodā; 2) nav nepieciešami papildus līdzekļi augsnes ielabošanai saistībā ar simbiotisku slāpekļa piesaisti (aktinomicētes *Frankia*); 3) augsta rezistence pret nelabvēlīgiem klimata apstākļiem, kā arī slimībām un kaitēkļiem; 4) īpaša spēja veidot atvases; 5) samērā vienkārša audžu apsaimniekošana; 6) ievērojami mazāki ir līdzekļu ieguldījumi šo audžu atjaunošanai un aizsardzībai (Saarsalmi *et al.*, 1985; Rytter *et al.*, 1989; Granhall and Verwijst, 1994; Rytter, 1996; Johanson, 1999; Lohmus *et al.*, 1996; Tullus *et al.*, 1996; Uri *et al.*, 2002; Uri *et al.*, 2003; Uri *et al.*, 2008; Daugavietis, Daugaviete, 2008).

Baltalkšņu platības Latvijā no pagājušā gadsimta 30. gadiem līdz 21. gs. pirmajai desmitgadei ir ievērojami palielinājušās, šai koku sugai intensīvi ieviešoties atmatā atstātajās lauksaimniecības zemēs (Ozols,

Hibners, 1927; Avotiņš, 1962; Daugaviete, Ūsīte, 2006; Liepiņš *et al.*, 2008; Daugaviete, 2009). Pēdējos gados minētais process turpinās, un pēc Statistikas pārvaldes datiem<sup>1</sup> 2008. gadā tas sasniedzis rekordlielus apmērus – 310,2 tūkst. ha, sastādot 11,4% no mežu kopplatības.

Šo baltalkšņu audžu krāja veido 41,5 milj. m<sup>3</sup>. Baltalkšņa koksni pašreiz izmanto galvenokārt malkai, kā arī šķeldas, taras kluču un kokogļu ražošanai (Daugavietis, 2007; Žūriņš, 2007). Vairāki pētnieki par perspektīvu baltalkšņa koksnes pielietošanas veidu nākotnē atzīst baltalkšņa biomasas izmantošanu enerģētiskās koksnes, kā arī zāģmateriālu ražošanai (Granhall, Verwijst, 1994; Teleniuss, 1999; Tullus *et al.*, 1995; Uri *et al.*, 1999; Uri *et al.*, 2002; Uri *et al.*, 2003; Uri *et al.*, 2008; Vares, 2005; Būmanis, Skrupskis, 2009).

Ziemeļvalstīs, jau sākot no pagājušā gadsimta 80.-90. gadiem veikti plaši pētījumi par baltalkšņu un kārķu (*Salix spp.*) izmantošanu koksnes šķeldu ražošanai.

Eksperimentos konstatēts, ka 3-gadīga baltalkšņu plantācija dod līdz 34 t ha<sup>-1</sup> sausās koksnes biomasas (SM<sup>2</sup>), bez papildus izdevumiem mēslošanai (Siren *et al.*, 1984; Sennerby-Forsse, 1986).

Saražotās biomasas apjoma noteikšanu baltalkšņu audzēs Ziemeļvalstīs (Zviedrija, Somija, Igaunija u.c.) pētījuši vairāki zinātnieki (Saarsalmi *et al.*, 1985; Rytter *et al.*, 1989; Granhall and Verwijst, 1994; Rytter, 1996; Johanson, 1999; Lohmus *et al.*, 1996;

Tullus *et al.*, 1996; Uri *et al.*, 2002; Uri *et al.*, 2003 a; Uri *et al.*, 2008), iesakot aprēķinos pielietot regresijas vienādojumus ar vienu vai diviem mainīgajiem: kā mainīgie lielumi pārsvarā lietoti stumbra krūšaugstuma caurmērs un koku augstums, kā arī audzes vidējais caurmērs vai šķērslaukums.

Mūsu pētījuma ietvaros veikta baltalkšņa kociņu biomasas aprēķināšanai pielietoto divu vienādojumu ticamības pārbaude: igauņu zinātnieku V. Uri (Uri, 2001) un H. Tullus (Uri *et al.*, 2002) un LVMI „Silava” (proj. vad. Lazdāns, 2008) izstrādātajam vienādojumam, kur biomasas aprēķināšanai izmantots vienādojums ar diviem mainīgajiem – kociņu sakņu kakla caurmēru un augstumu (Uri, 2001) un kociņu augstumu (Lazdāns, 2008).

Aprēķinot viena kociņa sauso biomasu, igauņu zinātnieki Uri un Tullus (Uri *et al.*, 2002) lietojuši vienādojumu:

$$Y = a \cdot x^b, \text{ kur} \quad (1)$$

$Y$  – atvases sausā masa, g;

$x = d \cdot h$  ( $d$  – atvases sakņu kakla diametrs, cm;  $h$  – atvases augstums, m);

$a$  un  $b$  – konstantes

(viengadīgam baltalksniem  $a = 3,059$ ;  $b = 1,406$ ;

divgadīgam baltalksniem  $a = 3,791$ ;  $b = 1,252$ ;

trīsgadīgam baltalksniem  $a = 2,503$ ;  $b = 1,655$ ;

četrgadīgam baltalksniem  $a = 2,682$ ;  $b = 1,564$ ;

piecgadīgam baltalksniem  $a = 2,896$ ;  $b = 1,412$ );

(Uri *et al.*, 2002).

Baltalkšņa kociņu biomasas noteikšanai Meža attīstības fonda finansētā projekta “Meža infrastruktūras objektu kopšanā iegūstamo enerģētiskās koksnes resursu aprēķinu metodikas izstrāde” (Lazdāns, 2008) ietvaros izstrādāts šāds baltalkšņa virszemes biomasas aprēķina

<sup>1</sup> www.csb.gov.lv Datu bāzes. Dabas resursi.

<sup>2</sup> sausa masa SM – gaissausa biomasa, kas satur 20-25% mitruma

vienādojums:

$$Y_i = b_0 \cdot x_i^b, \quad (2)$$

$Y_i$  – koka biomasa (kg);

$x_i$  – koka augstums (m);

$b_0 = 0,039$ ;  $b_1 = 3,059$ ;  $R^2 = 0,79$ , pie koku augstuma  $1,6 \text{ m} < H < 10,0 \text{ m}$ .

Latvijā baltalkšņu audžu biomasas noteikšanā ieguldījumu devuši O. Miezīte un A. Dreimanis (Miezīte, 2008; Miezīte & Dreimanis, 2008), kuri kociņu biomasas apjoma aprēķināšanai pielietojuši regresijas vienādojumus ar vienu mainīgo – krūšaugstuma caurmēru vai nekoptu baltalkšņu audžu virszemes biomasas prognozēšanai – audzes šķērslaukumu. Tomēr mūsu mērījumi 1-5 gadus vecās baltalkšņu jaunaudzēs uzrādīja, ka šādā vecumā kociņu dimensijas ir ļoti svārstīgas un krūšaugstuma caurmēru viengadīgiem baltalkšņiem praktiski nav iespējams izmērīt, jo daudzi kociņi nav sasnieguši 1,3 m augstumu un garākajiem caurmēra mērījums ar 0,2 cm precizitāti (viens no mainīgajiem rādītājiem O. Miezītes izstrādātajā vienādojumā) var būt gala dzinuma mērījums un dot kļūdainu rezultātu, tādēļ iepriekš minētais vienādojums mūsu aprēķinos nav izmantots.

LVMI “Silava” veiktie pētījumi par baltalkšņu audžu atjaunošanās gaitu rāda, ka agrīnā attīstības periodā šo audžu vecums un biezums ir atšķirīgs. Līdz ar to biomasas aprēķins, kas balstīts uz viena kociņa biomasu, kuras noteikšanā kā mainīgais lielums izmantots krūšaugstuma caurmērs  $d_{1,3}$  vai šķērslaukums,  $g$ , neuzrāda faktisko biomasas apjomu baltalkšņu jaunaudzēs līdz 5 gadu vecumam.

Pētījuma mērķis: izstrādāt praksē ērti izmantojamu, 1-5-gadus vecu, nekoptu

baltalkšņu jaunaudžu virszemes dabiski mitras, bezlapu biomasas novērtēšanas metodi.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi darba uzdevumi:

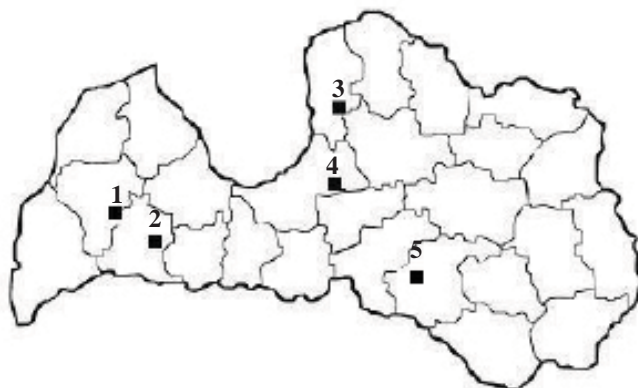
- izstrādāt praksē ērti lietojamu metodi izejas datu iegūšanai, kas nepieciešami 1-5-gadīgu, nekoptu baltalkšņu jaunaudžu biomasas aprēķināšanai;
- izstrādāt empīrisku vienādojumu 1-5 gadus vecu, nekoptu baltalkšņu jaunaudžu virszemes dabiski mitras, bezlapu biomasas aprēķināšanai, par mainīgo lielumu izvēloties kociņu augstumu un skaitu uz ha.

Pētniecības darbi veikti Valsts pētījumu programmas projekta „Perspektīvas lapu koku audzēšanas tehnoloģijas izstrāde meža un nemeža zemēs patērētāju nodrošināšanai ar meža izejvielām” ietvaros.

### Materiāls un metodes

Nekoptu baltalkšņu jaunaudžu virszemes biomasas noteikšanai atlasīti 15 baltalkšņa 1 līdz 5 gadus veci izcirtumi (2003./2004.-2008./2009. gada ziemas cirmsas), katrā vecuma grupā nosakot biomasu 3 attiecīga vecuma jaunaudzēs, kuru platība nav mazāka par 1 ha (1. attēls). Atvasājos izvēlēts šāds sugu sastāvs: 10Ba<sub>1,5</sub>+ieva, kārkli u.c. pameža krūmu sugas.

Baltalkšņu jaunaudzēs, izmantojot transekta metodi, ik pēc 10 m ierīkoti aplveida parauglaukumi, kuru rādiuss ir 1 m (3,1 m<sup>2</sup>). Parauglaukumi pēc izmēriem aizņem līdz 3% no platības. Pavisam ierīkoti 145 parauglaukumi, kuros uzmērīti visi koki, nosakot katra baltalkšņa stumbra



1. attēls. Parauglaukumu atrašanās vietas.

Figure 1. Location of inventory plots.

1 – 56°33.392 N; 021°50.401E; 2 – 56°31.462 N; 022°43.177E; 3 – 57°26.413 N; 024°43.147E; 4 – 56°59.916 N; 024°41.203E; 5 – 56°17.345 N; 025°13.743E.

sakņu kakla (10 cm no zemes virsmas) diametru  $D_{\text{sakņu kakla}}$  (cm) un augstumu  $H$  (m); diametra mērījumiem lietots dastmērs (firma HAGLOF, Sweden; precizitāte  $\pm 0,1$  cm), bet augstuma noteikšanai – mērāmā lata (SK SENSIN, Japan; precizitāte  $\pm 1$  cm). Katrs kociņš nozāgēts, atlasots, nosvērts ar KERN firmas svāriem (precizitāte  $\pm 2$  g) un noteikta tā biomasa (stumbra masa + zaru masa). Pavisam izmērīti 1500 kociņi.

Koku skaits uz 1 ha aprēķināts pēc formulas:

$$N = \frac{n1 + n2 + n3 + nx}{npl} \cdot 3185, \quad (3)$$

ja parauglaukumu rādiuss  $R = 1$  m, kur

$n1, n2, n3...nx$  – koku skaits atsevišķos

parauglaukumos;

$npl$  – parauglaukumu skaits.

Vidējais audzes augstums aprēķināts pēc formulas:

$$H_v = \frac{h1 + h2 + h3...hn}{h1 \cdot n + h2 \cdot n + h3 \cdot n + \dots hn \cdot n}, \quad \text{kur } (4)$$

$H_v$  – audzes vidējais augstums, m;

$h1, h2, h3...hn$  – uzmērīto kociņu augstums

parauglaukumos, m;

$n$  – atkājotumu skaits.

Izdarot svēršanu, vienlaicīgi pēc gadskārtu skaita uz celma noteikts arī katra kociņa vecums.

Datu matemātiskā apstrāde un rezultātu ticamības pārbaude veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, izmantojot *Microsoft Office Excel 2003* programmu, savukārt vidējo datu, standartnovirzes un relatīvās kļūdas noteikšanai pielietota *SPSS* programma (Arhipova un Bāliņa, 2006).

### Rezultāti un diskusija

Agrāko gadu un pašreizējie baltalkšņa dabiskās atjaunošanās gaitas pētījumi liecina, ka ziemas cirmsās šī suga atjaunojas bagātīgi (Kundziņš, 1969, 1937; Docītis, 1953; Viļums, 1955; Daugaviete *et al.*, 2009). Kociņu skaits dažādu meža tipu viengadīgās jaunaudzēs-atvasājos svārstās no 33360 gab. ha<sup>-1</sup> vērī un līdz pat 220000 gab. ha<sup>-1</sup> platlapju ārenī. No kopējā



kociņu skaita baltalksnis sastāda 67% (gārša, vēris) – 95% (damaksnis). Slapjā vēra, slapjās gāršas un platlapju āreņa meža tipā lielā skaitā sastopamas arī pameža koku un krūmu sugas. Pieaugot kociņu dimensijām un palielinoties to savstarpējai konkurencei, kociņu skaits uz platības vienības, palielinoties vecumam, samazinās. Divgadīgās baltalkšņu jaunaudzēs kociņu skaits lielās konkurences dēļ samazinās, jo nomāktie iet bojā: gāršā baltalkšņu skaits samazinājies vidēji par 16%, platlapju ārenī – par 46%, damaksnī – par 30%, vēri – par 25% (Daugaviete *et al.*, 2009). Turpmākajos gados 3, 4 un 5-gadīgās baltalkšņu jaunaudzēs kociņu skaits samazināsies vidēji par 15-20% salīdzinājumā ar to skaitu iepriekšējā gadā, bet vienlaicīgi, veidojoties atbilstošiem mikroklimata (gaisma, mitrums u.c.) apstākļiem, baltalkšņi turpinās veidot sakņu atvases.

Pētījuma rezultātus salīdzinot ar zviedru (Rytter *et al.*, 2000) un igauņu (Uri *et al.*, 2003) zinātnieku atziņām, secināms: arī zviedri konstatējuši, ka jau otrajā gadā

baltalkšņu atvašu skaits vidēji samazinās par 20%, bet trešajā gadā – vidēji par 37% no sākotnējā skaita uz hektāra. Arī igauņu zinātnieku pētījumi liecina, ka 2 līdz 6 gadus vecās baltalkšņu plantācijās savstarpējās konkurences ietekmē kociņu skaits samazinās attiecīgi par 11%, 17%, 20%, 25% un 38%, salīdzinot ar to sākotnējo skaitu (Uri, 2001).

Biomases uzskaites laikā secināts, ka koku izvietojums dabiski atjaunojušās, nekoptās baltalkšņu jaunaudzēs ir ļoti nevienmērīgs, jo dažādu faktoru ietekmē (gaisma, aizzēlums, citu koku sugu konkurence, treilēšanas ceļi u.c.) dabiskās atlases gaitā baltalkšņi izveidojuši grupas, un tādēļ to skaits uzskaites parauglaukumos (3,14 m<sup>2</sup>) ir ļoti svārstīgs – no 0 līdz pat 30 un vairāk kociņiem.

Arī baltalkšņu vecums nekoptās jaunaudzēs 1-5 gadus vecos izcirtumos ir dažāds, jo cirsmas izstrādes laikā netiek nocirsti visi kociņi, turklāt baltalksnis sakņu atvases veido tiklīdz radušies piemēroti gaismas un mitruma apstākļi (1. tabula).

1. tabula, Table 1

Kociņu skaits un to iedalījums pēc vecuma 1-5 gadus vecos, nekoptos baltalkšņu izcirtumos  
*The number of shoots and their age distribution in 1-5 year-old untended grey alder cutovers*

Baltalkšņu jaunaudzes vecums, gadi <i>Stands age, years</i>	Kociņu skaits, pārrēķinot uz 1 ha <i>Number of shoots per ha</i>	Uzskaitīto kociņu sastopamība pēc vecuma, % <i>Occurrence of measured trees by age, %</i>				
		1-gad./yr.	2-gad./yr.	3-gad./yr.	4-gad./yr.	5-gad. un vecāki/yr. and older
1-gadīga	70000	76	19	5	-	-
2-gadīga	56000	25	63	7	6	-
3-gadīga	44100	21	28	32	10	9
4-gadīga	38500	13	21	24	37	5
5-gadīga	35000	7	16	16	27	34

Pētījumu rezultāti rāda, ka baltalkšņu jaunaudzēs biomasas daudzums ar pietiekamu ticamību aprēķināms, uzmērot kociņu vidējo augstumu un skaitu, jo 1-gadīgiem un 2-gadīgiem kociņiem krūšaugstuma caurmērs 0,8-1,3 m augstumā nav nosakāms.

Baltalkšņu mērīšanas un svēršanas dati rāda, ka pirmajos 5-os gados notikušas

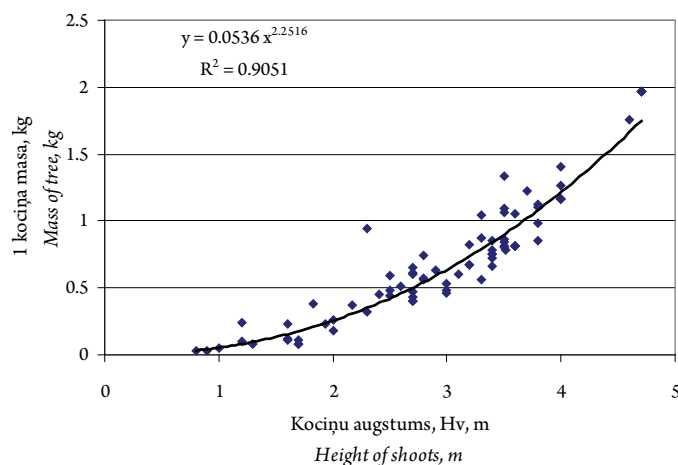
nozīmīgas augstuma, sakņu kakla caurmēra un masas izmaiņas (2. tabula).

Apkopojot visus mērījumu datus un aprēķinot biomasu kā funkciju no kociņu vidējā augstuma, secināts, ka starp kociņu vidējo augstumu un masu pastāv cieša pozitīva korelācija; determinācijas koeficients  $R^2 = 0,9051$  (2. attēls).

2. tabula, Table 2

Vidējie 1-5-gadīgu baltalkšņu kociņu parametri  
The average parameters of 1-5 year-old grey alder trees

Baltalkšņu jaunaudzes vecums, gadi Stands age, years	Kociņa sakņu kakla caurmērs, cm Root collar diameter, cm	Kociņa augstums, m Tree height, m	Kociņa masa, kg Tree mass, kg	Mērījumu skaits Number of measurements
1-gadīga	0,91 ±0,21	1,38 ±0,45	0,066 ±0,058	372
2-gadīga	1,67 ±0,42	2,5 ±0,58	0,33 ±0,13	328
3-gadīga	2,49 ±0,59	3,04 ±0,64	0,72 ±0,35	315
4-gadīga	2,94 ±0,63	4,38 ±0,64	1,32 ±0,61	275
5-gadīga	4,07 ±0,53	4,81 ±0,54	2,09 ±0,72	210



2. attēls. Sakarība starp baltalkšņu kociņu masu un augstumu.

Figure 2. Equation with tree mass and height.



3. tabula, Table 3

Nekoptu baltalkšņu jaunaudzū (1-5 gadi) virszemes biomasas, kg ha<sup>-1</sup>  
*Below-ground biomass of untended young grey alder stands (age 1-5 yr), kg ha<sup>-1</sup>*

Koku skaits Num- ber of trees	Biomasa, kg ha <sup>-1</sup> / Biomass, kg ha <sup>-1</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	1000- 15000	15100- 20000	20100- 25000	25100- 30000	30100- 40000	40100- 45000	45100- 50000	50100- 55000	55100- 60000	60100- 65000	65100- 70000	70100- 75000	75100- 80000	80100- 85000	85100- 90000	90100- 95000	100000- 150000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
H <sub>p</sub> m	0,8	405	569	731	893	1136	1379	1542	1704	1866	2028	2191	2352	2514	2677	2839	3001	3163	0,9	528	742	953	1164	1482	1799	2010	2221	2433	2644	2856	3067	3280	3490	3701	3910	4124	1,0	670	940	1208	1476	1878	2280	2548	2816	3084	3352	3620	3888	4156	4424	4692	4960	5228	1,1	830	1166	1498	1669	2329	2827	3159	3492	3824	4156	4488	4821	5154	5488	5821	6154	6488	1,2	1010	1193	1820	2226	2832	3438	3842	4246	4651	5055	5459	5863	6267	6671	7075	7479	7883	1,3	1209	1698	2182	2666	3391	4117	4601	5085	5568	6052	6536	7020	7504	7987	8471	8955	9439	1,4	1429	2006	2578	3150	4008	4865	5436	6008	6580	7152	7723	8295	8867	9439	10010	10582	11154	1,5	1669	2344	3011	3679	4681	5686	6350	7018	7686	8353	9020	9684	10357	11024	11692	12360	13028	1,6	1930	5421	3482	4254	5413	6571	7343	8115	8888	9660	10432	11204	11976	12749	13521	14293	15065	1,7	2212	3106	3991	4876	6204	7531	8416	9320	10186	11071	11956	12841	13726	14611	15496	16381	17272	1,8	2143	3533	4539	5546	7055	8565	9572	10578	11585	12591	13598	14604	15611	16617	17624	18630	20087	1,9	2842	3991	5128	6265	7970	9676	10813	11950	13087	14224	15361	16499	17635	18772	19909	21046	22186	2,0	3190	4478	5754	7030	8944	10858	12134	13410	14686	15962	17238	18514	19790	21066	22342	23618	24894	2,1	3561	5000	6424	7849	9985	12122	13547	14971	16396	17820	19245	20669	22086	23517	24942	2,2	3953	5551	7132	8714	11086	13458	15040	16621	18203	19784	21366	22947	24529	26114	27696	2,3	4370	6135	7883	9631	12253	14875	16623	18371	20119	21867	23615	25367	27115	2,4	9620	6753	8677	10601	13487	16373	18297	20221	22145	24039	25960	27882	29803	2,5	5272	7402	9511	11620	14784	17947	20056	22165	24274	26387	28496	2,6	5760	8087	10391	12695	15151	19607	21911	24215	26519	28823	31127	2,7	6271	8805	11313	13822	17584	21347	23856	26364	28873	2,8	6806	9556	12278	15001	19084	23168	25891	28613	31336

3. tabula (nobeigums), Table 3 (conclusion)

Koku skaitis	10000-15000	15100-20000	20100-25000	25100-30000	30100-40000	40100-45000	45100-50000	50100-55000	55100-60000	60100-65000	65100-70000	70100-75000	75100-80000	80100-85000	85100-90000	90100-95000	95100-100000
2,9	7365	10340	13286	16232	20651	25070	28016	30962	33911								
3,0	7950	11162	14342	17522	22292	27062	30242	33421	36601								
3,1	8558	12016	15439	18863	23998	29133	32557	36007	39406								
3,2	9195	12908	16585	20263	25779	31295	34973										
3,3	9852	13833	17774	21715	27626	33538	37479										
3,4	10537	14794	19009	23224	29547	35869	40084										
3,5	11248	15793	20292	24792	31541	38290	42790										
3,6	11985	16827	21621	26415	33606	40797	45141										
3,7	12747	17897	22546	28095	35744	43392	48491										
3,8	13536	19005	24419	29834	37955												
3,9	14352	20151	25892	31633	40244												
4,0	15193	21332	27409	33487	42603												
4,1	16062	22551	28976	35401	45039												
4,2	16958	23810	30593	37377	47550												
4,3	17881	25105	32257	39409	50138												
4,4	18831	26439	34021	41503	52802												
4,5	19808	27811	35734	43657	55542												
4,6	20813	29222	37464	45872	58360												
4,7	21846	30671	39410	48148	61256												
4,8	22906	32161	41323	50486	64230												
4,9	23994	33688	43287	52885	67282												
5,0	25111	35357	45301	55346	70413												

Baltalkšņu biomasa uz 1 ha  $M$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aprēķināta pēc formulas:

$$M = 0,0536 \cdot H_v^{2,2516} \cdot N, \quad \text{kur} \quad (5)$$

$H_v$  – vidējais baltalkšņu augstums, m;

$N$  – koku skaits uz 1 ha.

Baltalkšņu jaunaudzū biomasas aprēķinu rezultāti apkopoti 3. tabulā. Nekopty jaunaudzū kociņu biomasas aprēķināta, sākot ar to vidējo augstumu  $H_v = 0,8$  m (1-gadīgā baltalkšņu jaunaudzē) līdz vidējam augstumam  $H_v = 4,8$  m (5-gadīgā baltalkšņu jaunaudzē); kociņu skaits – no 10000 līdz 100000 gab. uz 1 ha. Aprēķini liecina, ka koku vidējam augstumam izmainoties tikai par 0,1 m, virszemes biomasas apjoms, pie vienāda koku skaita uz ha, palielinās vidēji par 30%, bet, koku skaitam palielinoties par 10000 kokiem – par 40%. Tabulā dotie vidējie biomasas lielumi koku skaita grupā uz ha (piemēram, 10000-15000 koki  $\text{ha}^{-1}$ ) atšķiras par  $\pm 20\%$ . Aprēķinātās biomasas vērtība no faktiskās nepārsniedz 2,8-5,0 %.

Balstoties uz mūsu pētījuma datiem par vidējā kociņa parametriem baltalkšņu jaunaudzēs 1-5-gadīgos izcirtumos (2. tabula), kā arī ņemot vērā attiecīgu vidējo kociņu skaitu uz 1 ha (skat. 1. tabulu), konstatējam, ka 1-gadīgas nekopty baltalkšņu jaunaudzēs dabiski svaiga biomasas svārstās ļoti plašās robežās – no 0,9 t  $\text{ha}^{-1}$  līdz 7,7 t  $\text{ha}^{-1}$ , pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 1,3$  m; 2-gadīgas – no 2,2 t  $\text{ha}^{-1}$  līdz 23,6 t  $\text{ha}^{-1}$ , pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 2,5$  m; 3-gadīgas – no 5,2 t  $\text{ha}^{-1}$  līdz 28,9 t  $\text{ha}^{-1}$ , pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 3,0$  m; 4-gadīgas – no 7,3 t  $\text{ha}^{-1}$  līdz 57,4 t  $\text{ha}^{-1}$ , pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 4,4$  m; 5-gadīgas – no 15,2 t  $\text{ha}^{-1}$  līdz 64,43 t  $\text{ha}^{-1}$ , pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 4,8$  m.

Mūsu aprēķinos iegūtie dati ir salīdzināmi ar somu (Saarsalmi, 1995), zviedru (Telenius, 1999), vācu (Granhall, Verwijst, 1994) u.c. pētnieku datiem, kur divgadīgas baltalkšņu jaunaudzēs kopējā biomasas ir 8–10 t  $\text{ha}^{-1}$  SM, četrgadīgas – 32 t  $\text{ha}^{-1}$  SM, piecgadīgas – 31 t  $\text{ha}^{-1}$  SM, bet sešgadīgas – 51 t  $\text{ha}^{-1}$  SM, kas daļēji atbilst mūsu pētījuma rezultātiem, ņemot vērā, ka dabiski sausas baltalkšņa koksnes biomasas satur 20-25% mitruma.

Ja audzes biomasas aprēķinam izmantojam igauņu zinātnieku Uri un Tullus (Uri *et al.*, 2002) izstrādāto formulu (1), kas balstās uz sakņu kakla caurmēra mērījumiem, tad 1-5-gadīgu baltalkšņu audžu dabiski sausas biomasas apjoms ir vidēji par 42% mazāks nekā mūsu pētījumā iegūtais, kas balstīts uz kociņu vidējiem parametriem un to masu (2. tabula), kā arī koku skaitu uz 1 ha (1. tabula). Acīmredzot tas skaidrojams ar atšķirīgajiem klimata apstākļiem, jo vidējās baltalkšņu dimensijas un masa attiecīgajā vecuma grupā Igaunijas apstākļos ir ievērojami mazākas vai arī sakņu kakla diametrs ir mazāk informatīvs masas noteikšanai nekā augstums.

Izmantojot Lazdāna (2008) izstrādāto virszemes biomasas pārrēķina vienādojumu baltalkšņim (2) un salīdzinot iegūtos datus ar tiem, kas izskaitļoti pēc mūsu vienādojuma, biomasas apjoms pēc formulas (2) attiecīgā vecuma baltalkšņu jaunaudzēs ir par 39-40% lielāks. Atšķirības skaidrojamas ar to, ka iepriekš minētā projekta izstrādes gaitā paraugkoki galvenokārt ievākti grāvju un ceļmalu apaugumā, un tādēļ tiem vainagu biomasas ir lielāka nekā kociņiem vienlaidus dabiski apmežojušās cirmās.

### Secinājumi

1. Dabiski atjaunojošos, nekoptu baltalkšņu jaunaudzū kociņu skaits uz ha, biezums un vecums ir nevienmērīgs, un būtiski atšķiras arī atsevišķu kociņu dimensijas.
2. Dažāda vecuma baltalkšņu biomasa uzrāda šādus vidējos lielumus: viengadīga atvase 0,066 ±0,058 kg; divgadīga atvase 0,33 ±0,13 kg; trisgadīga atvase 0,72 ±0,35 kg; četrgadīga atvase 1,32 ±0,61 kg un piecgadīga atvase 2,09 ±0,72 kg.
3. 1-5 gadus vecu baltalkšņu jaunaudzū biomasas noteikšanai izstrādāts vienādojums, pēc kura biomasu aprēķina kā funkciju no kociņu vidējā augstuma, ņemot vērā kociņu skaitu uz platības vienības:  $M = 0,0536 \cdot H_v^{2,2516} \cdot N$ . Šai sakarībai ir cieša pozitīva korelācija ar determinācijas koeficientu,  $R^2 = 0,9051$ .
4. 1-5 gadus vecu baltalkšņu jaunaudzū vidējam augstumam izmainoties tikai par 0,1 m, virszemes biomasas apjoms, pie vienāda koku skaita uz ha, palielinās vidēji par 30%, bet, koku skaitam palielinoties par 10000 kokiem, pie tā paša vidējā kociņu augstuma, – par 40%, kas liecina, ka kociņu augstums ir būtisks rādītājs biomasas noteikšanai.
5. Viengadīgas, nekoptas baltalkšņu jaunaudzē dabiski svaiga biomasa, atkarībā no kociņu skaita uz ha, svārstās ļoti plašās robežās – no 0,9 t ha<sup>-1</sup> līdz 7,7 t ha<sup>-1</sup>, pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 1,38$  m;  
 2-gadīgas – no 2,2 t ha<sup>-1</sup> līdz 23,6 t ha<sup>-1</sup>, pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 2,5$  m;  
 3-gadīgas – no 5,2 t ha<sup>-1</sup> līdz 28,9 t ha<sup>-1</sup>, pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 3,0$  m;  
 4-gadīgas – no 7,3 t ha<sup>-1</sup> līdz 57,4 t ha<sup>-1</sup>, pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 4,4$  m;  
 5-gadīgas – no 15,2 t ha<sup>-1</sup> līdz 64,43 t ha<sup>-1</sup>, pie kociņu vidējā augstuma  $H_v = 4,8$  m.

### Literatūra

- Arhipova, I., Bāliņa, S. (2006). Statistika ekonomikā un biznesā. Risinājumi ar SPSS un MS Excel. Datorzinību centrs, 359 lpp.
- Avotiņš, A. (1962). Baltalkšņu audzes, to izplatība un saimnieciskā nozīme. Jaunākais mežsaimniecībā, 3. sējums. Rīga, Latvijas PSR ZA izdevniecība, 30.-46. lpp.
- Būmanis, K., Skrupskis, V. (2009). Miksto lapu koku koksnes izmantošanas iespējas enerģētikā. Kr. „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas. KĶI. Rīga, 125.-129. lpp.
- Daugaviete, M. (2006). Baltalkšņa atjaunošanās gaita. Baltalksnis Latvijā. LVMI Silava, 76.-95. lpp.
- Daugaviete, M. (2009). Dabiski ieaugušo lapu koku kvalitatīvie rādītāji neizmantotās lauksaimniecības zemēs. Rakstu krājums „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas”, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts. 23.-27. lpp.
- Daugaviete, M., Daugavietis, M. (2007). The view of Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) cultivation and utilization in Latvia. Annals of Warsaw University of

Life Sciences. Forestry and Wood Technology, No. 61: 114-118.

- Daugaviete, M., Daugavietis, M.** (2008). The resources and availability of Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) wood in Latvia. Proceedings of the 4th meeting of the „Nordic Baltic Network in Wood Material Science & Engineering (WSE)”. November, 2008, Riga, Latvia, 5-10 pp.
- Daugaviete, M., Ūsīte, A.** (2006). Baltalksnis Latvijas mežu fondā. Baltalksnis Latvijā. LVMI Silava, 56.-75. lpp.
- Daugaviete, M., Žvīgurs, K., Liepiņš, K., Lazdiņš, A., Daugavietis, O.** (2009). Baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench.) audžu atjaunošanās gaita un biomasas uzkrāšanās jaunaudžu vecuma audzēs. LLU Raksti, 78.-90. lpp.
- Daugavietis, M.** (2006). Baltalkšņu koksnes izmantošanas iespējas. Baltalksnis Latvijā. LVMI Silava, 108.-114. lpp.
- Docītis, J.** (1953). Baltalkšņa saimniecības raksturojums Bauskas un Elejas rajonos. Diplomdarbs, Rīga, 150 lpp.
- Granhall, U., Verwijst, T.** (1994). Grey alder (*Alnus incana*) – an N<sub>2</sub>-fixing tree suitable for energy forestry. In: Proceeding of 7th E.C. conference of Biomass for Energy and Industry. Hall, D.O., Grass, G. and Schemer, H. (eds). Ponte Press, Bochum, Germany, 409-413.
- Johansson, T.** (1999). Site index curves for Common alder and Grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. Scandinavian Journal of Forestry Research, 14: 441-453.
- Kundziņš, A.** (1937). Dažu faktoru ietekme uz baltalkšņa (*Alnus incana* Moench.) veģetatīvo atjaunošanos. Rīga, Meža Departaments, 45 lpp.
- Kundziņš, A.** (1969). Pētījumi par alkšņu (*Alnus* Gaertn.) ģinti Latvijas PSR. Disertācijas autoreferāts, Jelgava, 50 lpp.
- Latvijas Meži (1987). Rīga, „Avots”, 84.-91. lpp.
- Līcis, R., Ozoliņš, J.** (1937). Privātmežu apsaimniekošana. MD, Rīga, 32 lpp.
- Melderis, K.** (1939). Mācība par mežu. Rīga, a/s Valters un Rapa, 134 lpp.
- Meža grāmata. (1986). Rīga, „Avots”, 151.-173. lpp.
- Meža nozare Latvijā, 2008 (2008). Rīga, Latvijas Kokrūpniecības Federācija, 7.-10. lpp.
- Miezīte, O.** (2008). Baltalkšņu ražība un struktūra. LLU Promocijas darba kopsavilkums Dr. silv. zin. grāda iegūšanai mežzinātnes nozarē Meža ekoloģijas un mežkopības apakšnozarē, Jelgava, 52 lpp.
- Mūrnieks, P.** (1948). Baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench.) augšanas gaita Latvijas PSR. Disertācijas tēzes, Rīga, 50 lpp.
- Mūrnieks, P.** (1950). Baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench.) augšanas gaita Latvijas PSR. Meža Pētišanas Institūta Raksti, II sējums. Rīga, ZA izdevniecība, 7.-11. lpp.
- Ozols, J., Hibners, E.** (1927). Baltalkšņa audžu izplatība Latvijā, augšanas gaita un nozīme mežsaimniecībā. Mežsaimniecības rakstu krājums, V sējums. Latvijas mežkopju

savienības izdevums, 43.-52. lpp.

- Pregent, G., Camire, C.** (1985). Biomass production by alders on four abandoned agricultural soils in Quebec. *Plant and Soil*, 87: 185-193.
- Rytter, L.** (1990). Biomass and nitrogen dynamics of intensively grown grey alder plantations on peatland. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 120.
- Rytter, L., Sennerby-Forsse, L., Alrikson, A.** (2000). Natural Regeneration of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) Stands After Harvest. *Journal of Sustainable Forestry*, Vol. 10: 287-294.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K., Levula, T.** (1992). Biomass production and nutrient consumption of *Alnus incana* and *Betula pendula* in energy forestry. *Folia Forestalia*, 797, 29 p.
- Sennerby-Forsse, L.** (1986). Handbook for Energy Forestry. Department of Ecology and Environmental Research, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 29 p.
- Siren, G., Perttu, K., Sennerby-Forsse, L., Christersson, L., Ledin, S., Granhall, U.** (1984). Energy Forestry. Department of Ecology and Environmental Research, Department of Microbiology. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 16 p.
- Telenius, B.F.** (1999). Stand growth of deciduous pioneer tree species on fertile agricultural land in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 16: 13-23.
- Tullus, H., Uri, V.** (1998). Grey alder (*Alnus incana*) as energy forests in Estonia. Proceedings of the International Conference „Biomass for Energy and Industry”, Wurtzburg, 919-921 pp.
- Tullus, H., Uri, V., Keedus, K.** (1995). Grey alder as energy resource on abandoned agricultural lands. In: Land Use Changes and nature Conservation in Central and Eastern Europe. Abstracts of the International Conference, Palanga, Lithuania, June 5-8, 55-56 pp.
- Uri, V.** (2001). The dynamics of biomass production and nutrient status of Grey alder and hybrid alder plantations on abandoned agricultural lands. Ph. Dr. Thesis. Tartu, 2001, 149 p.
- Uri, V., Lohmus, K., Kiviste, A., Aosaar, J.** (2009). The dynamics of biomass production in relation to foliar and root traits in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forestry*, 82(1): 61-74.
- Uri, V., Tullus, H.** (1999). Grey alder and hybrid alder as short-rotation forestry species. Proceedings of the 4th Biomass Conference of Americas. Oakland, California, USA, August 29–September 2, Volume 1, Edited by R.P. Overend and E. Chornet, 167-173 pp.
- Uri, V., Tullus, H., Lohmus, K.** (2002). Biomass production and nutrient accumulation

- in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 161, 1-3: 161-179.
- Uri, V., Tullus, H., Lohmus, K.** (2003). Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations. *Silva Fennica*, 37: 301-311.
- Vares, A.** (2005). The growth and development of young deciduous stands in different site conditions. The thesis for applying for the doctor's degree in agricultural sciences in forestry. Tartu, 159 p.
- Viļums J.** (1955). Baltalkšņu dabiskās apmežošanās gaita izcirtumos Bauskas MS. Diplomdarbs, Rīga, 120 lpp.
- Žūriņš, A.** (2006). Baltalkšņa izmantošana kokogļu ražošanā. *Baltalksnis Latvijā*. LVMI Silava, 116.-119. lpp.