

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
BOTĀNIKAS UN EKOĢIJAS KATEDRA



**PARASTĀS MELLENES *VACCINIUM MYRTILLUS L.*  
MĒTRU STRUKTŪRA DAŽĀDA VECUMA  
NABADZĪGĀKO MEŽA TIPU MEŽAUDZĒS**

Maģistra darbs

Autors: Linda Robalte

Stud. apl. Nr.: lr09086

Darba vadītājs: Dr. biol., doc. Didzis Elferts

Rīga 2014

# SATURS

KOPSAVILKUMS .....	3
SUMMARY .....	4
IEVADS .....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS .....	6
1.1. Sīkkrūmu daudzveidība un loma meža ekosistēmā .....	6
1.2. Parastās mellenes raksturojums .....	7
1.2.1. Morfoloģija .....	7
1.2.2. Parastās mellenes izplatība .....	8
1.2.3. Bioloģija.....	9
1.2.4. Ekoloģija.....	10
1.3. Mežsaimniecības ietekme uz melleni .....	11
2. MATERIĀLS UN METODEDES .....	13
2.1. Pētījuma vietas ģeogrāfiskais raksturojums.....	13
2.2. Pētījuma vietas klimatiskais raksturojums.....	13
2.3. Audžu raksturošana un paraugu ievākšana .....	14
2.4. Paraugu apstrāde un mērīšana.....	16
2.5. Datu apstrādes metodes.....	20
3. REZULTĀTI.....	23
3.1. Saules radiācijas parametri .....	23
3.2. Kokaudze un zemsedzes veģetācija .....	23
3.3. Melleņu rametu struktūra .....	27
4. DISKUSIJA .....	36
4.1. Saules radiācijas parametri .....	36
4.2. Veģetācijas struktūra.....	37
4.3. Melleņu rametu struktūra.....	39
SECINĀJUMI.....	42
PATEICĪBAS .....	43
LITERATŪRAS SARAKSTS.....	44
PIELIKUMS	

## KOPSAVILKUMS

Maģistra darbs „Parastās mellenes *Vaccinium myrtillus* L. mētru struktūra dažāda vecuma nabadzīgāko meža tipu mežaudzēs” izstrādāts laika posmā no 2013. gada augusta līdz 2014. gada maijam Latvijas Universitātē, Bioloģijas fakultātē, Botānikas un Ekoloģijas katedrā.

Pētījumā apskatīja mellenes rametu diametra, augstuma un vecuma struktūru dažāda vecuma nabadzīgo mežu augšanas apstākļu tipos (mētrājā un lānā). Kopumā izveidoti astoņi parauglaukumi, divi no tiem izveidoti jaunaudzē (~ 14 gadi), trīs vidēji vecā mežaudzē (~ 70 gadi) un trīs vecā mežaudzē (~ 120 gadi), kuros kopā ievākti 412 melleņu rametu paraugi. Lai raksturotu mellenes struktūru saistību ar vides faktoriem un kokaudzes parametriem, noteikts, saules radiācijas daudzums, kokaudzes vidējais diametrs, augstums, veģetācijas projektīvais segums. Lai analizētu un noteiktu melleņu parametru saistību un mijiedarbību ar mežaudzes parametriem un saules radiācijas daudzumu, izmantoja lineāro jaukta efekta modeļu (*linear mixed effects models*), dispersijas un korelācijas analīzi.

Pētījumā secināts, ka pastāv atšķirības starp melleņu rametu struktūru (augstums, diametrs un vecums) un melleņu projektīvo segumu dažāda vecuma mežaudzēs. Palielinoties mežaudzes vecumam, palielinās melleņu projektīvais segums un melleņu struktūru dimensiju daudzveidība. Saules radiācijas parametriem nebija ietekme uz melleņu rametu struktūrām, bet bija novērojama negatīva korelācija starp melleņu projektīvo segumu. Melleņu rametu struktūrām bija būtiska saistība ar kokaudzes parametriem.

Atslēgas vārdi: *Vaccinium myrtillus*, mellenes vecumstruktūra, sīkkrūmi, zemsedzes veģetācija, strukturālā daudzveidība.

## SUMMARY

Master thesis "Structure of common bilberry *Vaccinium myrtillus* L. ramets in nutrient poor forest types" was established in University of Latvia, Faculty of Biology, at the department of Botany and Ecology during 2013 – 2014.

This study focused on structure of diameter, height and age of bilberry in nutrient poor forest types. Eight sampling plots were established for sampling; two were located in coppice (~ 14 years old), three were located in ~ 70 - year old stand and three in ~ 120 - year old stand dominated by Scots pine. In these sites 412 bilberry samples were collected. Environmental factors such as solar radiation, stand properties (mean diameter and height) and composition of vegetation (projected cover) were determined to assess their effect on structural diversity of bilberry. Data was processed using ANOVA, analysis of correlation and linear mixed effect models.

Differences in bilberry structure (height, diameter and age) were observed in stands with diverse age. In general, coverage and structural diversity of bilberry increased with the age of the stand. There were no effect of parameters of solar radiation on structure of bilberry; however, there was a weak negative correlation between canopy gap fraction and the projected coverage of bilberry. Nevertheless, structure of bilberry ramets was significantly related with properties of tree stand.

Keywords: *Vaccinium myrtillus*, bilberry age structure, dwarf shrubs, ground cover vegetation, structural diversity.

## IEVADS

Latvijā nozīmīgi lielu platību aizņem meži, līdz ar to ir svarīgi izprast mežā dzīvojošos organismus un faktorus, kas tos ietekmē. Kā vieni no nozīmīgākajiem organismiem, kas apdzīvo boreālos mežus ir sīkkrūmi. Sīkkrūmi, īpaši mellene ir nozīmīga barības ķēdes sastāvdaļa, no kuras ir atkarīgas citas dzīvo organismu grupas. Daudzi meža zīdītāji, putni un bezmugurkaulnieki pārtiek no mellenes ogām. Sīkkrūmiem ir ne tikai nozīmīga loma ekosistēmā, bet arī ekonomiskajā un sociālajā nozīmē. Sīkkrūmu ogas ir viens no nozīmīgākajiem nekoksnes resursiem, ko iegūst no meža.

Galvenokārt pētījumos par boreāliem mežiem, lielākā uzmanība tiek pievērsta kokaugiem. Sīkkrūmiem arī ir liela nozīme ekosistēmas funkcionēšanā un bioloģiskajā daudzveidībā mežā. Tie spēj parādīt līdzīgu informāciju kā kokaugi, bet šī informācija nebūs globāla un par tik lielu laika periodu, bet vairāk vērsta uz lokāliem faktoriem, kas ietekmē esošo biotopu pēdējos gados. Gadskārtu pētīšana sīkkrūmiem sniedz padziļinātāku informāciju par biotopa kvalitāti un apsaimniekošanas ietekmi uz biotopu. Dabas aizsardzībā un mežsaimniecībā gadskārtu izpēti var izmantot, lai novērtētu mežaudzes, biotopa kvalitāti un tā attīstību vai, lai rekonstruētu vēsturiskos notikumus (Schweingruber, Poschlod 2005). Ir maz pētītas sīkkrūmu saistības starp vecumu, produktivitāti un citiem parametriem.

**Hipotēze:** Melleņu rametu struktūru daudzveidība palielinās, pieaugot mežaudzes vecumam.

**Darba mērķis** bija rast ieskatu par mellenes strukturālo daudzveidību un tās saistību ar mežaudzes īpašībām, salīdzināt un raksturot melleņu rametu struktūru un ekoloģiju dažāda vecuma nabadzīgo tipu mežaudzēs.

### **Darba uzdevumi:**

1. Raksturot parastās mellenes rametu vecuma, augstuma un diametra struktūru.
2. Raksturot zemesdzes veģētāciju meža nogabaliņos, kuros ir sastopama mellene.
3. Raksturot mellenes rametu dimensiju saistību ar kokaudzes parametriem.
4. Novērtēt saules radiācijas ietekmi uz parastās mellenes rametu struktūru.
5. Raksturot mellenes rametu struktūru atšķirīgos mežu augšanas apstākļu tipos (mētrājs un lāns).

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Sīkkrūmu daudzveidība un loma meža ekosistēmā

Latvijā pārsvarā visas sastopamās sīkkrūmu sugas ietilpst ēriku *Ericaceae* dzimtā, izņemot melno visteni *Empetrum nigrum L.*, kas ietilpst visteņu *Empetraceae* dzimtā. Šo dzimtu pārstāvji ir mūžzaļi vai vasarzaļi krūmi, vai puskrūmi. Kopā Ēriku dzimtā ir apzinātas apmēram 3900 sugas un visteņu dzimtā sešas sugas. No Ēriku dzimtas sugām, Latvijā ir sastopamas 11: polijlapu andromeda *Andromeda polifolia L.*, parastā miltene *Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng.*, sila virsis *Calluna vulgaris (L.) Hull.*, ārkauša kasandra *Chamaedaphne calyculata (L.) Moench.*, grīņa sārtene *Erica tetralix L.*, purva vaivariņš *Ledum palustre L.*, sīkā dzērvene *Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr.*, lielā dzērvene *Oxycoccus palustris Pers.*, parastā mellene *Vaccinium myrtillus L.*, parastā zilene *Vaccinium uliginosum L.*, parastā brūklene *Vaccinium vitis-idaea L.* (Gavrilova, Šulcs 2005). Visām šīm sugām ir nozīmīga loma dažādos biotopos, piemēram, purvos, slīkšņās, virsājos, no sausiem priežu piejūras līdz purvainiem mežiem (Mossberg, Stenberg 2003), kur tie piedalās vielu apritē dabā.

Pārsvarā pētījumos par boreāliem mežiem un meža ekosistēmām kopumā, galvenā uzmanība tiek pievērsta kokaugiem, aizmirstot par sīkkrūmiem, līdz ar to nenovērtējot būtisku ekosistēmas sastāvdaļu (Nilsson, Wardle 2005). Ņemot vērā, ka sīkkrūmiem ir plaša izplatība un tie ir daudzgadīgi, novērots, ka tie absorbē ievērojami vairāk organisko slāpekli, nekā viengadīgās lakstaugu sugas (Nasholm et al. 1998; Wardle et al. 2006). Sīkkrūmiem (mellenei) ir pozitīva ietekme saistībā uz nobiru sadalīšanos, jo nobiras sadalās ievērojami ātrāk, paātrinot vielu apriti, vienlaikus samazinot augsnes resursu noplicināšanos, kā arī pozitīvi ietekmējot augsnes mikroorganismu daudzveidību (Nilsson, Wardle 2005). Sīkkrūmi ilgā laika posmā kalpo kā galvenie augsnes auglīguma noteicēji, kas ietekmē barības vielu daudzumu augsnē un ierobežo kokaugu (Chrimes et al. 2004) un lakstaugu izplatību (Nilsson, Wardle 2005). No sīkkrūmiem, kā barības ķēdes sastāvdaļām, ir atkarīgas daudzas citas dzīvo organismu grupas, kā, piemēram, putni un zīdītāji, kuriem sīkkrūmu augļi ir nozīmīgs barības avots vasarā (Flower-Ellis 1971). Visbiežākās putnu sugas, kas pārtiek no ogām un izplata tās, ir rubenis *Tetrao tetrix*, mednis *Tetrao urogallus*, irbju apakšdzimtas pārstāvji *Perdicinae*, parastais fazāns *Phasianus*

*colchicus* (Ritchie 1956). Pētījumi Skandināvijā ir parādījuši, ka mellenes klātbūtne ir labs indikators palielinātai bioloģiskai daudzveidībai mežā (Atlegrim 1989; Dahle et al. 1998; Selas 2000), līdz ar to ietekmējot sīkkrūmus, tiek samazināta bioloģiskā daudzveidība (Webb 1998). Ar plašo sakņu sistēmas tīklu tie spēj ietekmēt sugu sastāvu biotopā, konkurējot ar citām sugām (Albert et al. 2008).

Sīkkrūmiem ir nozīmīga loma ne tikai ekosistēmā, kas nodrošina lielu daudzumu biomasas producēšanu (Jaderlund et al. 1996), bet arī sociālajā un ekonomiskajā nozarē (Havas, Kubin 1983; Kolari et al. 2006). Ogu lasīšana un to izmantošana pārtikā ir viens no biežākajiem mežu nekoksnes resursiem, ko cilvēki izmanto ikdienā. Somijā vidēji ogas lasa no 65 % - 90 % iedzīvotāju un 1997. gadā bija salasīts 56,5 miljoni kg un domājams, ka šis skaitlis palielinās katru gadu (Kangas, Niemeläinen 1996; Saastamoinen et al. 2000 citēts pēc Kangas, Markkanen 2001).

## **1.2. Parastās mellenes raksturojums**

### **1.2.1. Morfoloģija**

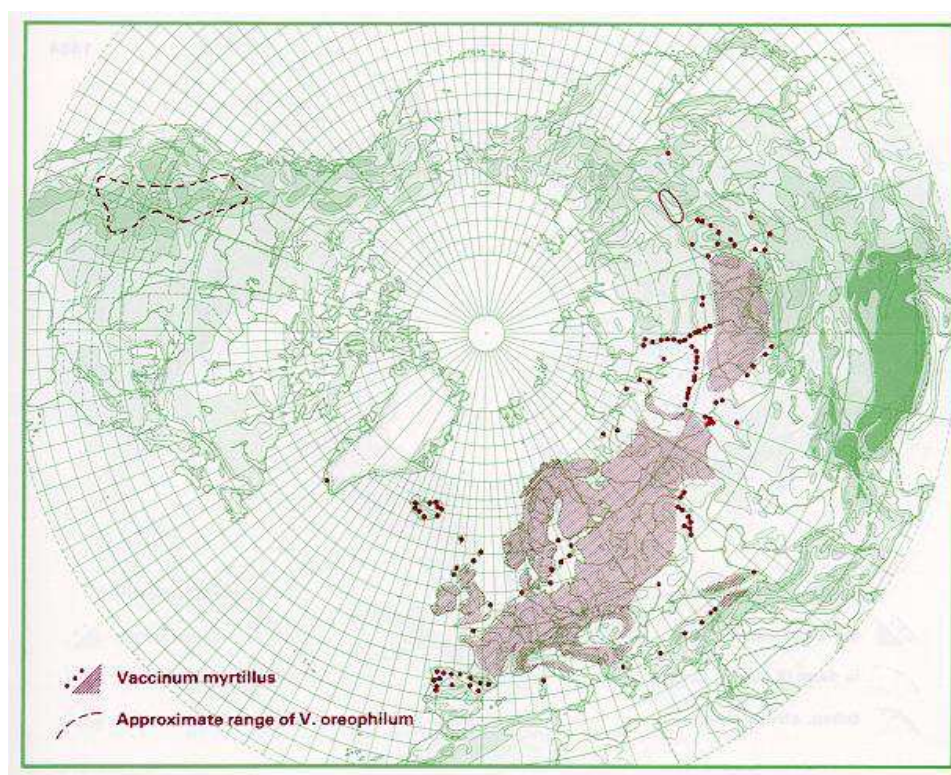
Mellene ir koksnains, daudzgadīgs ilgi dzīvojošs sīkkrūms (var izdzīvot pat līdz 100 gadiem) ar vasarzaļu lapotni. Atkarībā no klimatiskajiem faktoriem un meža auglības, mētras augstums var variēt no pieciem līdz pat 90 cm (Flower-Ellis 1971), bet visbiežāk mētras ir sastopamas 60 cm augstumā. Lapas kailas, nav klātas ar matiņiem, gaiši zaļas, 1 – 3 cm garas, nedaudz zobainas, nav vaskainas (Flower-Ellis 1971). Jaunās lapas melleni ir trauslākas nekā vecās un tām ir izteikts tīklveida dzīslējums (Ritchie 1956). Ziedi, kas pārsvarā aug no lapas žākles (Nestby et al. 2011) attīstās pa vienam, reti, kad pāros, izņemot retos gadījumus, kad mellenes zariņi ir sasnieguši vienu gadu. Šie zariņi spēj dot ziedus tikai, kad pats krūms (mētra) ir sasniedzis vismaz trīs gadu vecumu (Flower-Ellis 1971; Tirmenstein 1990). Mellenes zieda putekšņlapas ir aizvērtas ar ciešu vainagu, kamēr auglējuma stiepij to garumā. Ziedu diametrs visbiežāk ir apmēram četri līdz seši mm liels (Flower-Ellis 1971).

Priežu mežos melleni jaunās lapas sāk augt vēlu aprīlī vai maija sākumā, un tās tiek nomestas septembra beigās vai oktobrī. Mellenēm tāpat kā lapu kokiem, rudenī notiek lapu krāsas maiņa, pirms tās tiek nomestas (Ritchie 1956). Krāsas nomainās no

tumši dzeltenām līdz brūnām krāsām, visbiežāk ir koši oranža un sarkana, kas ir atkarīgs no augsnes īpašībām (Flower-Ellis 1971).

### 1.2.2. Parastās mellenes izplatība

Mellene ir plaši izplatīta Eirāzijā, kur ir vidējas auglības egļu un priežu meži (Ritchie 1956; Engelmark, Hytteborn 1999). Tai ir raksturīga cirkumboreāla izplatība (1. attēls) un submeridionāla – boreāla, vāji subokeāniska areālu zonālā izplatība, kas aptver Eiropu un Sibīriju (Jäger, Werner 2005). Mellenei ir plaša izplatība, un tā galvenokārt sastopama atvērto priežu mežos ar dabisku vai daļēji dabisku mežu platībām. Mellenes izplatībai liela nozīme ir arī sniega segai, tās nav sastopamas apgabalos, kur ir izteikts kailsals (Tahkokorpi et al. 2007). Ar putnu un zīdītāju starpniecību mellene var izplatīties lielos attālumos (Flower-Ellis 1971).



1. attēls. Parastās mellenes izplatības areāls (Anderberg 2004).

Figure 1. Distribution area of common bilberry (Anderberg 2004).

### 1.2.3. Bioloģija

Mellene zied veģetācijas sezonas sākumā (Flower-Ellis 1971). Reizēm ir novērojami divi ziedēšanas periodi: agri pavasarī un agri vasarā. Ziedēšana sākas un sasniedz kulmināciju daudz ātrāk uz tiem dzinumiem, kas ir izveidojušies no vecākā rameta, norādot uz paātrinātu novecošanas procesu. Ziedpumpuri veidojas iepriekšējā gadā un pārziemo pumpura formā. Mellenēm ir divu veidu pumpuri: pumpuri ar vienu ziedu, kurus apņem divas pieziedlapas un ir pumpuri, kas veido vienu sānu dzinumu un vienu ziedu. Šādi ziedošie dzinumi parasti tiek nomesti līdz ar lapām rudenī. Tomēr daži no dzinumiem neveido ziedus un pārvēršas par veģetatīviem dzinumiem (Flower-Ellis 1971). Kad uzzied ziedi, seko apputeksnēšanas periods, kas ilgst aptuveni 2 – 4 nedēļas, un pēc tam seko sēklu un ogu nogatavināšanās (Ritchie 1956). Galvenie mellenes apputeksnētāji boreālos mežos ir kukaiņi (Albert et al. 2008). Svarīgākie apputeksnētāji ir kameņes, kas spēj apputeksnēt 76% - 96% melleņu audzi ar 40 cm lielu distanci (Nuortila 2007). Ogas no ziediem veidojas gan pašapputes, gan svešapputes gadījumā, tomēr svešapputes augļiem ir vairāk sēklu un mazāk neattīstītu sēklu aizmetņu. Vienā mellenes ogā var būt vidēji 19 sēklu (Jacquemart 1997; Raspe et al. 2004; Nuortila 2007).

Veģetatīvā vairošanās ir daudz nozīmīgāka mellenes attīstībā nekā vairošanās ar sēklām (Ritchie 1956). Tai ir raksturīga augšana ar sakneņiem, rizomiem (horizontāli izveidojušās ložņājošas saknes), kas meža veģetācijā parasti veido atvērtas kolonijas vai laukumiņus, kas var būt pat 15 m diametrā (Ritchie 1956). Sakneņi gadā spēj paaugties garumā no pieciem līdz desmit centimetriem (Ritchie 1956). Sakneņu augšanas virziens ir centrifugāls un augšanas virzienu ietekmē augsnes īpašības, līdz ar to blīvums un diametrālā augšana ir saistīta. Dabā atrodami pat 5,5 m gari sakneņi, bet vidējais sakneņu garums ir 2 m (Albert et al. 2003), un viens klons spēj aizņemt pat vairākus kvadrātmetrus. Sēklu dīgšanas norit lēni, var paiet pat 6 – 10 nedēļas līdz parādās pirmie dzinumi, jaunās lapas un sakneņi.

Mellenes ģenets sastāv no saknes atvasēm, kas attīstās no sakneņa (klonālā auga daļas vienība, kas ir spējīga neatkarīgi un fizioloģiski eksistēt (Menges 2000)) asu kopuma (īkgadēja dzinumu sistēma, kas attīstās zarojoties dzinumam sasniedzot noteiktu garumu) (Menges 2000). Rametu daudzums un lielums var būtiski variēt pat vienas populācijas lielumā (Albert et al. 2004). Šajos populāciju aizņemtajos melleņu audžu laukumiņos var novērot, ka sakneņa vecums pieaug, palielinoties attālumam no

melleņu audzes malām virzienā uz centru (Flower-Ellis 1971). Šī centrifugālā augšana notiek pateicoties parastās mellenes sakneņu zarošanās īpašībai, kas ir simpodiāla, kad galvenā augšanas ass pārstāj augt vai pilnīgi panīkt, un tā vietā sāk attīstīties jauns zars. Tipiskā gadījumā no mellenes izcelšanās punkta, augsnē bez zarošanās paplašinās divi sakneņi pa 20 – 30 cm (ir arī gadījumi, kad paplašinās vairāk pa divi, bet šādā gadījumā, konkurētspējīgākais saknenis ir vidējais, kas arī spēs konkurēt par vietu augsnē). Šie sakneņi pieaug, veidojot jaunus dzinumus vai arī turpina augt zem augsnes. Visbiežāk ik pēc 20 – 30 cm, saknenis sadalās noteiktās grupās un izveido mētru, tādā veidā tiek noslēgtas jaunās saknes un tālākā augšana turpinās ar blakus esošiem sakneņiem (Flower-Ellis 1971).

#### **1.2.4. Ekoloģija**

Tipiska mellenes augšanas vieta ir labi aerēta, skāba augsne, bet tā ir ekoloģiski plastiska attiecībā uz substrātu, jo mellene spēj augt dažādos augšņu tipos, kā seklās neizveidotās alpīnās augsnēs, labi drenētās podzolaugsnēs, vidēji labi drenētās skujkoku mežu podzolaugsnēs, pārejas purvu, purvu malu un degradētu purvu kūdraugsnēs, kā arī podzolaugsnēs uz kaļķainiem akmeņiem (iežiem, klintīm) (Ritchie 1956). Augsnes mainīgums ir nozīmīgs faktors melleņu populācijas izplatībai (Nielsen et al. 2007; Fernandez - Calvo, Obeso 2004).

Rametu augstums ir arī atkarīgs no tā ar kādām sugām tā aug kopā, reti, kad tās aug kopā ar viršiem, jo mellenei pārāk liels gaismas daudzums ir nelabvēlīgs (Ritchie 1956). Augot kopā ar viršiem, mellene reti sasniedz 25 cm augstumu (Featherstone 2002). Atklātos biotopos mētras ir stāvākas, jo zarošanās noris vertikāli, ar mazākiem leņķiem (Flower-Ellis 1971).

Vecākie mellenes rameti ir sastopami vecākos mežos, jo vecie, nobriedušie meži dod labvēlīgākus apstākļus ar mazāku gaismas intensitāti nekā jauni meži, kā rezultātā mellenes lēnāk augošie rameti sasniedz lielāku vecumu (Flower\_Ellis 1971; Nielsen et al. 2007). Vidēji mētra var saglabāties līdz pat 15 gadiem (Featherstone 2002).

Meža traucējumu vēsture ir nozīmīga melleņu populācijas izplatībai (Ferris, Humphrey 1999; Ihalainen et al. 2003). Boreālo mežu struktūra, meža brieduma pakāpe, kā arī vides mainīgums ietekmē parastās mellenes populācijas sadalījumu. Palielinoties meža briedumu klasei (lielāka koku biomasa ar mazāku skaitu koku), parasto melleņu sastopamība vidēji samazinās (Nielsen et al. 2007). Tomēr vecākos

pētījumos apgalvots, ka palielinoties meža brieduma klasei, palielinās arī parastās mellenes procentuālais segums, turklāt kailcirte mežā, ievērojami samazina procentuālo segumu (Kardell, Eriksson 1995). Šādu apgalvojumu atšķirības varētu izskaidrot ar to, ka pētniekiem (Kardell, Eriksson 1995; Atlegrim, Sjöberg 1996) bija ciešāka saistība ar kailcirtēm. Kailcirtē strauji palielinās ieplūstošās gaismas daudzums, kas dod lielāku stresu, kā rezultātā mellenes atmirst. Iespējams, ka pētījuma parauglaukumi izvietoti vietās ar lielāku mellenes procentuālo segumu, kas deva šādu rezultātu (Nielsen et al. 2007).

Sīkkrūmu veģetatīvo attīstību un izplatīšanos spēj limitēt uguns, kas ir galvenais dabiskais traucējums boreālos mežos un galvenais faktors, kas spēj limitēt sīkkrūmu izplatību mežā (Davis 1996). Boreālos mežos mūsdienās ugunsgrēki tiek apturēti un samazināti, kas veicina ēriku dzimtas sīkkrūmu daudzuma palielināšanos (Niklasson, Granström 2004), līdz ar to tiek ietekmēta arī meža ekonomiskā vērtība, jo koku iesēšanās un attīstība nenotiek tik aktīvi (Nilsson, Wardle 2005). Sīkkrūmi spēj augt un attīstīties pat ekstrēmos apstākļos, kur temperatūra ir zema, īsa augšanas sezona un limitēta pieeja barības vielām (Schweingruber, Poschlod 2005).

### **1.3. Mežsaimniecības ietekme uz melleni**

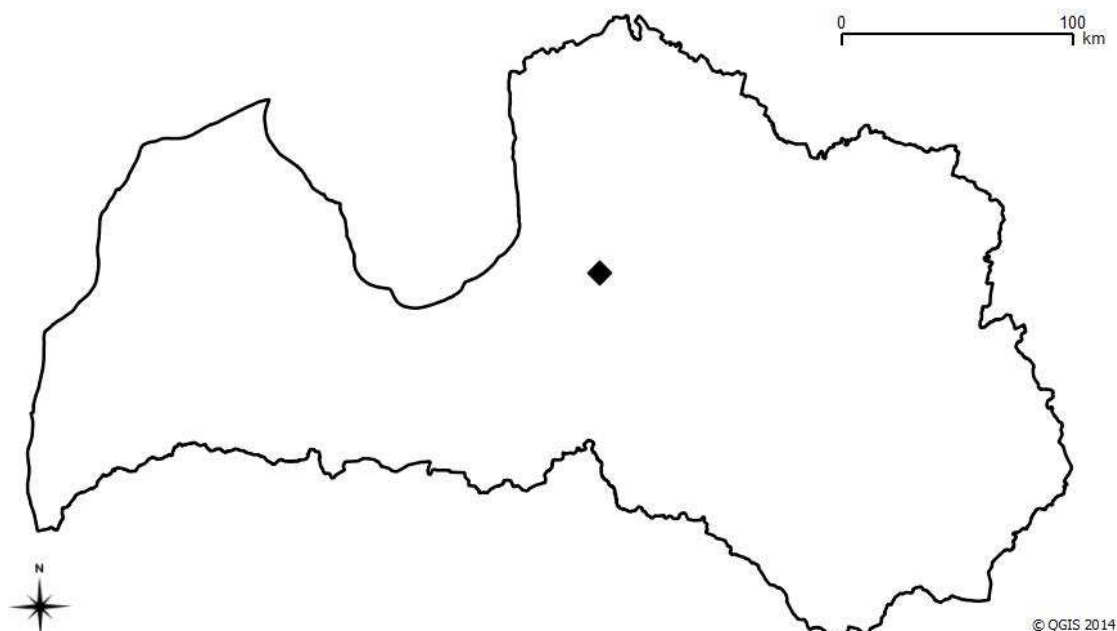
Mellene ir viena no ekonomiski svarīgākām savvaļas ogu sugām Eiropas ziemeļu daļā (Somijā, Norvēģijā un Zviedrijā) (Kangas 1999). Tomēr Ziemeļeiropā un Austrumeiropā mežistrādē visplašāk tiek pielietotas kailcirtes, kas izmaksu ziņā ir visefektīvākā metode, lai arī tai ir izteikta negatīva ietekme uz melleņu daudzumu un augļu ražu (samazinās to produktivitāte) (Atlegrim, Sjöberg 1996; Chrimes et al. 2004). Kailciršu rezultātā tiek izmainīts augsnes sastāvs, mežaudzē veidojas lielāka melleņu vecuma heterogenitāte (vairāk pārstāvētas jaunākās un vecās mellenes, iztrūkst vidēja vecuma mellenes) un ievērojami samazinās melleņu projektīvais segums (Miina et al. 2009). Mellenes projektīvā seguma un sakņu sistēmas atjaunošanās pēc kailcirtes ir lēnāka un ilgāka, nekā pēc izlases cirtēm (Atlegrim, Sjöberg 1996). Samazinot kailcirtes platības, palielinās iespēja, ka mellene varēs izdzīvot un ātrāk atjaunoties pēc mežistrādes (Atlegrim, Sjöberg 1996; Nielsen et al. 2007). Samazinot cirsmas platības, samazinās arī apgaismojuma izmaiņas, kas ir labvēlīgāki apstākļi mellenes augšanai, salīdzinot ar lielāka izmēra cirmām (Atlegrim, Sjöberg 1996; Nielsen et al. 2007). Tomēr, no mežsaimniecības viedokļa, koku augšanai var būt negatīva ietekme uz melleņu augšanu, jo konkurence par

augšnes resursiem pieaug, pieaugot meža briedumam (Nielsen et al. 2007; Nybakken et al. 2013). Šādai konkurencei varētu būt izteiktāka ietekme barības vielām nabadzīgās audzēs, kur ir bijušas vairākas secīgas kailcirtes un augšnes resursi ir samazināti (Atlegrim, Sjöberg 1996; Bergstedt, Milberg 2001; Nielsen et al. 2007).

## 2. MATERIĀLS UN METODEDES

### 2.1. Pētījuma vietas ģeogrāfiskais raksturojums

Pētījuma vieta atradās Inčukalna novadā pie ciemata „Meža miers” un Garkalnes novadā (2. attēls). Pētījuma teritorija atrodas Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenumā. Teritorijas reljefs bija līdzens ar relatīvajām augstuma izmaiņām ( $< 0,5$  m). Pētītās mežaudzes atradās augsnēs uz smilts cilmieža, kas raksturīgs Inčukalna novadam (Pūriņš 1975). Pētījuma teritorijā dominējošie meži ir skujkoku meži, bet lapu koku meži (ozolu, ošu) aizņem tikai 11 ha. Dominējošie meža augšanas apstākļu tipi ir mētrājs, damaksnis, lāns un sils (VMD 2014).



2. attēls. Pētījuma teritorijas atrašanās vieta.

Figure 2. Location of study area.

### 2.2. Pētījuma vietas klimatiskais raksturojums

Klimats pētījuma teritorijā ir okeānisks, ko nosaka dominējošie rietumu virzienu vēji, kas atnes siltās un mitrās gaisa masas no Atlantijas okeāna un Baltijas Jūras. Vidējā gada gaisa temperatūra ir no 5,6 līdz 5,8 °C; jūlijs ir siltākais mēnesis (vidējā temperatūra  $\sim 17$  °C), bet gada aukstākais mēnesis ir janvāris (vidējā gaisa temperatūra - 6,0 līdz - 6,5 °C). Vidējais nokrišņu daudzums svārstās robežās no 500 līdz 700 mm gadā. Nokrišņu sadalījums gada laikā ir nevienmērīgs; vairāk nekā puse no gada nokrišņu daudzuma izkrīt vasaras periodā (jūnijs – augusts, kad

temperatūra ir visaugstākā), tādējādi tiek uzskatīts, ka vasaras periodā saglabājas pozitīva ūdens bilance. Gaisa temperatūra ilgstoši saglabājas zem + 8 °C vidēji 210 – 215 dienas gadā (apkures sezonā). Veģetācijas periods vidēji ilgst 180 – 190 dienas (Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centrs).

### 2.3. Audžu raksturošana un paraugu ievākšana

Pētāmos nogabalus izvēlējās no VMD datu bāzes, atlasot trīs vecuma grupās esošas mežaudzes ( jaunas, ~ 10 gadi; vidēji vecas, ~ 70 gadi un vecas ~ 120 gadi), atbilda diviem meža augšanas apstākļu tiptiem: mētrājam un lānam. Šādi tipi izvēlēti, jo tajos mellene ir tipiska zemsedzes veģetācijas suga, kas sastopama bieži un lielā daudzumā (ar augstu projektīvo segumu). Kopā atlasīti astoņi nogabali ar kopējo platību 22, 4 ha (1. pielikums; 1. tabula). Septiņi parauglaukumi izveidoti mētrājā, bet viens parauglaukums lānā, kas pēc subjektīvā vērtējuma neatšķīrās no mētrāja (1. tabula). Mežaudzes raksturošanai izveidoja astoņus apļveida parauglaukumus (katrā nogabalā) ar rādiusu 10 m (~ 314 m<sup>2</sup>).

1. tabula

Pētāmo parauglaukumu koordinātas (LKS92 TM), nogabala numurs (I) (1. pielikums), nogabala platība (ha) (II), meža augšanas apstākļu tips (III), valdošā kokaudzes suga (IV), noteiktais audzes vecums (V) (gadi), audzes vecuma klase (VI) un valdaudzes šķērslaukums (VII) (m<sup>2</sup>/ha).

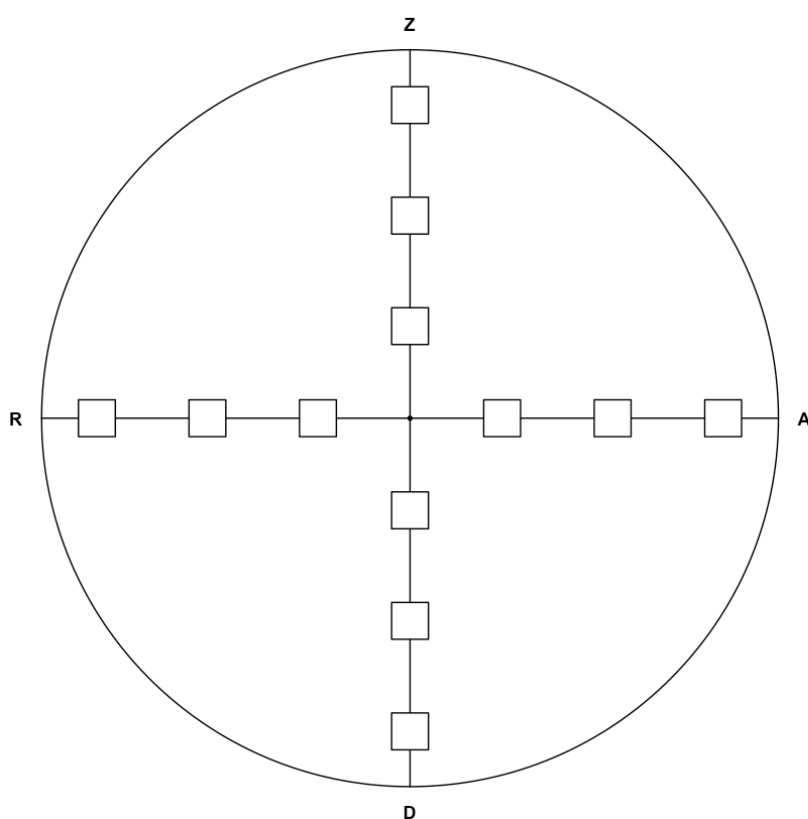
Table 1

Coordinates (LKS92 TM), number of forest patch (I) (Annex 1), area of forest patch (ha) (II), forest type (III), dominant canopy species (IV), stand age (V) (years) age class of stand (VI) and total cross-section area of stem (VII) (m<sup>2</sup>/ha) of sampling plots.

Nr.	Koordinātas/ Coordinates		I	II	III	IV	V	VI	VII
	X	Y							
1	537921	324986	1	4,7	Mr	P	108	Vecs	25,66
2	537870	325125	27	3,3	Mr	P	10	Jauns	
3	538228	324815	12	1,6	Ln	E	68	Vidējs	25,93
4	538259	324814	16	1,3	Mr	P	14	Jauns	
5	537334	325013	22	3,6	Mr	P	130	Vecs	21,87
6	537732	321859	5	2	Mr	P	72	Vidējs	23,38
7	527468	316957	9	4,7	Mr	P	74	Vidējs	29,11
8	527439	317429	9	1,2	Mr	P	114	Vecs	41,59

Mežaudzes raksturošanai katrā parauglaukumā apsekoja visus kokus, izņemot jaunaudzēs. Visiem kokiem parauglaukumā, kas diametrā lielāki par 10 cm ar dastmēru noteica diametru un augstumu ar „Suunto” augstuma mēru (eklektometru). Pamežu un paaugu, kā arī kokus, kas diametrā bija mazāki par 10 cm, uzskaitīja pa sugām, iedalot četrās augstuma klasēs: 0 – 1 m, 1, 01 – 2 m, 2,01 – 5 m, 5,01 – 10 m. Pieciem kokiem pēc nejaušības principa veica urbumus krūšu augstumā (~ 1,3 m) ar Preslera svārpstu un ievāca koksnes paraugus precīzai mežaudzes vecuma noteikšanai.

Melleņu raksturošanai un ievākšanai katrā apļveida (mežaudzes) parauglaukumā izveidoja 12 mazākus parauglaukumus (parauglaukumiņus) (kopā 96) ar izmēru 1 x 1 m. Parauglaukumiņu izvietojanas shēma parādīta 3. attēlā.



3. attēls. Shematisks parauglaukumu izvietojums.

Figure 3. The design of sampling plot. (Squares with area 1 m<sup>2</sup> indicate plots where bilberry was sampled, circle represents sampling plot of forest stand).

Katrā parauglaukumiņā ievākti pieci melleņu paraugi (rameti ar virsausnes daļu, kas veido krūmu) vecuma, augstuma un diametra noteikšanai. Melleņu paraugi ievākti sistematizēti (četri melleņu paraugi ievākti no katra parauglaukumiņa stūra un viens paraugs no parauglaukumiņa diagonāļu krustpunkta), lai izslēgtu iespēju, ka tendenciozi tiek ievāktas garākās un diametrā lielākās mellenes. Ja parauglaukumiņā melleņu skaits bija  $< 5$ , tad ievāktas visas mellenes. Melleņu rametus parauglaukumiņos centās ievākt  $\sim 20$  cm garus (no saknes kakla), precīzākai vecuma pārbaudei.

Zemsedzes veģētācijas raksturošanai izmantota Brauna-Blankē metode (Braun-Blanquet 1964). Reģistrēja visas parauglaukumiņā sastopamās lakstaugu, sūnu un ķērpju sugas, kā arī noteiks to un nobiru procentuālais projektīvais segums. Projektīvais segums noteikts arī pameža koku sugām, kas atradās parauglaukumiņā.

Saules radiācijas parametru novērtēšanai, katrā mazā parauglaukumiņā uzņēma koku vainaga attēlus ar WinsCanopy2007 (Regent Instruments), kas ietver spoguļkameru fotoaparātu ar platleņķa objektīvu (*fish eye*). Sistēma uzņemot attēlus pacelta 1,3 m augstumā.

## 2.4. Paraugu apstrāde un mērīšana

Iegūtos koksnes paraugus apstrādāja laboratorijā. Urbumus izžāvēja un ielīmēja (PVA līme) fiksācijas planšetēs (dēlis ar speciāli izveidotiem padziļinājumiem). Planšetes ar ielīmētiem urbumiem novietoja uz četrām dienām zem sloga, lai izžūtu līme un urbumi būtu labi piestiprinājušies. Pēc sloga noņemšanas urbumus graduāli slīpēja ar vibrācijas slīpmašīnu (Makita BO3700) ar trīs dažāda raupjuma smilšpapīru (120, 240, 400), lai būtu labi redzamas un izšķiramas gadskārtu robežas. Lai noteiktu mežaudžu vecumus veica mērījumus ar LINTAB 5 gadskārtu mērīšanas sistēmu, kas ietver Leica MS5 mikroskopu un datorprogrammu TSAP (Time Series Analysis) (RinnTech).

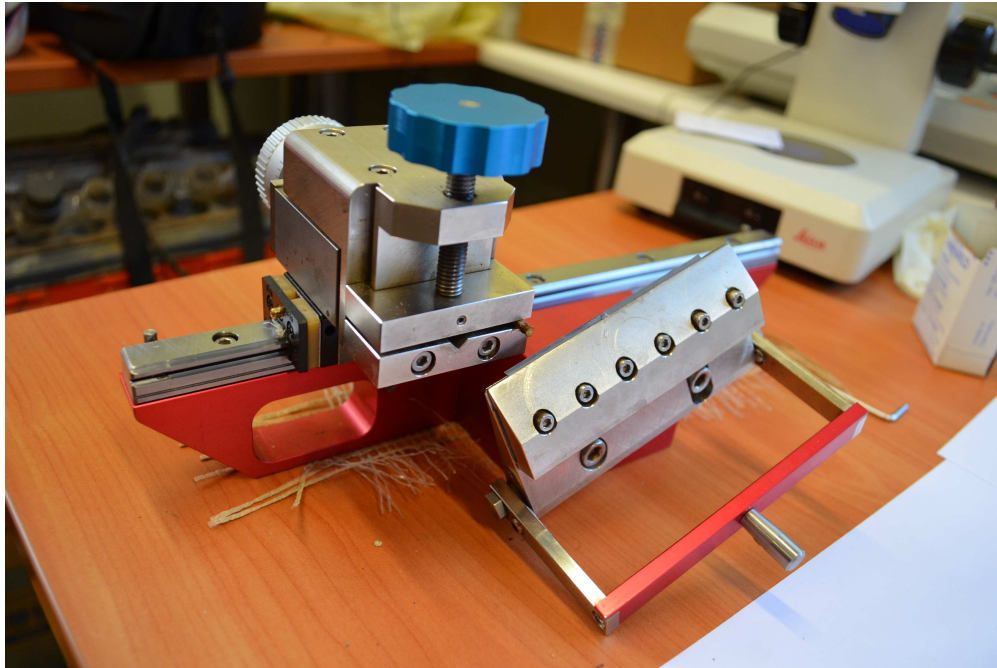
Visus ievāktos melleņu paraugus apstrādāja laboratorijā. Mellenēm zem saknes kakla (4. attēls) ar bīdmēru izmērīja diametru. Virszemes dzinumiem, kas veido krūmu, ar mērlenti izmērīja garumu, mākslīgi iztaisnojot krūmu ar roku, kas žūšanas laikā izmainījis formu. Melleņu rametus parauglaukumiņos centās ievākt  $\sim 20$  cm garus (no saknes kakla), precīzākai vecuma pārbaudei. No 40 melleņu rametiem ieguva divus  $\sim 1$  cm garus paraugus, lai uzzinātu vai vecums ir vienāds vietā, gan zem

saknes kakla, gan ~ 15 cm zem saknes kakla. Pārējiem rametiem paraugi ņemti zem saknes kakla, jo šajā daļā mellei bija vislielākais vecums (Schweingruber, Poschlod 2005). Pēc visu melleņu rametu paraugu sagatavošanas, šie paraugi apstrādāti ar rokas mikrotomu (5. attēls) un nogriezti 10 – 60 µm biezi šķērs griezumus, lai pēc iespējas labāk būtu izšķiramas gadskārtas (Schweingruber, Poschlod 2005). No katra parauga iegūti divi šķērs griezumus. Paraugu griešanas laikā, tie regulāri mitrināti ar destilētu ūdeni, lai paraugs nedruptu un būtu mīkstāks (vieglāk griežams). Kā griešanas asmens izmantots papīra nažu asmens. Mikrotoma griešanas asmens regulāri mainīts, lai vienmēr iegūtu kvalitatīvus griezumus.



4. attēls. Parastās mellenes ilustratīvs zīmējums ar norādi uz vietu, kur ņemti paraugi vecuma noteikšanai, mērīts diametrs un krūma augstums (Kops, van Hall 1832).

Figure 4. Illustration of common bilberry (Kops, van Hall 1832). Red line illustrates the part of bilberry stem that was sampled for estimation of the age of ramet.



5. attēls. Slīdes tipa rokas mikrotoms šķērsriezumu pagatavošanai.

Figure 5. Sliding microtome used for the preparation of bilberry stem samples.

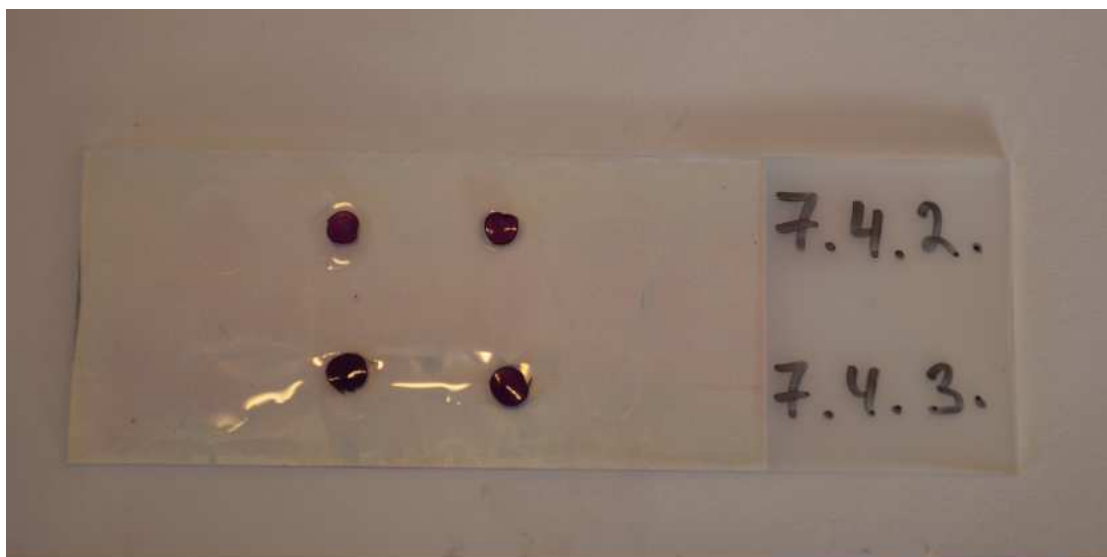
Iegūtos šķērsriezuma paraugus novietoja uz priekšmetstikla un iekrāsoja ar astrazilo un safranīna krāsu. Krāsu turēja apmēram trīs minūtes. Pēc tam paraugi vairākas reizes skaloti ar 50 % spirtu, līdz paraugs pārstāja atkrāsoties. Krāsošanas procesa beigās paraugs skalots ar ūdeni. Iekrāsošanas rezultātā bija labi izšķiramas gadskārtu robežas, jo krāsošana paaugstina kontrastu starp gadskārtas daļām: nepārkoksnējušās šūnas iekrāsojas zilā krāsā un pārkoksnējušās šūnas sarkanā krāsā (6. attēls).

Lai iekrāsotais paraugs nezaudētu krāsu un formu, un varētu pēc iespējas labāk izmērīt gadskārtu platumus, pēc krāsošanas pagatavots pastāvīgais preparāts. Lai paraugs pilnībā dehidratētos, tas apstrādāts ar 96 % spirtu. Ksilols izmantots, lai pārliecinātos, ka paraugā nav ūdens (ksilols kļūst balts un pienains, ja paraugā ir palicis ūdens). Paraugam izzūstot, to pārklāja ar Kanādas balzamu un pārsedza ar segstikliņu. Pagatavotos paraugus nolika zem sloga uz piecām diennaktīm, lai paraugi pietiekami nostiprinātos (7. attēls) (Schweingruber, Poschlod 2005).



6. attēls. Parastās mellenes šķērs griezums. Foto: I. Dauškane

Figure 6. Cross-section of common bilberry. Foto by I. Dauškane



7. attēls. Gatavi melleņu rametu pastāvīgie paraugi no parauglaukumiņiem.

Figure 7. Prepared permanent samples of stems of bilberry ramets.

Melleņu gadskārtu paraugus, kā koku urbumus mērīja ar LINTAB 5 gadskārtu mērīšanas sistēmu, paraugus uzliekot uz baltas papīra lapas, lai varētu labāk saskatīt gadskārtas. Pēc iespējas precīzākai vecuma noteikšanai, paralēli izmantoja binokulāru, lai redzētu grūtāk izšķiramās gadskārtas.

## 2.5. Datu apstrādes metodes

Datu analīzes veiktas ar programmu R 3.0.2. (R Core Team 2013). Lai raksturotu apsekoto parauglaukumiņu zemsedzes veģetācijas un melleņu rametu struktūru līdzību, kā arī, lai rastu priekšstatu par to saistību, izmantotas daudzfaktoru metodes ar papildus paketi vegan (Oksanen et al. 2013). Parauglaukumiņu veģetācijas līdzība raksturota izmantojot DCA (*Detrended correspondence analysis*) ordināciju, kā izejas dati izmantots zemsedzes veģetācijas projektīvais segums, kas izteikts ballēs (2. tabula), reto sugu ietekme tika samazināta.

2. tabula.

Veģetācijas procentuālā seguma vienības, kas izteiktas ballēs tālākām analīzēm.

Table 2

Scores of the relative projected cover of ground cover vegetation.

Procentuālais segums, % /Projected coverage	Balles/ Score
1 - 5	1
6 - 25	2
26 - 40	3
41 - 75	4
76 - 100	5

DCA analīzē, lai novērtētu vai ir līdzība zemsedzes veģetācijā starp parauglaukumiņiem un novērtētu vai ir tendences uz atsevišķu parauglaukumiņu grupēšanos, mellenes klātbūtne, kā arī audzes valdošā koku suga (priede vai egļe), izmantoti kā grupējošie mainīgie. PCA (*Principal Component Analysis*) analīzi veica, lai novērtētu vai parauglaukumiņi ir līdzīgi balstoties uz mellenes parametriem, kā izejas datus izmantojot augstumu, diametru un melleņu vecumu.

Lai labāk novērtētu un salīdzinātu saules radiācijas parametru (tiešā, vidēji dienā fotosintētiski aktīvā radiācija, veģetācijas perioda laikā zem koku vainagiem; izkliedētā aktīvā saules radiācija vidēji dienā; kopējā aktīvā saules radiācija vidēji dienā; *gap fraction* (vainaga izrobojuma rādītājs) un *openness* (vainagu klāja atvērums)) ietekmi un atšķirību starp parauglaukumiem, veikta dispersijas analīze (ANOVA) un rezultātu vizualizēšanai, izveidoti izkliedes grafiki. Šie saules radiācijas parametri izvēlēti, jo vislabāk raksturo apgaismoju apstākļus mežaudzē (Frazer et al. 2001). Dispersijas analīze (ANOVA) veikta arī, lai salīdzinātu vai ir atšķirības koku diametram un augstumam starp mežaudzes vecuma grupām (Miller, Haden 2006).

Melleņu un citu sugu projektīvā seguma, saules radiācijas un kokaudzes parametru saistībām ar parauglaukumiem un parauglaukumiņiem, vispārējam salīdzinājumam, izmantoja Pīrsona vai Spīrmena korelācijas analīzi (atkarībā no datu atbilstības normālajam sadalījumam) (Archdeacon 1994). Korelācijas analīze izmantota, lai raksturotu melleņu parametru savstarpējo saistību (vidējais gadskārtu platums, vecums, augstums un diametrs). Melleņu parametru (vidējais gadskārtu platums, vecums, augstums, diametrs, pirmo trīs gadskārtu vidējais platums un raukums (H/D)) salīdzinājumam starp parauglaukumiem izveidoja izkliedes grafiku. Lai raksturotu melleņu rametu struktūru daudzveidību, noteica melleņu procentuālo sadalījumu pa vecuma, diametra un augstuma klasēm, atkarībā no mežaudzes vecuma (jauna, vidēja un veca mežaudze) (Lane et al. 2007). Aprēķināts vidējais augstums, diametrs un vecums mellenēm, kas atradās vienā parauglaukumiņā.

Lineārās regresijas analīze izmantota, lai raksturotu saistības starp mellenes rametu vecumu, diametru un augstumu, gan visiem apsekotajiem melleņu rametiem kopā, gan dalot tos pa mežaudzes vecuma grupām. Šo saistību ciešums raksturots ar determinācijas ( $R^2$ ) koeficientu (Lane et al. 2007). Ar lineāriem jaukta efekta modeļiem (*linear mixed effects models*) (Zuur et al. 2009) analizētas savstarpējās saistības un mijiedarbības starp melleņu rametu parametriem (vidējais gadskārtu platums, pirmo trīs gadskārtu vidējais platums, vecums, augstums, diametrs, projektīvais segums) un mežaudžu parametriem (mežaudzes vecums, mežaudzes vecuma grupa (kā references līmenis vidējā vecuma mežaudzes grupa), parauglaukums (pirmais parauglaukums izmantots kā references līmenis), mežu augšanas apstākļu tips (lāns izmantots kā references līmenis), koku diametrs, koku augstums, šķērslaukums, raukuma koeficients (H/D), biezība, tiešais, izkliedētais un kopējais saules radiācijas daudzums, vainaga klāja atvērums (*Openness*) un vainaga izrobojums (*gap fraction*). Katrs no melleņu parametriem izmantots kā atkarīgais mainīgais atsevišķā modelī. Parametru piederība parauglaukumam vai parauglaukumiņam izmantota kā nejaušais efekts (*random effect*). Analīzes sākumā iekļāva visus iegūtos datus, izveidojot pilnu modeli un ar katru nākamo soli, modeli neiekļāva kādu no nebūtiskajiem faktoriem, līdz modelī palika tikai faktori, kas uzrādīja būtisku saistību (*backward selection*). Kā dalījumu izmantojot visas trīs mežaudzes vecuma grupas (jauna, vidēja un veca mežaudze). Lai uzzinātu, kurš no būtiskajiem modeļiem vislabāk parāda parametru un vides faktoru saistības, modeļus savā starpā salīdzināja ar varbūtību attiecību testu (*likelihood ratio test*), izmantojot

ANOVA funkciju. Turpmākajās jaukta efekta modeļu analīzēs izmantoja vidējas un vecas mežaudzes datus, jo jaunaudzē nebija novērtēti kokaudzes parametri. Lai varētu veikt jaukta efekta modeļu analīzi, papildus izmantoja paketes: lme4 (Bates et al. 2013) un lmerTest (Kuznetsova 2013).

## 3. REZULTĀTI

### 3.1. Saules radiācijas parametri

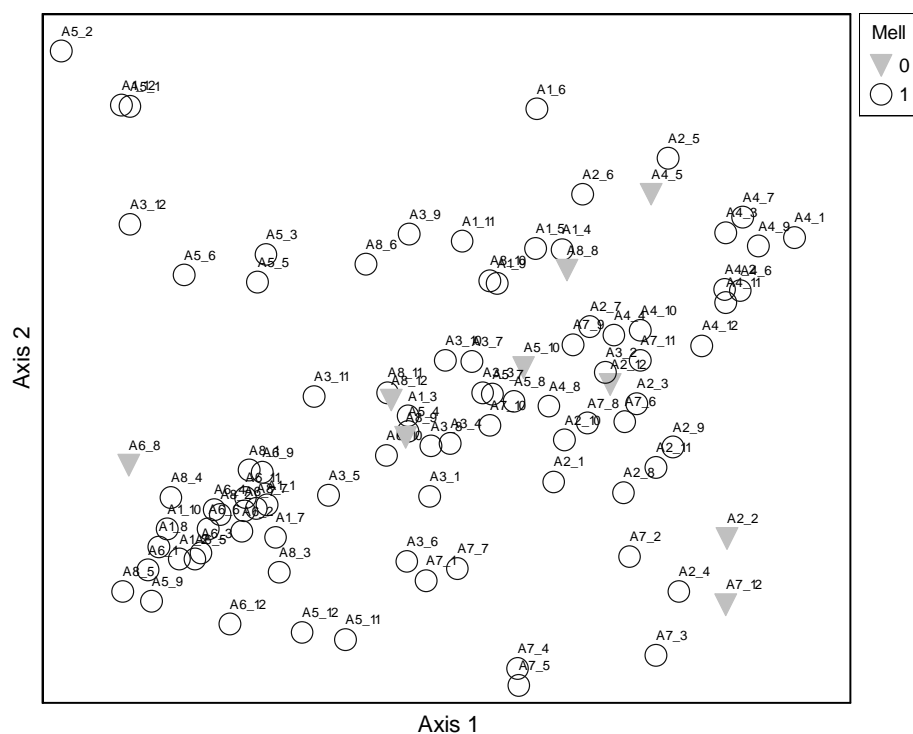
Noteiktie saules radiācijas parametri uzrādīja būtiskas atšķirības ( $p$ -vērtība < 0,01) starp parauglaukumiem un visi pieci saules radiācijas parametri (tiešais saules radiācijas daudzums, izkliedētais saules radiācijas daudzums, kopējais saules radiācijas daudzums, *gap fraction*, *openness*) uzrādīja līdzīgas tendences pa parauglaukumiem (vismazākās vērtības 1. un 6. parauglaukumā), bet vecuma grupās (izņemot jaunaudzēs) novērotas nelielas atšķirības starp parametriem (2. pielikums). Tiešais saules radiācijas daudzums un vainaga klāja atvērums (*Openness*) uzrādīja vislielāko variāciju starp parauglaukumiem. Jaunaudzēs (2. un 4. parauglaukumā) novērotas visaugstākās saules radiācijas parametru vērtības ( $\sim 21 \text{ Mol/m}^2\text{day}$ ) un lielākais vainaga klāja atvērums ( $\sim 40 \%$ ), bet 2. parauglaukumā bija vislielākā izkliede starp parauglaukumiem. Vecajā audzē (8. parauglaukumā) kopējais saules radiācijas daudzums ir salīdzinoši liels ( $24 \text{ Mol/m}^2\text{day}$ ), bet vainaga klāja atvērums ir vidējs (33 %) salīdzinājumā ar pārējiem parauglaukumiem. Viszemākie saules radiācijas parametri bija 1. parauglaukumā (vecajā mežaudzē) un 6. parauglaukumā (vidējā mežaudzē). Pirmajā parauglaukumā (vecajā mežaudzē) kopējais saules radiācijas daudzums bija  $14 \text{ Mol/m}^2\text{day}$ . Sestajā parauglaukumā (vidēja mežaudze) saules radiācijas parametri bija vieni no zemākajiem, kā arī parametriem starp parauglaukumiem bija liela izkliede.

### 3.2. Kokaudze un zemesdzes veģetācija

Pētītajos parauglaukumos kokaudzes pirmo stāvu veidoja priede, izņemot lānu (3. parauglaukums, vidēja vecuma mežaudze), kur kokaudzi veidoja egles un priede; kokaudzes otrā stāva mežaudzēs nebija. Pamežu un paaugu parauglaukumos galvenokārt veidoja priedes, egles, bērzi un krūklī. Pētītajos parauglaukumos, izņemot jaunaudzēs, koku vidējais diametrs krūšu augstumā bija 29,04 cm un augstums bija 25 m. Vecās mežaudzēs koku diametrs kopumā bija būtiski lielāks (no 29,8 cm – 34,12 cm) nekā vidēja vecuma mežaudzēs (24,86 cm – 29,1 cm). Turpretim, veicot dispersijas analīzi koku augstums gan vidējās mežaudzēs, gan vecās mežaudzēs

būtiski atšķirās (attiecīgi 20,46 m – 21,7 m un 21,8 m – 22,88 m; p – vērtības 0,014 un 0,021).

Apsekotajos parauglaukumos kopā konstatētas 18 lakstaugu sugas, astoņas sūnu sugas, divas ķērpju sugas (3. pielikums). Vislielākais zemsedzes veģētācijas sugu skaits bija jaunaudzēs (13 sugas), kā arī vecajā mežaudzē (8. parauglaukums, 15 sugas). Tomēr arī viszemākais sugu skaits bija vecā un vidējā mežaudzē (10 sugas, 1. un 7. parauglaukums). Visos parauglaukumos zemsedzi veidoja fona sugas, kā, piemēram, *Vaccinium vitis-idaea* parastā brūklene, *Trientalis europaea* Eiropas sepstiņstarīte, *Luzula pilosa* pūkainā zemzālīte, *Melampyrum pratense* pļavas nārbulis. Vairumam no šīm sugām projektīvie segumi starp parauglaukumiem bija līdzīgi, tomēr brūklenes, kā arī nobiru projektīvais segums bija augstāks jaunaudzēs.



8. attēls. Parauglaukumiņu veģētācijas DCA ordinācija. Atšķirīgie simboli norāda parauglaukumus atkarībā no mellenes klātbūtnes (pelēkie trīsstūri – mellene nav sastopama parauglaukumā; apli – mellene ir sastopama parauglaukumā).

Figure 8. The DCA ordination plot of ground cover vegetation in bilberry sampling plots. Symbols represent presence of bilberry in (grey triangles – bilberry absent, circles – bilberries present).



Melleņu vidējais projektīvais segums parauglaukumos svārstījās no 6,09 % līdz 38,83 % (3. pielikums), bet parauglaukumiņos projektīvais segums bija no 0 % līdz 90 %. Apsēkotajos parauglaukumos vislielākais mellenes projektīvais segums bija vecajās mežaudzēs (35,45 – 38,83 %), neatkarīgi no parauglaukuma (3. pielikums). Turpretim vismazākais projektīvais segums bija jaunaudzēs (6,09 – 6,44%). Parauglaukumu līmenī, mellenes vidējais projektīvais segums būtiski korelēja ar mežaudzes vecumu (3. tabula). Veicot korelācijas analīzi izmantojot parauglaukumiņu datus, redzams, ka mellenes projektīvais segums būtiski korelēja ar vainaga izrobojumu un vainaga klāja atvērumu, kā arī kopējo projektīvo segumu (3. tabula).

3. tabula

Pīrsona korelācijas koeficienti starp melleņu projektīvo segumu un audzes vecumu, koku šķērslaukumu, vidējo kopējo projektīvo segumu (neieskaitot mellenes), sugu skaitu, kopējo saules radiācijas daudzumu, vainaga izrobojumu, tiešo saules radiācijas daudzumu, izkliedēto saules radiācijas daudzumu, vainaga klāja atvērumu. P-vērtības: \* < 0,05, \*\* < 0,01, \*\*\* < 0,001.

Table 3

Pearson correlation coefficients between projected cover of bilberry and properties of stand, solar radiation and cover of groundcover vegetation (excluding bilberry). Significance code, p-values: \* < 0.05, \*\* < 0.01, \*\*\* < 0.001.

Ietekmējošais parametrs / Independent variable	Parauglaukumu dati (n=8) / Stand sampling plot data (n=8)	Parauglaukumiņu dati (n=96) / Bilberry sampling plot data (n= 96)
Mežaudzes vecums / Stand age	0,92**	-
Koku šķērslaukums / Total cross-section area of stems	0,54	-
Vidējais kopējais projektīvais segums / Mean projected cover of groundcover vegetation	0,58	0,55***
Sugu skaits / Number on groundcover species	-0,45	-0,1
Kopējais saules radiācijas daudzums/ Total amount of solar radiation	-0,69	-0,18
Vainaga izrobojums/ Gap fraction	-0,56	-0,21*
Tiešais saules radiācijas daudzums/ Direct solar radiation	-0,68	-0,18
Izkliedētā saules radiācijas daudzums/ Diffuse solar radiation	-0,65	-0,18
Vainaga klāja atvērums/ Openness	-0,59	-0,21*

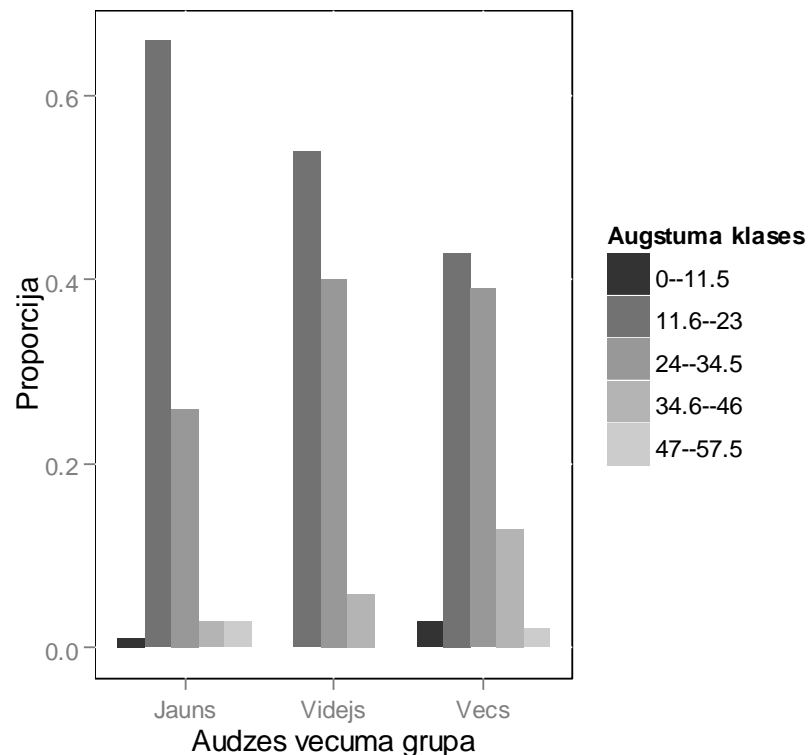


Melleņu parametru datu kopas statistiskie rādītāji

Table 4.

Statistics of the datasets of parameters of ramets of bilberry.

	Augstums, cm / Height, cm	Diametrs, mm / Diameter, mm	Vecums, gadi / Age, years
Minimālā vērtība / Minimum	11,7	0,8	2
Maksimālā vērtība / Maximum	57,9	6	12
Vidējā vērtība / Mean	23,9	2,6	5,1
Standartnovirze / Standard deviation	7,4	0,8	1,8
Mediāna / Median	22,3	2,4	5



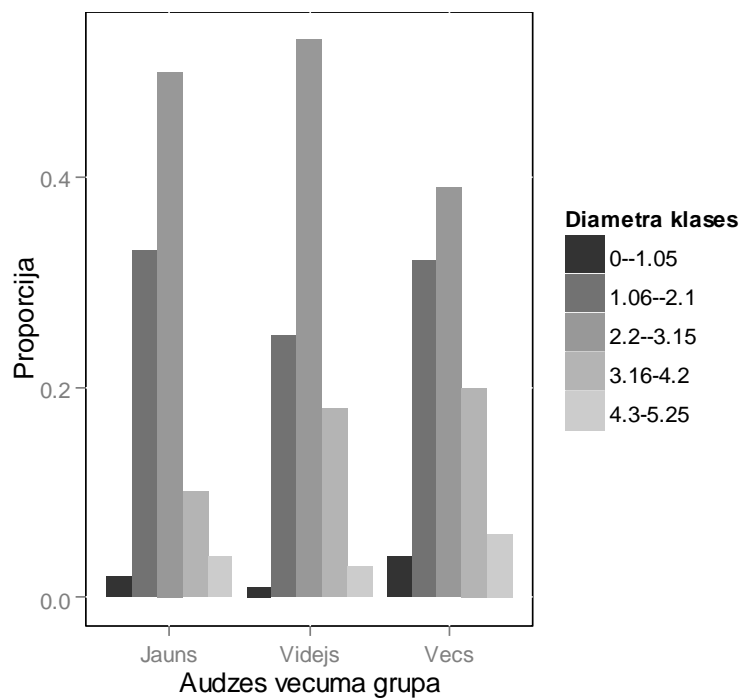
11. attēls. Melleņu rametu augstuma struktūra parauglaukumos ar atšķirīgu kokaudzes vecumu.

Figure 11. Relative height structure of bilberry ramets in stands with different age (coppices, medium old and old stands). The proportion of bilberry ramets is shown on ordinate axis.

Melleņu sadalījums pa augstuma klasēm bija samērā līdzīgs (11. attēls). Visos parauglaukumos mellenes pārsvarā bija vidējās augstuma klasēs (11, 6 cm – 23 cm), bet šīs klases īpatsvars samazinājās pieaugot mežaudzes vecumam. Jaunā un vecā mežaudzē mellenes pārstāvēja visas augstuma klases, bet vidēja vecuma mežaudzē iztrūka mazākās un lielākās augstuma klases (attieciņi no 0 cm – 11, 5 cm un 47 cm – 57, 5 cm). Vecā mežaudzē augstuma klase no 34, 6 cm – 46 cm bija vairāk pārstāvēta nekā jaunā un vidēji vecā mežaudzē, kā arī vecā mežaudzē bija daudz vairāk melleņu zemākajā augstuma klasē, nekā jaunā mežaudzē (11. attēls).

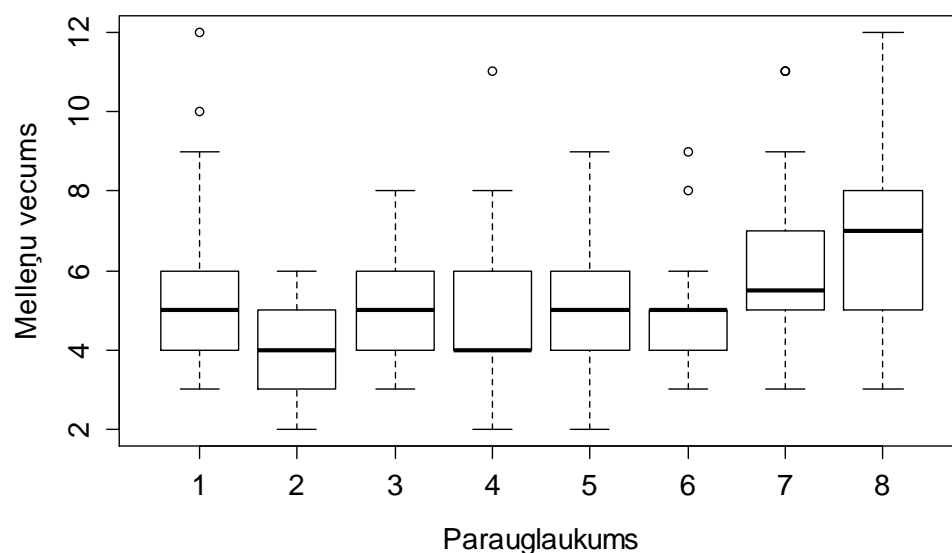
Vislielākais mellenes rameta diametrs bija 6,00 mm (4. tabula), kas atradās vecajā mežaudzē (1. parauglaukumā), kā arī vismazākais bija 0,88 mm vecajā mežaudzē (4. parauglaukumā). Vidējais melleņu diametrs parauglaukumos variēja no 2,20 mm – 3,42 mm. Vislielākais (3,42 mm) vidējais melleņu diametrs bija vecajā mežaudzē (8. parauglaukumā), bet vismazākais (2,22 mm un 2,20 mm) bija jaunaudzē (2. parauglaukumā) un vidējā mežaudzē (6. parauglaukumā). Vidējais diametrs melleņu rametiem bija 2,61 mm. Melleņu sadalījums pa diametra klasēm bija samērā līdzīgs visās mežaudzes vecuma grupās, kurās bija pārstāvētas visas izdalītās diametra klases (12. attēls). Visvairāk pārstāvētā bija vidējā diametra klase no 2,2 mm – 3,15 mm. Vecajā mežaudzē bija vairāk melleņu, kas pārstāvēja mazāko diametra klasi, nekā jaunā un vidējā mežaudzē. Jaunā un vidējā mežaudzē melleņu bija līdzīgā proporcijā diametra klasēs no 1,06 mm – 2,1 mm un 2,2 mm – 3,15 mm, bet vecā mežaudzē melleņu skaits bija izlīdzinātāks un nebija izteikta dominēšanā kādā no diametra klasēm (12. attēls).

Apsēkotajās mežaudzēs melleņu rametu vecums variēja no diviem gadiem, kas konstatēti jaunaudzēs (2. un 4. parauglaukumā) un vienā no vecajām mežaudzēm (5. parauglaukums), līdz 12 gadiem, kas konstatēti vecajās mežaudzēs (1. un 8. parauglaukumā) (13. attēls). Vislielākais vidējais vecums (6,6 gadi un seši gadi) bija vecā un vidējā mežaudzē (8. un 7. parauglaukums), bet vismazākais jaunaudzē (četri gadi) (2. parauglaukums). Pārējos parauglaukumos melleņu vecums variēja no 4,6 gadiem līdz 5,4 gadiem.



12. attēls. Melleņu rametu diametru struktūra parauglaukumos ar atšķirīgu kokaudzes vecumu.

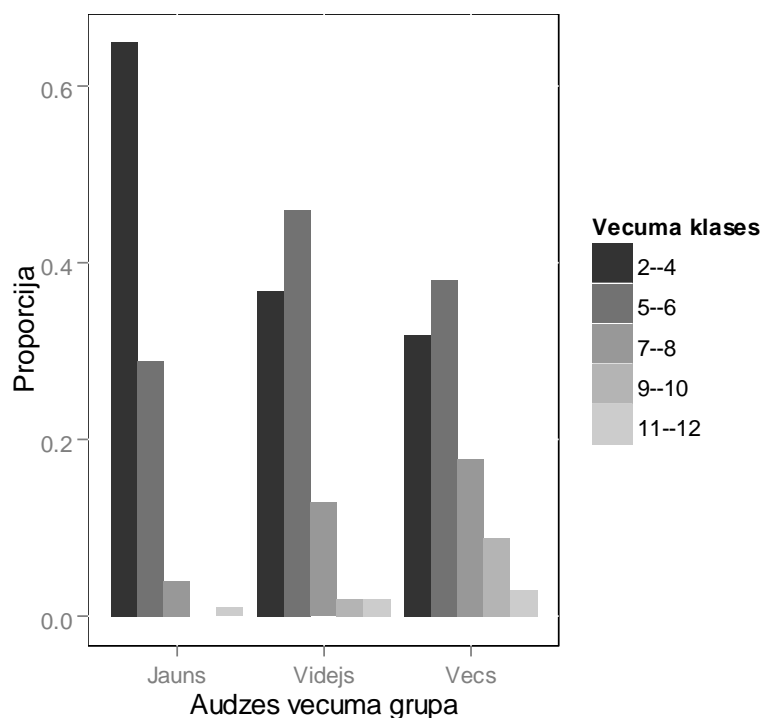
Figure 12. Relative diameter structure of bilberry ramets in stands with different age (coppices, medium old and old stands). The proportion of bilberry ramets is shown on ordinate axis.



13. attēls. Melleņu vecums parauglaukumos (gadi).

Figure 13. The age of bilberry ramets in sampling plots (years).

Jaunaudzēs lielāks melleņu īpatsvars bija jaunākajā vecuma klasē (divi gadi – četri gadi), bet vecuma klase no deviņiem gadiem līdz 11 gadiem nebija pārstāvēta (14. attēls). Vidējā un vecā mežaudzē visvairāk pārstāvēta otrā vecuma klase (pieci gadi – seši gadi). Vidējā mežaudzē vismazāk pārstāvētas pēdējās vecuma klases (deviņi gadi – desmit gadi un 11 gadi – 12 gadi), bet vecā mežaudzē sākot ar otro vecuma klasi, vērojams vienmērīgs vecāko melleņu skaita samazinājums.



14. attēls. Melleņu rametu vecuma struktūra parauglaukumos ar atšķirīgu kokaudzes vecumu.

Figure 14. Relative age structure of bilberry ramets in stands with different age (coppices, medium old and old stands). The proportion of bilberry ramets is shown on ordinate axis.

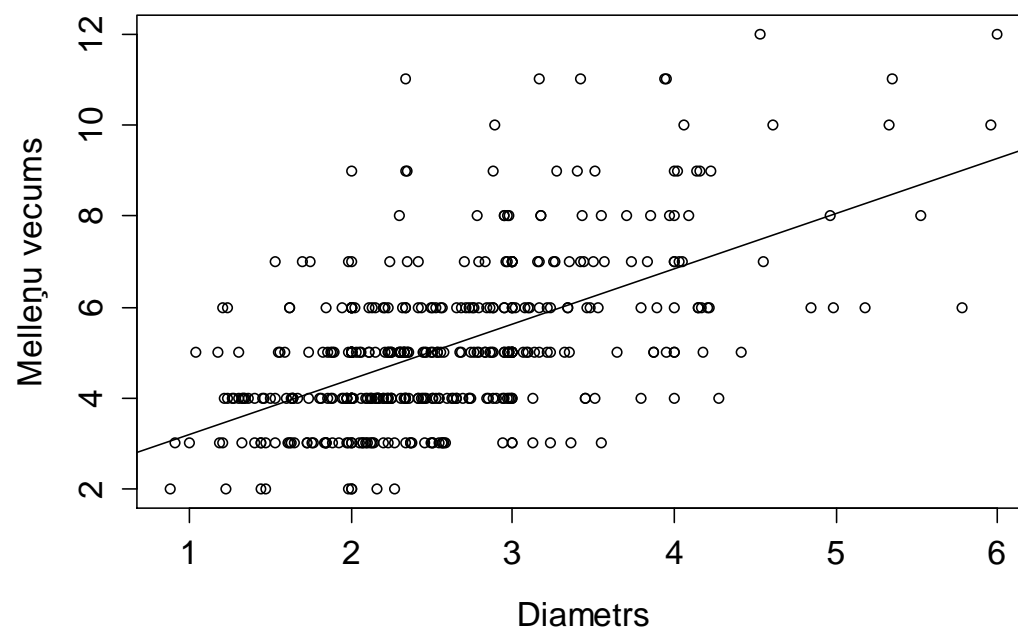
Starp melleņu parametriem (vidējais gadskārtu platums, vecums, augstums un diametrs) bija vērojamas būtiskas saistības ( $p$ -vērtība  $< 0,001$ ) (5. tabula). Melleņu augstums un diametrs uzrādīja vidēji ciešu, pozitīvu korelāciju ar vecumu, respektīvi, palielinoties vecumam, palielinās arī diametrs (15. attēls) un augstums; korelācija starp augstumu un diametru bija cieša un pozitīva; vidējais gadskārtu platums vidēji cieši un pozitīvi korelēja ar augstumu un diametru. Šīs saistības norāda uz to, ka melleņu dimensijas ir savstarpēji reprezentatīvas. Negatīva korelācija novērota starp vidējo gadskārtu platumu un melleņu vecumu, kas skaidrojams ar vecuma trendu.

Pīrsona korelācijas koeficienti starp melleņu parametriem (augšējā diagonālā daļā) un to būtiskums (p-vērtības, apakšējā diagonālā daļā). H – augstums, D – diametrs.

Table 5

Pearson correlation coefficients between parameters of bilberry ramets (upper diagonal part) and their significance (lower diagonal part). H- height of ramet, D – diameter of ramet.

	Vidējais gadskārtu platums / Mean tree ring width	Vecums / Age	H	D
Vidējais gadskārtu platums / Mean tree ring width	*****	-0,21	0,35	0,55
Vecums / Age	<0,001	*****	0,49	0,57
H	<0,001	<0,001	*****	0,73
D	<0,001	<0,001	<0,001	*****



15. attēls. Vecuma un diametra saistība melleņiem.

Figure 15. Relationships between age and diameter of bilberry ramet.

Parauglaukums bija faktors, kas būtiski ietekmēja visus melleņu parametrus (vecums, H, D, vidējais gadskārtu platums, pirmo trīs gadskārtu vidējais platums) (6. tabula), izņemot melleņu raukumu. Tomēr salīdzinot 1. parauglaukuma (izmantojot to kā referenci modeli) melleņu parametrus ar citiem parauglaukumiem, vecums būtiski atšķīrās ar 2. un 8. parauglaukumu (6. tabula). Tāda pati tendence ir arī melleņu augstumam un diametram, tikai diametrs vēl būtiski atšķīrās arī 6. parauglaukumā. Melleņu vidējais gadskārtu platums un pirmo trīs gadskārtu vidējais platums būtiski atšķīrās starp 1., 6. un 7. parauglaukumu.

Astotajā parauglaukumā (vecajā mežaudzē) visi melleņu parametri ir lielākie, izņemot raukumu, kur šis parametrs ir viszemākais salīdzinājumā ar pārējiem parauglaukumiem (4. pielikums). Septītajā parauglaukumā (vidējā mežaudzē) melleņu pirmo trīs gadskārtu vidējais platums bija vismazākais, kaut arī pārējie parametri nav zemākie starp parauglaukumiem. Otrajā un ceturtajā parauglaukumā (jaunaudzēs) bija viszemākais augstums un diametrs.

Vecajās mežaudzēs visi melleņu parametri bija augstākie, izņemot raukumu (5. pielikums). Jaunaudzēs visi melleņu parametri bija viszemākie, izņemot melleņu vidējais gadskārtu platums un pirmo trīs gadskārtu vidējais platums. Vidēja vecuma mežaudzēs, melleņu parametru vērtības galvenokārt bija vidējas.

Ar lineāru jaukta efekta modeli novērtējot savstarpējās saistības starp melleņu parametriem (diametrs, augstums, vidējais gadskārtu platums, vecums, pirmo trīs gadskārtu vidējais platums, melleņu procentuālais segums), mežaudzes parametriem un saules radiācijas parametriem, kā dalījumu, izmantojot visas trīs mežaudzes vecuma grupas, neviens no modeļiem nebija būtisks. Šāda situācija skaidrojama ar to, ka jaunaudzēs netika kvantitatīvi novērtēta mežaudze. Veicot atkārtotu analīzi, izmantojot datus par vidēji vecām un vecām mežaudzēm, konstatēja vairākus būtiskus modeļus (7. tabula). Visi būtiskie modeļi saturēja vienu ietekmējošo faktoru, izņemot vienu modeli, kur analizēts melleņu projektīvais segums ar audzes vecuma grupu un meža augšanas apstākļu tipu. Modeļi ar vairākiem faktoriem atmesti, ietekmējošo parametru savstarpējo korelāciju dēļ (6. pielikums). No pārbaudītajiem melleņu parametriem: augstums, diametrs, vecums un melleņu projektīvais segums, bija būtiska saistība ar koku šķērslaukumu, raukumu, diametru, audzes vecuma grupu un meža augšanas apstākļu tipu (7. tabula). Lai arī modeļi bija būtiski, to p-vērtības bija salīdzinoši augstas un visas pārsniedza 0,001 vērtības, norādot, ka pētītajās audzēs nebija krasi limitējoša ietekme uz mellenēm.

## 6. tabula

Parauglaukuma (kā faktora) ietekmes būtiskums (lineāra jaukta efekta modeļa analīzes koeficients un p-vērtības) uz melleņu rametu parametriem (vidējo gadskārtu platumu, vecumu, augstumu (H), diametru (D), pirmo trīs gadskārtu vidējo platumu, melleņu raukums (H/D). (Koeficients pie 2. līdz 8. parauglaukuma parāda starpību ar 1. parauglaukumu).

Table 6

The significance (p-values of analysis of linear mixed effect model coefficients) of the effect of sampling plot (applied as a factor) on parameters of bilberry ramets (mean tree ring width, age, height(H), diameter (D), mean width of first three tree-rings, stem taper (H/D)). (Coefficient values for 2. to 8. sampling plot shows differences with parameter of 1. sampling plot).

Parauglaukums / Sampling plot	Vecums Age		H		D	
	Koeficients / Coefficient	p – vērtība / p-value	Koeficients / Coefficient	p – vērtība / p-value	Koeficients / Coefficient	p – vērtība / p-value
1	5,446	< 0,001	26,009	< 0,001	2,860	< 0,001
2	-1,436	< 0,001	-4,594	0,018	-0,680	0,002
3	-0,710	0,083	-3,003	0,105	-0,284	0,165
4	-0,786	0,068	-3,813	0,050	-0,313	0,146
5	-0,326	0,431	-2,951	0,118	-0,184	0,377
6	-0,761	0,070	-3,633	0,057	-0,667	0,002
7	0,552	0,184	-3,391	0,073	-0,421	0,045
8	1,177	0,008	5,184	0,010	0,561	0,012
Modeļa būtiskums Significance of entire model		< 0,001		< 0,001		< 0,001

Parauglaukums Sampling plot	Vidējais gadskārtu platums Mean tree ring width		Pirmo trīs gadskārtu vidējais platums Mean width of first three tree rings	
	Koeficients Coefficient	p – vērtība p-value	Koeficients Coefficient	p – vērtība p-value
1	22,705	< 0,001	25,940	< 0,001
2	-0,816	0,638	-2,810	0,184
3	0,629	0,706	0,291	0,886
4	0,971	0,582	-0,299	0,889
5	-0,832	0,626	-2,012	0,331
6	-3,724	0,032	-5,240	0,014
7	-4,763	0,006	-5,633	0,008
8	3,050	0,092	2,579	0,237
Modeļa būtiskums Significance of entire model		< 0,001		< 0,005

7. tabula

Ar lineāra jaukta efekta modeļiem noteiktās būtiskās saistības starp melleņu parametriem un mežaudzes parametriem. Tabulā parādīti tikai būtiskie modeļi.

Table 7

The significant relationship between parameters of bilberry ramets and stands, determined by linear mixed effect models. Only the significant models are shown.

n.p.k. N	Atkarīgais parametrs (melleņu ramets) / Dependent variable (bilberry ramet)	Ietekmējošais parametrs(i) / Independent variable(s)	Koeficients / Coefficients	Modeļa p- vērtība / p-value of model
1	Mellenes augstums / Height of bilberry	Koku šķērslaukums / Stem cross-section area of stand	13,281	0,0213
2	Mellenes vecums / Age of bilberry	Koku šķērslaukums / Stem cross-section area of stand	2,964	0,0206
3	Mellenes diametrs / Diameter of bilberry	Koku raukums / Mean stem taper of trees	1,762	0,0249
4	Mellenes augstums / Height of bilberry	Koku raukums / Mean stem taper of trees	15,315	0,0231
5	Mellenes diametrs / Diameter of bilberry	Koku diametrs / Mean diameter of trees	0,0904	0,0476
6	Mellenes augstums / Height of bilberry	Koku diametrs / Mean diameter of trees	0,813	0,0231
7	Mellenes projektīvais segums / Projected cover of bilberry	<b>Audzes vecuma grupa: / Age group of stand:</b>		
		Vidēji veca mežaudze / Medium old stand	24.884	0.001
		Veca mežaudze / Old stand	13,352	0,039
8	Mellenes projektīvais segums / Projected cover of bilberry	<b>Audzes vecuma grupa: / Age group of stand:</b>		
		Vidēji veca mežaudze / Medium old stand	16.983	0.012
		Veca mežaudze / Old stand	9,312	0.033
		<b>Meža augšanas apstākļu tips: / Forest type: /</b>		
		Mētrājs (Mr)	11,96	0.042
Lāns (Ln)	16.983	0.012		

## 4. DISKUSIJA

### 4.1. Saules radiācijas parametri

Pētītajos parauglaukumos noteikti pieci atšķirīgi saules radiācijas parametri (2. pielikums), kas norāda uz atšķirībām vainaga klāja slēgumā, un līdz ar to zemesdzes veģetācijai pieejamo gaismas daudzumu. Kā sagaidāms, jaunaudzēs, kurās valdaudzes augstums bija neliels ( $\sim 2$  m), saules radiācijas daudzums 1,3 m augstumā bija vislielākais. Turpretim, viszemākie saules radiācijas parametri no meža augšanas apstākļu tipiem bija novēroti lānā (3. parauglaukums) (2. pielikums), kurā valdaudzē dominēja egle, līdz ar to radot palielinātu noēnojumu (Drobyshev 1999). Kā arī būtu ņemams vērā, ka lāns kā mežu augšanas apstākļu tips bija tikai vienā mežaudzē, kas arī var ietekmēt šos un turpmākos rezultātus. Starp vidēji vecām un vecām mežaudzēm novēroti samērā līdzīgi saules radiācijas parametri, norādot, ka vecums tiešā mērā neietekmēja pētīto audžu vainaga slēgumu, un atšķirības ir skaidrojamas ar veiktajiem mežsaimnieciskajiem pasākumiem. Kopumā saules radiācijas parametru izkliede vairumā no parauglaukumiem uzrādīja līdzīgu raksturu, liecinot par līdzīgiem apstākļiem parauglaukumos. Tomēr 1. (jaunaudzē) un 6. (vecajā mežaudzē) parauglaukumā novērota vislielākā parametru izkliede, kas norāda uz heterogēniem apgaismojuma un vainaga klāja apstākļiem. Šāda saules radiācijas parametru izkliede varētu norādīt arī uz zemesdzes veģetācijas struktūras daudzveidību 1. un 6. parauglaukumā.

Kopumā visi mērītie parametri parādīja līdzīgas iezīmes visos parauglaukumos (2. pielikums), norādot, ka ikviens no tiem sniedz informāciju par apgaismojuma galvenajām atšķirībām starp parauglaukumiem. To apliecināja arī būtiskās korelācijas starp apgaismojuma parametriem (6. pielikums). Neraugoties uz to, mērītie saules radiācijas parametri parādīja atšķirības atsevišķos parauglaukumos (2. pielikums), liecinot par mērīto parametru informativitāti. Saules radiācijas parametri neparādīja būtiskas korelācijas ar kokaudzes parametriem (6. pielikums), norādot, ka saules radiācijas parametri var tikt pielietoti, lai precīzāk raksturotu apstākļus pētītajās audzēs.

## 4.2. Veģetācijas struktūra

Pētītajās audzēs veģetāciju (3. pielikums) veidoja tipiskās nabadzīgo meža augšanas apstākļu tipu sugas (Kabucis 2001). Aizsargājamās sugas netika novērotas, kas ir skaidrojams ar meža apsaimniekošanu, proti, mežaudzes bija saimnieciskie meži (VMD). Kā izņēmums ir minams gada staipekņis *Lycopodium annotinum* (3. pielikums), gaismas prasīga suga (Svensson et al. 1994), kas bija sastopama jaunaudzē, kur saules radiācijas parametri bija augstāki (2. pielikums). Konstatēto lakstaugu, sūnu un ķērpju taksonu skaits apsekotajos parauglaukumos bija neliels (10 – 15), kas ir raksturīgs nabadzīgu augtņu sausieņu mežiem (Bušs 1981; Kabucis 2001; Zālītis, Jansons 2013). Ņemot vērā, ka vismazākais un vislielākais iepriekš minēto taksonu skaits bija novērots mežaudzēs ar vislielāko vecumu (1. un 8. parauglaukumi) (3. pielikums), pētīto mežaudžu vecumam nebija limitējoša ietekme uz mežaudzes floru. Tomēr novērotās atšķirības varētu būtu saistāmas ar apgaismojumu, proti, 1. parauglaukumā saules radiācijas parametri bija zemāki nekā 8. parauglaukumā (2. pielikums). Vecajā mežaudzē (8. parauglaukumā) novērotas mitrumu mīlošas sugas kā parastais vaivariņš (Mossberg, Stenberg 2003; Kabucis 2001), kura klātbūtne būtu skaidrojama ar mikroreljefu, kuram bija raksturīgi nelieli pazeminājumi, līdz ar to pazeminājumu vietās bija palielināts mitruma daudzums (Solé-Benet et al. 1997). Lai gan sugu skaits starp parauglaukumiem bija atšķirīgs, parauglaukumiņu veģetācija bija līdzīga (8. attēls, 9. attēls), norādot uz veģetācijas struktūras līdzību parauglaukumiņu līmenī, neskatoties uz valdaudzi, mellenes daudzumu un klātbūtni. Saules radiācijas parametri neuzrādīja būtiskas saistības ar parauglaukumiņu veģetāciju, norādot, ka apsekotajās audzēs apgaismojums nav zemesdzemes veģetāciju limitējošs.

Mellenes, kā nozīmīgas mežu ekosistēmas sastāvdaļas (Ritchie 1956; Flower-Ellis 1971), projektīvais segums būtiski atšķīrās starp parauglaukumiem, kā arī tas būtiski pozitīvi korelēja ar mežaudzes vecumu (3. tabula), norādot uz mežaudzes vecuma lomu melleņu pastāvēšanā un attīstībā. Šos rezultātus apliecina arī izveidotie jaukta efekta modeļi ar mellenes struktūras parametriem (7. tabula), kas norādīja uz būtiskām mellenes projektīvā seguma atšķirībām starp dažāda vecuma mežaudzēm. Jaunaudzēs (2. un 4. parauglaukums) konstatēts zems mellenes projektīvais segums (3. pielikums), kas skaidrojams ar pārlietu lielu saules radiācijas daudzumu, kas ir letāls melleņu mētrām pēc noēnojuma (valdaudzes) noņemšanas (Bergstedt, Milberg

2001), kā arī mežaudzes apsaimniekošanas rezultātā tiek izmainīts augsnes sastāvs, kas arī ietekmē melleņu projektīvo segumu (Miina et al. 2009). Mellenes projektīvā seguma pieaugums palielinoties audzes vecumam (3. pielikums) (vidēji vecās un vecās mežaudzes), parāda, ka mellenes turpina atjaunoties pēc traucējuma (mežizstrādes), bet šis process ir ilgs, un iespējams var ilgt vairāk par 100 gadiem, jo šāds vecums bija pētāmajās vecākajās mežaudzēs. Šādā gadījumā, mellenes saimnieciskos mežos, kur cirtmets ir 81 –121 gadi (Meža likums), nespēj atjaunoties pilnībā. Apgaismojumam un melleņu procentuālajam segumam ir negatīva saistība; procentuālais melleņu segums ir zemāks kailcirtēs un lielāks mežaudzēs, kur ir vidējas intensitātes saules radiācija (Parlane et al. 2006). Tomēr, lai pilnīgi varētu apstiprināt šo hipotēzi, būtu nepieciešams aplūkot mežaudzes ar plašāku vecuma spektru. Ņemot vērā melleņu projektīvā seguma variēšanu starp parauglaukumiņiem, kā arī vecuma ietekmi, būtiskas atšķirības novērotas arī starp meža augšanas apstākļu tipiem (7. tabula) (zemāks melleņu projektīvais segums lānā (3. parauglaukums), kas skaidrojams ar augsnes auglību (Nielsen et al. 2007)) un valdaudzes sastāva atšķirībām (1. tabula). Iespējams, ka paaugstinātas auglības apstākļos lānā zemesdzes veģetācijā bija novērojama paaugstināta konkurence starp melleni un citām sugām, piemēram, brūklenēm, kuru īpatsvars lānā bija visaugstākais vidēji veco un veco mežaudžu grupā (3. pielikums). Lānā valdošā koku suga bija egļe (1. tabula), kas radīja lielāku noēnojumu un, kur visi pētāmie saules radiācijas parametri bija vislīdzīgākie salīdzinājumā ar pārējiem parauglaukumiem (2. pielikums). Līdz ar to var spriest, ka dotie apgaismojuma apstākļi bija nepietiekami mellenei, kas ir uzskatāma par samērā gaismas prasīgu sugu (Nielsen et al. 2007).

Lai gan parauglaukumu līmenī mežaudzes vecums bija vienīgais būtiskais faktors, kas uzrādīja saistību ar mellenes projektīvo segumu (3. tabula), norādot, uz mellenes mētru atjaunošanās un attīstības periodu, parauglaukumiņu līmenī novērotas saistības ar saules radiācijas parametriem (3. tabula), kas norādīja uz melleņu telpiskā izvietojumu saistību ar kokaudzi. Mellenes projektīvais segums parauglaukumiņā būtiski negatīvi korelēja ar vainaga atvērumu un vainaga izrobojumu, norādot, ka mellenēm labvēlīgāki ir apgaismojuma apstākļi zem vainagiem, kur ir mazāks tiešās saules radiācijas daudzums. Šādu saistību iespējams skaidrot ar paaugstināta saules radiācijas daudzuma nelabvēlīgu ietekmi uz mellenes fotosintētisko aparātu, līdzīgi kā novērots izcirtumos (Atlegrim, Sjöberg 1996). Pozitīvā korelācija ar pārējo sugu projektīvo segumu norāda (3. tabula), ka apstākļi nogabaliņos, kuros attīstās mellene, ir labvēlīgi arī vairāku citu sugu attīstībai.

### 4.3. Melleņu rametu struktūra

Projektīvais segums ir viens no galvenajiem veģetāciju raksturojošajiem parametriem, kas labi kvantitatīvi raksturo sugas un kopējo augu daudzumu kādā noteiktā teritorijā (Poore 1955). Tomēr projektīvais segums nesniedz priekšstatu par kādas sugas īpatņu kvalitatīvām īpašībām kā vecumu un izmēriem. Daudzgadīgo augu audžu diametra, augstuma un vecuma struktūras daudzveidība ir viens no biotopu kvalitātes rādītājiem (Auniņš 2010; Brūmelis et al. 2011). Laika gaitā mežaudzēs koku stāvā dabisku procesu rezultātā vērojama pašizrobošanās un pašatjaunošanās, kā rezultātā vērojama daudzveidīga kokaudzes diametra, augstuma un vecuma struktūra (Angelstam, Kuuluvainen 2004; Kuuluvainen, Aakala 2011; Brūmelis et al. 2011), tādēļ struktūru daudzveidību uzskata par vienu no meža biotopu dabiskuma mēru. Sīkkrūmu (melleņu) stāvam, kuru arīdzan veido daudzgadīgie kokaugi (Flower-Ellis 1971; Ferris et al. 2000), līdzīgi kā kokaudzei novēroja atšķirīgu augstuma, diametra un vecuma struktūru (11. attēls, 12. attēls, 14. attēls) norādot, ka sīkkrūmu stāvā ir vērojami līdzīgi procesi kā koku stāvā (Robalte et al. 2012), ko parādījis arī Flower-Ellis (1971). Melleņu struktūru daudzveidība parādīja uzskatāmas atšķirības starp mežaudzēm ar dažādu vecumu. Jaunaudzēs, kurās melleņu bija vismazāk (3. pielikums), to struktūru daudzveidība bija zemākā (11. attēls, 12. attēls, 14. attēls), kas skaidrojams ar neilgo laiku kopš sīkkrūmu (melleņu) stāvs sāk atjaunoties pēc traucējuma (mežistrādes). Pēc mežistrādes mežā strauji palielinās apgaismojums un temperatūra, kas it īpaši veģetācijas sezonā spēj ietekmēt sīkkrūmu sugas (Bergstedt, Milberg 2001). Tomēr jaunaudzē bija konstatētas arī mellenes, kas piederēja pie vecākās vecuma klases (14. attēls), norādot, ka atsevišķi indivīdi spēj pārdzīvot liela mēroga traucējumu (kailcirti). Iespējams šādi izdzīvojušie rameti kalpo turpmākai mellenes rekolonizācijai. Diemžēl mellenes ģeneta vecumu noteikt ir ļoti sarežģīti (Albert et al. 2003; Albert et al. 2008), tādēļ ir grūti spriest par meža vecuma saistību ar mellenes mētru kā vienota organisma pastāvēšanu. Lai arī melleņu rameti vidēji vecās un vecās mežaudzēs bija sastopami līdzīgās klasēs, tomēr vecās mežaudzēs melleņu sadalījums pa klasēm bija visvienmērīgākais, tādējādi uzrādot augstāko daudzveidību (Ferris, Humphrey 1999). Tomēr melleņu rametu vecums pētītajās audzēs nepārsniedza 12 gadus, kas ir samērā neliels salīdzinot ar vecākajiem konstatētajiem rametiem (ap 40 – 100 gadiem) Flower-Ellis 1971; Schweingruber, Poschold 2005)), liecinot, ka melleņu stāvam ir nepieciešams par 100-120 gadiem

ilgāks laika posms, lai sasniegtu maksimālu daudzveidību. Tomēr ņemot vērā ugunsgrēku biežumu priežu mežos pirms industriālajā laikmetā (Zunde et al. 1999) un zinot to, ka galvenais limitējošais faktors sīkkrūmiem ir ugunsgrēks (Schimmel, Granström 1996; Niklasson, Granström 2004), ilgstoša netraucēta melleņu attīstība dabiskos apstākļos (bez antropogēnās ietekmes) ir diskutabla.

Savstarpēji salīdzinot mellenes rametu augstuma, diametra un vecuma struktūras (11. attēls, 12. attēls, 14. attēls), redzams, ka visi parametri parāda līdzīgas iezīmes, norādot, ka melleņu rametu dimensijas reprezentē vecumu, ko apstiprina arī būtiskās korelācijas starp parametriem (5. tabula, 15. attēls). Līdz ar to melleņu vecuma struktūru daudzveidības noteikšanai, ticamai tuvinātai raksturošanai, ir iespējams pielietot rametu diametru un augstumu. Šādas saistības, kas novērotas melleņu rametiem pētītajās audzēs, nav vienmēr raksturīgas koku stāvam (Robalte et al. 2012). Melleņu rametu diametrs ir daudz vienkāršāk un ātrāk raksturojams parametrs, ko iespējams noteikt bez laboratorijas aprīkojuma, salīdzinājumā ar laikietilpīgo vecuma noteikšanu, tādējādi atvieglojot zinātniskā materiāla ievākšanu.

Lai arī melleņu dimensijas (augstums, diametrs un vecums) atšķirās starp parauglaukumiem (6. tabula), tomēr netika novērotas atšķirības starp mežaudzes vecuma grupām, kas skaidrojams ar izteikto rametu dimensiju daudzveidību pētītajās mežaudzēs (5. pielikums). Mežaudzes parametru ietekme uz individuālo mellenes rametu dimensijām (ņemot vērā to variāciju arī parauglaukumiņu līmenī), konstatētas neizteiktas saistības (būtiskuma līmenis tuvu kritiskajai robežai) (7. tabula), liecinot par to, ka mellenes rametu attīstību iespējams ietekmē mikroeliefs un augsnes parametri (Nielsen et al. 2007), kas netika analizēti vai arī to attīstībā raksturīgi stohastiski procesi. Tomēr kā būtisks faktors uz mellenes augstumu un diametru minams koku diametrs un šķērslaukums, kas var tikt attiecināts uz mežaudzes vecumu un auglību (7. tabula) (Zālītis, Jansons 2013). Vecajās mežaudzēs melleņu vecums bija lielāks (5. pielikums, 13. attēls), tādējādi izskaidrojot arī palielināto diametru. Tomēr arī koku raukums ( $H/D$ ), kas ir atkarīgs no reljefa un vēja ietekmes (Burton 2012), parādīja saistību ar mellenes izmēriem (7. tabula). Lielāks raukums (koki mežaudzē ir īsi ar lielu diametru) raksturīgs kokiem, kas aug apgrūtinātos apstākļos (Burton 2012), kas ietekmēja arī sīkkrūmu stāvu, respektīvi, mežaudzēs, kur koki ir īsi ar lielu diametru, ir mazākas mellenes salīdzinājumā ar mežaudzi, kur koku raukums ir mazāks.

Mellenes kā meža nekoksnes resursa ekonomiskā vērtība ir galvenokārt saistīta ar ogu ražu (Nielsen et al. 2007; Nestby et al. 2011). Vairāki pētījumi Skandināvijā ir parādījuši, ka ogu daudzums uz mellenes rameta ir saistīts ar tā izmēru, kā arī ar optimālu (vidēju) rametu vecumu (Flower-Ellis 1971), kā arī vairāk ogu ir sastopamas nobriedušās, vecākās mežaudzēs, nekā mežaudzēs ar lielāku vainaga klāja atvērumu, kā arī ogu produktivitāte ir arī pozitīvi saistīta ar koku diametru (Ihalainen et al. 2003). Ņemot vērā mellenes rametu dimensiju (11. attēls, 12. attēls, 14. attēls) un projektīvā seguma atšķirības (3. pielikums) starp atšķirīga vecuma mežaudzēm, var secināt, ka vislielākā ogu raža ir sagaidāma vidēja vecuma mežaudzēs, kur novērots lielākais augstāko un vidēji veco melleņu rametu īpatsvars, kas ir arī pierādījies pētījumos par melleņu ogu ražas saistību ar kokaudzi (Ihalainen, Pukkala 2001; Ihalainen et al. 2003). Tomēr arī vecākajās mežaudzēs iespējama līdzvērtīga melleņu raža, jo šajās mežaudzēs vērojams lielāks melleņu projektīvais segums (3. tabula). Vislielākā melleņu raža ir mežaudzēs, kur kokaudzē dominē priede, jo priežu vainags spēj dot vajadzīgo gaismas daudzumu, kas ir vajadzīgs, lai mellenes ražotu vairāk ogas, atšķirībā no mežaudzēm, kur dominē egle un ir pārāk liels noēnojums (Ihalainen, Pukkala 2001; Miina et al. 2009).

Tomēr, ņemot vērā mellenes ekonomisko vērtību, ir nepieciešams veikt padziļinātu pētījumu lai novērtētu ogu ražas saistības ar melleņu rametu izmēru un statusu atšķirīgos augšanas apstākļos, jo pašreiz pētījumi galvenokārt ir apzināti saistībā ar kokaudzi (Ihalainen et al. 2003; Miina et al 2009). Lai nodrošinātu mellenes populācijas stabilitāti un iespējas palielināt melleņu ogu krājumus, ir nepieciešami mežsaimnieciskie pētījumi, kas balstīti uz zinātniskiem apgalvojumiem, kas sniegtu zināšanas par melleņu produktivitāti, ekoloģiju un struktūru (Nestby et al. 2011), kā rezultātā varētu paredzēt turpmāko melleņu attīstību un atjaunošanos pēc kailcirtēm un, iespējams, plānot mežistrādi tā, lai netiktu iznīcinātas melleņu audzes pilnībā un tās varētu pēc iespējas ātrāk atjaunoties. Īpaši apzinoties to, ka mellenes spēj labāk atjaunoties pēc izlases cirtēm nekā pēc kailcirtēm (Atlegrim, Sjöberg 1996).

## SECINĀJUMI

1. Melleņu rametu augstuma, diametra un vecuma struktūra atšķirās starp dažāda vecuma mežaudzēm. Jaunaudzēs mellenēm bija pārsvarā mazākas dimensijas, turpretim vecajās mežaudzēs to dimensijas bija daudzveidīgākas.
2. Melleņu projektīvais segums atšķirās starp dažāda vecuma mežaudzēm; jaunaudzēs konstatēts zemākais melleņu projektīvais segums, bet pieaugot mežaudzes vecumam, melleņu projektīvais segums palielinās.
3. Pastāv būtiska savstarpējā saistība starp melleņu rametu dimensijām, līdz ar to par melleņu rametu vecumu var spriest balstoties uz to augstumu un diametru. Viegli mērāmu parametru izmantošana var būtiski atvieglot turpmākā materiāla ievākšanu nezaudējot informācijas kvalitāti.
4. Pētītajiem saules radiācijas parametriem nebija būtiskas ietekmes uz melleņu rametu struktūru, bet negatīva korelācija novērota starp melleņu projektīvo segumu un vainaga izrobajumu.
5. No pētītajiem kokaudzes parametriem, koku šķērslaukumam, raukumam un diametram novērota būtiska, pozitīva saistība ar melleņu rametu augstumu, diametru un vecumu.
6. Pētītajos nogabalos zemsedzes veģetāciju veidoja fona sugas. Zemsedzes veģetācija bija līdzīga starp parauglaukumiem, neatkarīgi no mellenes īpatsvara vai valdošās kokaudzes sugas un mežaudzes vecuma.
7. Meža augšanas apstākļu tipam konstatēta būtiska ietekme uz melleņu projektīvo segumu, bet šie rezultāti jāuztver kritiski, zemā parauglaukumu skaita (lānā) dēļ.
8. Spriežot pēc rametu vecuma, mellenes sāk atjaunoties 10 gadu laikā pēc kailcirtes, tomēr līdz pilnīgai mētru atjaunošanai var paiet vairāk par 100 gadiem.
9. Lai noteiktu mežsaimnieciskās darbības ietekmi uz mellenes ekonomisko potenciālu, ir nepieciešami papildus pētījumi, kas apskatītu ogu ražu saistībā ar audzes un melleņu rametu vecumu, augstuma un diametra struktūrām.
10. Izmantojot mikroskopijas metodes ir iespējams sekmīgi noteikt melleņu rametu vecumu.

## PATEICĪBAS

Izsaku vislielāko pateicību darba vadītājam Didzim Elfertam par palīdzību, konsultācijām, par viediem padomiem un atbalstu visā darba tapšanas laikā. Izcila pateicība Ilutai Dauškanei par pamācībām un palīdzību inovatīvo metožu pielietošanā. Par palīdzību lauka darbos izsaku Evitai Baltiņai. Par palīdzību un atbalstu ilgajos un garajos laboratorijas darbos Karīnai Bāliņai. Pateicība Uldim Kondratovičam, kurš dzēsa dažas neskaidrības darba tapšanas laikā.

Sirsnīga pateicība Robertam Matisonam par palīdzību darba rakstīšanā un atbalstu visa darba tapšanas laikā.

Pateicība Latvijas Valsts mežzinātnes institūtam „Silava” par nozīmīgu ārvalstu literatūras sagādi un vērtīgām konsultācijām ar Jāni Doni.

Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts maģistra studiju programmu īstenošanai Latvijas Universitātē” (Nr. 2011/0015/1DP/1.1.2.1.1./11/IPIA/VIAA/008) un akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” finansiālu atbalstu.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

- Albert T., Raspe O., Jacquemart A. L. 2003.** Clonal structure in *Vaccinium myrtillus* L. Revealed by RAPD and AFLP markers. – International Journal of Plant Sciences, 164: 649 – 655.
- Albert T., Raspe O., Jacquemart A. L. 2004.** Clonal diversity and genetic structure in *Vaccinium myrtillus* populations from different habitats. – Belgian Journal of Botany, 137: 155 – 162.
- Albert T., Raspe O., Jacquemart AL. 2008.** Influence of clonal growth on selfing rate in *Vaccinium myrtillus* L. – Plant Biology, 10: 643 – 649.
- Anderberg A. 2004.** *Vaccinium myrtillus* L. – Den virtuella floran. Key: <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/erica/vacci/vaccmyr.html>
- Angelstam P., Kuuluvainen T. 2004.** Boreal forests disturbance regimes, successional dynamics and landscape structures - a European perspective. – Ecological Bulletins, 51: 117 – 136.
- Archdeacon T. J. 1994.** Correlation and regression analysis. USA: University of Wisconsin Press, 352 p.
- Atlegrim O. 1989.** Exclusion of birds from bilberry stands: Impact on insect larval density and damage to the bilberry. – Oecologia, 79: 136 – 139.
- Atlegrim O., Sjöberg K. 1996.** Response of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) to clear-cutting and single-tree selection harvests in uneven-aged boreal *Picea abies* forests. – Forest Ecology and Management, 86: 39 – 50.
- Auniņš A. (red.) 2010.** Eiropas Savienības aizsargājamie biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata. Rīga: Latvijas Dabas fonds, 320 lpp.
- Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. 2013.** lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and s4. R package version 1.0 – 5. Key: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Bergstedt J., Milberg P. 2001.** The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forests. – Forest Ecology and Management, 154: 105 – 115.
- Braun-Blanquet J. 1964.** Pflancensociologie. Grundzuge der Vegetationskunde. New York: Springer Verlag, 865 p.

- Brūmelis G., Jonsson B. G., Kouki J., Kuuluvainen T., Shorohova E. 2011.** Forest naturalness in northern Europe: perspectives on processes, structures and species diversity. – *Silva Fennica*, 45: 807 – 821.
- Burton 2012.** Introduction to Forest Science. Cengage Learning, 544 p.
- Bušs K. 1981.** Meža ekoloģija un tipoloģija. Rīga: Zinātne, 68 lpp.
- Chrimes D., Lundqvist L., Atlegrim O. 2004.** *Pice abies* sapling height growth after cutting *Vaccinium myrtillus* in uneven-aged forest in northern Sweden. – *Forestry*, 77: 1 – 6.
- Dahle B., Sørensen O. J., Wedul E. H., Swenson J. E., & Sandgren F. 1998.** The diet of brown bears *Ursus arctos* in central Scandinavia: Effect of access to freeranging domestic sheep *Ovis aries*. – *Wildlife Biology*, 4: 147 – 158.
- Davis M. D. 1996.** Eastern old-growth forests. USA: Island Press, 383 p.
- Drobyshev I. V. 1999.** Regeneration of Norway spruce in canopy gaps in *Sphagnum-Myrtillus* old-growth forests. – *Forest Ecology and Management*, 115: 71-83.
- Engelmark O., Hytteborn H. 1999.** Coniferous forests. – In: Sjögren E. (ed.), Swedish plant geography. Dedicated to Eddy van der Maarel on his 65<sup>th</sup> birthday, Sweden, 1999, Uppsala, Opulus Press AB: 55 – 75.
- Featherstone AW. 2002.** Species profile: Blaeberry (*Vaccinium myrtillus*). – Trees for life. Key: <http://www.treesforlife.org.uk/tfl.blaeberry.html>
- Fernandez - Calvo I. C., Obeso J. R. 2004.** Growth, nutrient content, fruit production and herbivory in bilberry *Vaccinium myrtillus* L. along an altitudinal gradient. – *Forestry*, 77: 213 – 223.
- Ferris R., Humphrey J. W. 1999.** A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. – *Forestry*, 72: 313 – 328.
- Ferris R., Peace A. J., Humphrey J. W., Broome A. C. 2000.** Relationships between vegetation, site type and stand structure in coniferous plantations in Britain. – *Forest Ecology and Management*, 136: 35 – 51.
- Flower-Ellis J. G. K. 1971.** Age structure and dynamics in stands of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Research Notes. Stockholm, Royal College of Forestry, 107 p.
- Frazer G. W., Fournier R. A., Trofymow J. A., Hall R. J. 2001.** A comparison of digital and film fisheye photography for analysis of forest canopy structure and gap light transmission. – *Agricultural and Forest Meteorology*, 109: 249 – 263.

- Gavrilova G., Šulcs V. 2005.** Latvijas vaskulāro augu flora. Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts: Botānikas laboratorija, 73 lpp.
- Havas P., Kubin E. 1983.** Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in Northern Finland. – *Annales Botanici Fennici*, 20: 115 – 149.
- Ihalainen M., Pukkala T. 2001.** Modelling cowberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and bilberry (*Vaccinium myrtillus*) yields from mineral soils and peatlands on the basis of visual field estimates. – *Silva Fennica*, 35: 329 – 340.
- Ihalainen M., Salo K., Pukkala T. 2003.** Empirical prediction models for *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* berry yields in North Karelia, Finland. – *Silva Fennica*, 37: 95 – 108.
- Jacquemart A. L. 1997.** Pollen limitation in three sympatric species of *Vaccinium* (*Ericaceae*) in the upper Ardennes, Belgium. – *Plant Systematics and Evolution*, 207: 159 – 172.
- Jaderlund A., Zackrisson O., Nilsson M. C. 1996.** Effects of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) litter on seed germination and early seedling growth of four boreal tree species. – *Journal of Chemical Ecology*, 22: 973 – 986.
- Jäger Eckehart J., Werner K. 2005.** Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland: Band 4: Gefäßpflanzen: Kritischer Band. Spektrum Akademischer Verlag, 982 p.
- Kabucis I. (red) 2001.** Latvijas biotopi. Klasifikators. Rīga: Latvijas Dabas fonds, 96 lpp.
- Kangas K. 1999.** Trade of main wild berries in Finland. – *Silva Fennica*, 33: 159 – 168.
- Kangas K., Markkanen P. 2001.** Factors affecting participation in wild berry picking by rural and urban dwellers. – *Silva Fennica*, 35: 487 – 495.
- Kardell L., Eriksson L. 1995.** Bläbar produktion och markvegetation. Effekter av kvävegödsling och slutavverkning under en 15- årsperiod, 1977-1991. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Environmental Forestry, SLU Rapport no. 60.
- Kolari P., Pumpanen J., Kulmala L., Ilvesniemi H., Nikinmaa E., Gronholm T., Hari P. 2006.** Forest floor vegetation plays an important role in photosynthetic production of boreal forests. – *Forest Ecology and Management*, 221: 241 – 248.

- Kops J., van Hall H. C. 1832.** *Vaccinium Myrtillus*. - Flora Batava. 6: 449 p.
- Kuuluvainen T., Aakala T. 2011.** Natural forests dynamics in Boreal Fennoscandia: a review and classification. – *Silva Fennica*, 45: 823 – 841.
- Kuznetsova A., Brockhoff P. B., Christensen R. H. B. 2013.** lmerTest: Tests for random and fixed effects for linear mixed effect models (lmer objects of lme4 package).. R package version 2.0-3. Key: <http://CRAN.R-project.org/package=lmerTest>
- Lane D. M., Scott D., Hebl M., Guerra R., Osherson D., Zimmer H. 2007.** Introduction to statistics. USA: Rice University; University of Houston, 694 p.
- Menges E. S. 2000.** Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. – *Trees*, 15: 51 – 56.
- Meža likums:** Saeima. 2000. gada 17. marta noteikumi. Latvijas Vēstnesis, 2000. gada 20. aprīlis.
- Miina J., Hotanen J.-P., Salo K. 2009.** Modelling the abundance and temporal variation in the production of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finnish mineral soil forests. – *Silva Fennica*, 43: 577 – 593.
- Miller J., Haden P. 2006.** Statistical analysis with the General Linear Model. New Zealand: University of Otago, 274 p.
- Mossberg B., Stenberg L. 2003.** Den nya nordiska floran. Stockholm: Wahlström & Widstrand, 928 p.
- Nasholm T., Ekblad A., Nordin A., Giesler R., Hogberg M., Hogberg P. 1998.** Boreal forest plant take up organic nitrogen. – *Nature*, 392: 914 – 916.
- Nestby R., Percival D., Martinussen I., Opstad N., Rohloff J. 2011.** The European blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and the potential for cultivation. A Review. – *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 5: 5 – 16.
- Nielsen A., Totland O., Ohlson M. 2007.** The effect of forest management operations on population performance of *Vaccinium myrtillus* on a landscape-scale. – *Basic and Applied Ecology*, 8: 231 – 241.
- Niklasson M., Granström A. 2000.** Numbers and sizes of fires: long-term spatially explicit fire history in a Swedish boreal landscape. – *Ecology*, 81: 84 – 99.
- Nilsson M. C., Wardle D. 2005.** Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. – *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3: 421 – 428.

- Nuortila C. 2007.** Constraints on sexual reproduction and seed set in *Vaccinium* and *Campanula*. Academic dissertation. Finland, University of Oulu, 60 p.
- Nybakken L., Selås V., Ohlson M. 2013.** Increased growth and phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) following forest clear-cutting. – Scandinavian Journal of Forest Research, 28: 319 – 330.
- Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Henry M. H., Wagner H., Wagner S. 2013.** vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-10. Key: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Parlane S., Summers R. W., Cowie N. R., van Gardingen P. R. 2006.** Management proposals for bilberry in Scots pine woodland. – Forest Ecology and Management, 222: 272 – 278.
- Poore M. E. D. 1955.** The Use of Phytosociological Methods in Ecological Investigations: I. The Braun-Blanquet System. – The Journal of Ecology, 43: 226 – 244.
- Pūriņš V. (red.) 1975.** Latvijas PSR ģeogrāfija. Rīga: Zinātne, 671 lpp.
- R Core Team 2013.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Key: <http://www.R-project.org/>.
- Raspe O., Guillaume P., Jaquemart AL. 2004.** Inbreeding depression and biased paternity after mixed-pollination in *Vaccinium myrtillus* L. (Ericaceae). – International Journal of Plant Science, 165: 765 – 771.
- Ritchie J. C. 1956.** *Vaccinium myrtillus* L. – Journal of Ecology, 44: 291 – 299.
- Robalte L., Matisons R., Elferts D., Brūmelis G. 2012.** Natural structures and disturbances in an old growth wet Norway spruce forest in the nature reserve Gruzdovas meži, Latvia. – Environmental and Experimental Biology, 10: 81 – 87.
- Schimmel J., Granström A. 1996.** Fire severity and vegetation response in the boreal swedish forest. – Ecology, 77: 1436 – 1450.
- Schweingruber F. H., Poschlod P. 2005.** Growth Rings in Herbs and Shrubs: life span, age determination and stem anatomy. - Forest Snow and Landscape Research, 79: 195 – 415.

- Selas V. 2000.** Seed production of a masting dwarf shrub, *Vaccinium myrtillus*, in relation to previous reproduction and weather. – *Canadian Journal of Botany*, 78: 423 – 429.
- Solé-Benet A., Calvo A., Cerdá A., Lázaro R., Pini R., Barbero J. 1997.** Influences of micro-relief patterns and plant cover on runoff related processes in badlands from Tabernas (SE Spain). – *Catena*, 31: 23 – 38.
- Svensson B. M., Floderus B., Callaghan T. V. 1994.** *Licopodium annotinum* and light quality: growth responses under canopies of two *Vaccinium* species. – *Folia Geobotanica*, 29: 159 – 166.
- Tahkokorpi M., Taulavuori K., Laine K., Taulavuori E. 2007.** After-effects of drought-related winter stress in previous and current year stems of *Vaccinium myrtillus* L. – *Environmental and Experimental Botany*, 61: 85 – 93.
- Tirmenstein D. 1990.** *Vaccinium myrtillus*. – Fire Effects Information System, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Science Laboratory. Key: <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/shrub/vacmyr/all.html>
- VMD 2014.** Meža statistikas CD. - Valsts meža dienests. Key:<http://www.vmd.gov.lv/valsts-meza-dienests/statiskas-lapas/publikacijas-un-statistika/meza-statistikas-cd?nid=1049#jump>
- Wardle D. A., Yeates G. W., Barker G. M., Bonner K. I. 2006.** The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity. – *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 1052 – 1062.
- Webb N. R. 1998.** The traditional management of European heathlands. – *Journal of Applied Ecology*, 35: 987 – 990.
- Zālītis P., Jansons J. 2013.** Latvijas meža tipoloģija un tās sākotne. Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”, 165 lpp.
- Zunde M., Strods H., Mugurēvičs Ē., Mugurēvičs A., Liepiņa Dz., Dumpe L. 1999.** Latvijas mežu vēsture līdz 1940. gadam. Rīga: Pasaules dabas fonds, 364 lpp.
- Zuur A., Leno E. N., Walker N., Saveliev A. A., Smith G. M. 2009.** Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York, Springer, 596 p.

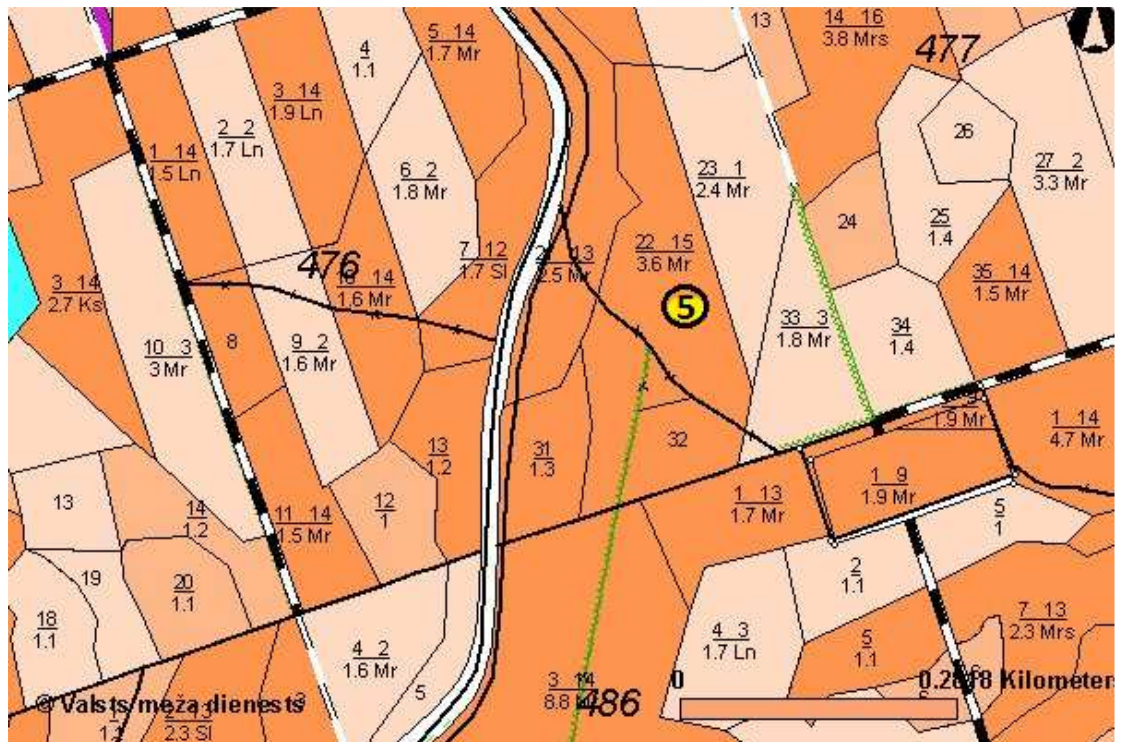
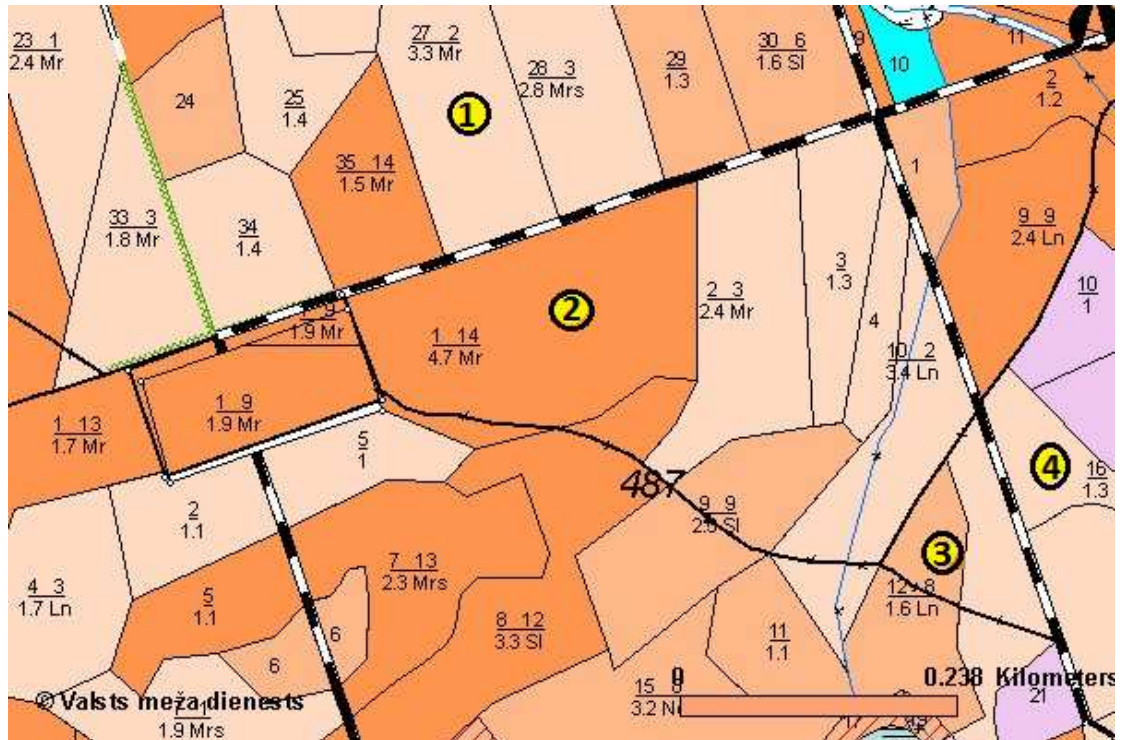
## PIELIKUMI

1. Pielikums.

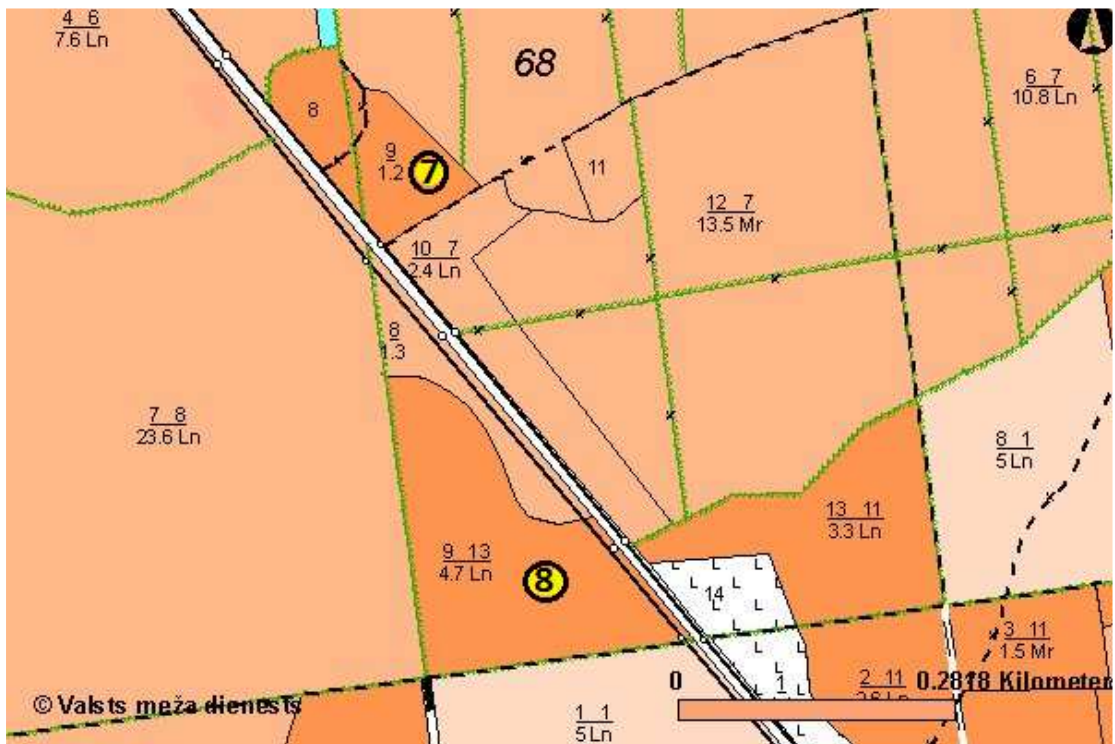
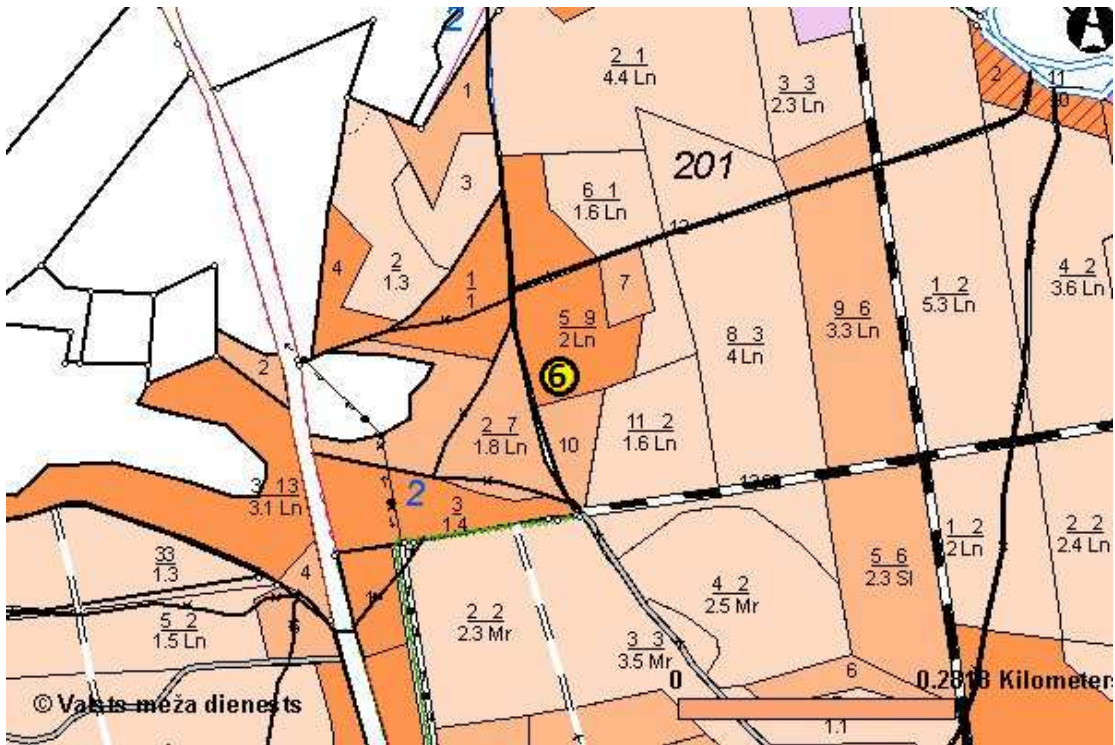
Pētījumu teritoriju atrašanās vietas.

Annex 1.

Detailed map of sapling plots.



1. pielikums (turpinājums)  
Annex 1 (continued)

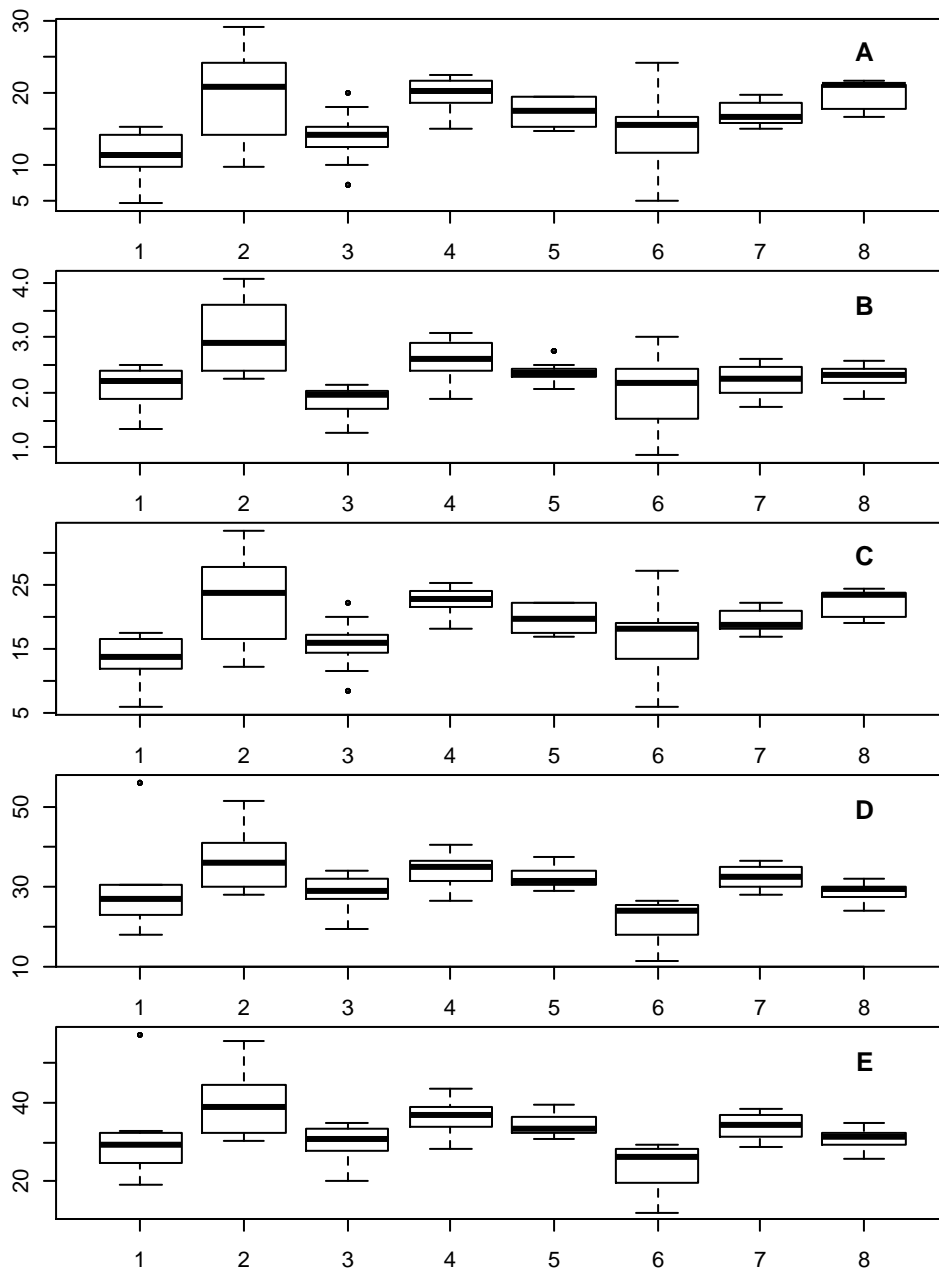


2. pielikums.

Saules radiācijas parametru salīdzinājums starp parauglaukumiem (A – tiešais saules radiācijas daudzums (Mol/m<sup>2</sup> day); B – izkliedētās saules radiācijas daudzums (Mol/m<sup>2</sup> day); C – kopējais saules radiācijas daudzums (Mol/m<sup>2</sup> day); D – *gap fraction* (%); E – *Openness*(%)).

Annex 2.

Comparison of parameters of solar radiation among sampling plots (A – direct solar radiation (Mol/m<sup>2</sup> day), B – diffuse solar radiation (Mol/m<sup>2</sup> day), C – total solar radiation (Mol/m<sup>2</sup> day), D – *gap fraction* (%), E – *Openness* (%))



## 3. pielikums.

Vidējais veģetācijas projektīvais segums parauglaukumos.

Annex 3

Projected cover of groundcover species in sampling plots

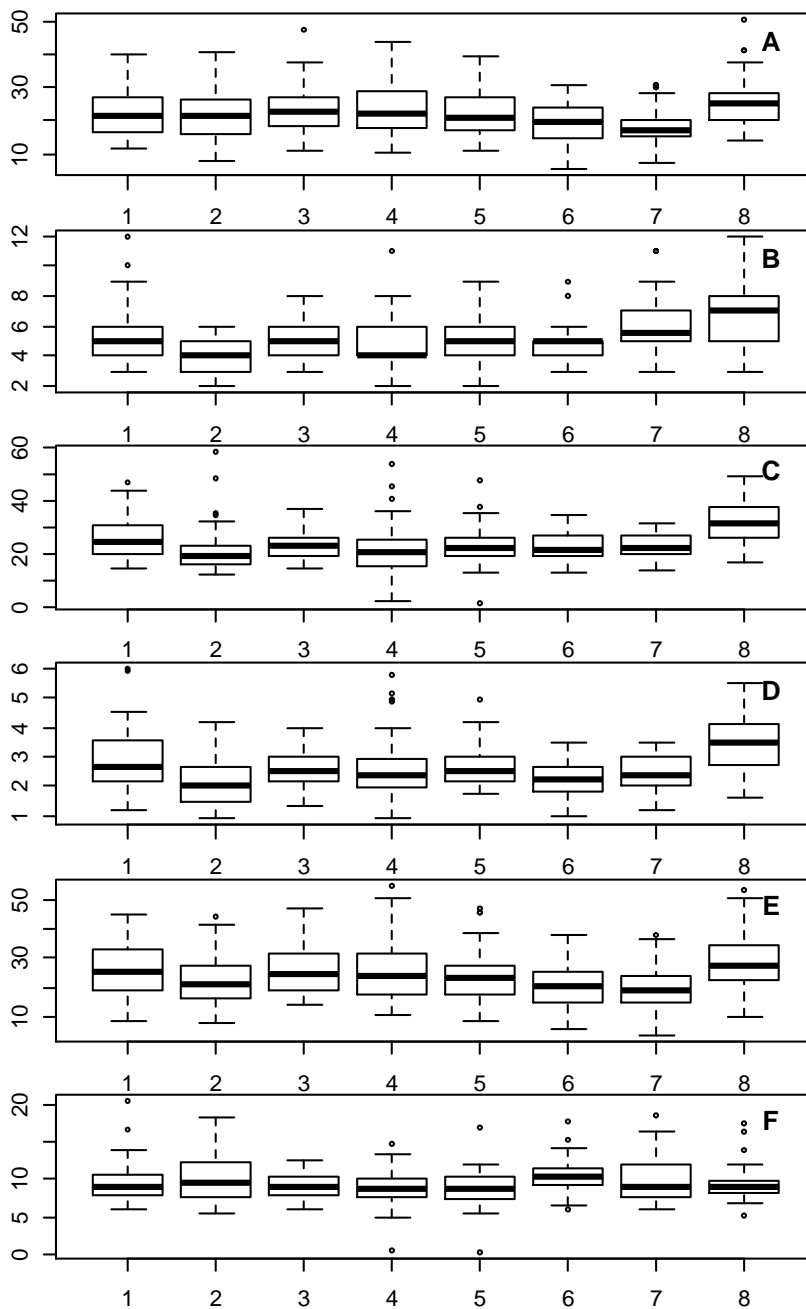
<b>Suga / Species</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<i>Vaccinium myrtillus</i>	38,83	6,09	17,08	6,44	35,45	27,58	30,00	37,78
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1,00	51,36	31,25	22,73	17,50	18,64	6,00	7,67
<i>Vaccinium uliginosum</i>	37,50	25,00		3,00	5,00			16,25
<i>Trientalis europea</i>			1,00	1,00		1,00		1,00
<i>Maianthemum bifolium</i>			4,00	1,00				5,00
<i>Luzula pilosa</i>				1,00				5,25
<i>Deschampsia flexuosa</i>						1,00		7,29
<i>Melampyrum pratense</i>		1,00	2,33	1,00	1,00	1,80	11,00	4,50
<i>Calluna vulgaris</i>		16,38		7,00	10,00		13,71	7,50
<i>Calamagrostis sp.</i>		10,50	2,00		18,33			
<i>Chamaenerion angustifolium</i>		1,00						
<i>Dryopteris carthusiana</i>		1,00						
<i>Dryopteris cristata</i>		1,00						
<i>Lycopodium clavatum</i>				1,00				
<i>Mycelis muralis</i>						1,00		
<i>Frangula alnus</i>						10,00		1,00
<i>Carex sp.</i>								4,00
<i>Ledum palustre</i>								15,00
<i>Hylocomium splendens</i>	56,67		35,91	5,00	40,56	87,08	38,17	71,11
<i>Pleurozium schreberii</i>	50,71	19,73	37,22	20,91	21,00	5,00	36,67	23,33
<i>Dicranum polysetum</i>	3,00	6,00	3,43	3,43	2,33		21,67	
<i>Dicranum scoparium</i>							15,83	
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	30,50		20,50	1,00	45,00	5,33		60,00
<i>Aulacomnium palustre</i>	11,00				12,50	5,00		
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	10,00	1,00						
<i>Polytrichum juniperinum</i>	5,00	80,00	1,00					
<i>Cladina stellaria</i>							3,00	
<i>Cladina rangiferina</i>							1,00	
Nobiras / litter	12,60	25,42	12,27	40,83	13,33	11,82	11,36	17,00
<i>Betula pendula</i>	1,00	1,00		10,11				
<i>Pinus sylvestris</i>		1,00		1,00			36,50	3,00
<i>Picea abies</i>		1,00	1,20	18,13		1,00		
<i>Populus tremula</i>				1,00				
<i>Juniperus communis</i>						3,00		

#### 4. pielikums

Melleņu parametru salīdzinājums starp parauglaukumiem. (A – melleņu vidējais gadskārtu platums ( $10^{-2}$  mm); B – melleņu vecums (gadi); C – melleņu augstums (cm); D – melleņu diametrs (mm); E – melleņu pirmo trīs gadskārtu vidējais platums ( $10^{-2}$  mm); F – melleņu raukums (H/D).

#### Annex 4

Parameters of bilberry ramets in sampling plots (A – mean tree ring width ( $10^{-2}$  mm), B – age (years), C – height (cm), D – diameter (mm), E – mean width of first three tree rings ( $10^{-2}$  mm) F – stem taper (H/D).



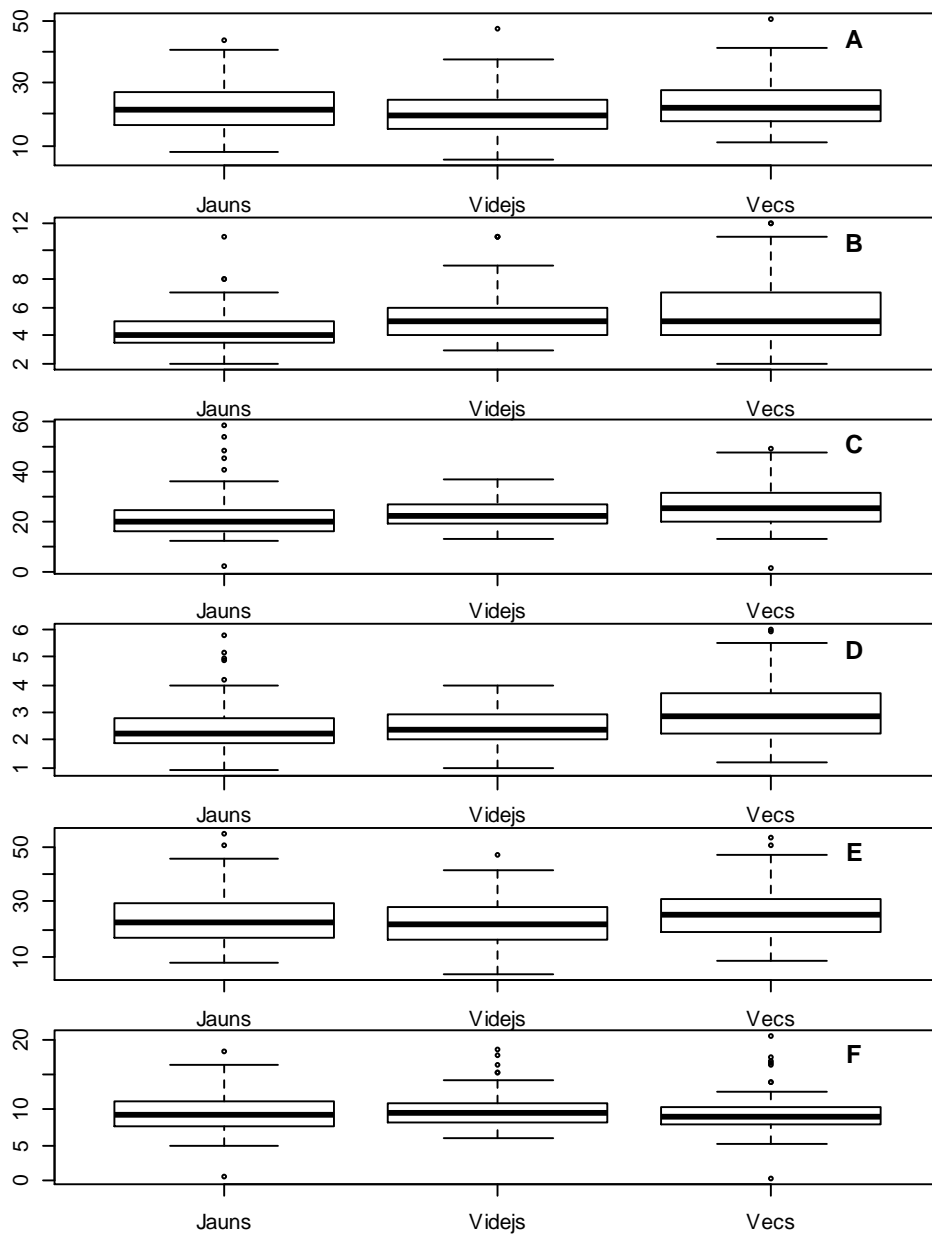
5. pielikums

Melleņu parametru salīdzinājums starp mežaudzes vecuma grupām

(A – melleņu vidējais gadskārtu platumš; B – melleņu vecums; C – melleņu augstums (H); D – melleņu diametrs (D); E – melleņu pirmo trīs gadskārtu vidējais platumš; F – melleņu raukums (H/D)).

Annex 5

Parameters of bilberry ramets according the age class of the stand (A – mean tree ring width ( $10^{-2}$  mm), B – age (years), C – height (cm), D – diameter (mm), E – mean width of first three tree rings ( $10^{-2}$  mm) F – stem taper (H/D)). (Age classes are listed: coppices, medium old stand, old stand).



## 6. pielikums

Pīrsona korelācijas koeficienti starp mežaudzes un saules radiācijas parametriem (augšējā diagonālā daļa) un to būtiskums (p-vērtības, apakšējā diagonālā daļa).

## Annex 6.

Pearson correlation coefficients between stand properties and parameters of solar radiation (upper diagonal part) and their significance (lower diagonals part).

	Mežaudzes vecums / Stand age	Tiešais saules radiācijas daudzums / Direct solar radiation	Izkliedētais saules radiācijas daudzums / Diffuse solar radiation	Kopējais saules radiācijas daudzums	Vainaga izrobojuma rādītājs ( <i>Gap fraction</i> )	Vainaga klāja atvērums ( <i>Openness</i> )	Koku diametrs / Mean tree diameter	Koku augstums / Mean tree height	Koku šķērslaukums / Total cross-section of stems	Koku raukums / Stem taper	Biezums / Stand density, trees per ha
Mežaudzes vecums / Stand age	*****	0,167	0,35	0,187	0,232	0,267	0,744	0,448	0,129	0,247	-0,131
Tiešais saules radiācijas daudzums / Direct solar radiation	0,003	*****	0,709	0,998	0,462	0,498	0,194	0,411	0,38	0,452	0,383
Izkliedētais saules radiācijas daudzums / Diffuse solar radiation	<0,001	<0,001	*****	0,752	0,652	0,713	0,255	0,192	0,117	0,134	0,114
Kopējais saules radiācijas daudzums / Total solar radiation	0,001	<0,001	<0,001	*****	0,49	0,529	0,204	0,402	0,365	0,435	0,369
Vainaga izrobojuma rādītājs ( <i>Gap fraction</i> )	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	*****	0,996	-0,1	-0,001	0,067	0,048	0,464
Vainaga klāja atvērums ( <i>Openness</i> )	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	*****	-0,043	0,031	0,08	0,064	0,423
Koku diametrs / Mean tree diameter	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,075	0,448	*****	0,783	0,492	0,565	-0,383
Koku augstums / Mean tree height	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,98	0,581	<0,001	*****	0,888	0,956	0,109
Koku šķērslaukums / Total cross-section of stems	0,021	<0,001	0,037	<0,001	0,235	0,158	<0,001	<0,001	*****	0,942	0,392
Koku raukums / Stem taper	<0,001	<0,001	0,017	<0,001	0,39	0,254	<0,001	<0,001	<0,001	*****	0,326
Biezums / Stand density, trees per ha	0,02	<0,001	0,042	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,052	<0,001	<0,001	*****



Maģistra darbs „Parastās mellenes *Vaccinium myrtillus* L. mētru struktūra dažāda vecuma nabadzīgāko meža tipu mežaudzēs” izstrādāts Latvijas Universitātē Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Linda Robalte

29.05.2014.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai.

Darba vadītājs: Dr. biol., doc. Didzis Elferts

29.05.2014.

Recenzents: Dr. biol., lekt. Didzis Tjarve

Darbs iesniegts Botānikas un ekoloģijas katedrā

29.05.2014.

Metodiķe:

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

05.06.2014. prot. Nr.

, vērtējums:

Komisijas sekretārs: