



METEOROLOGINIŲ SĄLYGŲ POVEIKIS DIDELĖS RAIŠKOS DENDROMETRAIS IŠMATUOTAM *PINUS SYLVESTRIS* KAMIENO APIMTIES POKYČIUI VEGETACIJOS PERIODO PABAIGOJE

Marija TAMKEVIČIŪTĖ¹, Julius TAMINSKAS², Virmantas ŠMATAS³, Rūtilė PUKIENĖ⁴

^{1, 2, 3}Gamtos tyrimų centro Klimato ir vandens tyrimų laboratorija; ⁴Vytauto Didžiojo universitetas

El. paštas: ¹m.tamkeviciute@gmail.com; ²julius.taminskas@geo.lt;

³virmantas.smatas@gmf.vdu.lt; ⁴r.pukiene@gmf.vdu.lt

Santrauka. Medžių radialiajam priaugiu tirti taikomas dendrometrų metodas padeda spręsti ne vien apie priaugio dinamiką, bet ir apie medžio kamieno apimties pokyčius apskritai, fiziologinę medžių būklę tam tikrais laiko periodais, priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų ir rievės formavimosi savitumų. Tyrimuose buvo naudoti didelės raiškos DRL 26 dendrometrai, leidžiantys nustatyti ir interpretuoti klimatinių rodiklių įtaką medžio fiziologijai ir augimui, įvertinti mikroklimatinių sąlygų poveikį medžio kamieno pokyčiams. Atsižvelgiant į reprezentatyvią tyrimų vietų imtį, skirtingą pažeidimo laipsnį ir tolygų tyrimo vietų pasiskirstymą Lietuvoje, įvertinant klimatinės, hidrologinės ir (arba) antropogeninės sąlygas, buvo pasirinktos trys aukštapelkės, matavimo aikštelėse įrengti gręžiniai su automatiniiais vandens lygio ir temperatūros matuokliais, įrengti dendrometrai. Siekiant išsiaiškinti pušies, augančios pelkinėse augavietėse, kamieno apimties pokyčius formuojančius veiksniai bei vertinant atskirų medžių tarpusavio sinchronizacijos ypatumus, darbe naudota penkių dabartinių augančios paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) kamienų apimties pokyčių analizė. Tyrimų metu nustatyti kamieno apimties kitimo ypatumai vegetacijos periodo pabaigoje – ramybės sezono pradžioje.

Reikšminiai žodžiai: kamieno apimties kitimas, paros ciklas, meteorologiniai rodikliai, dendrometrai.

Įvadas

Medžių priaugio tyrimai Lietuvoje pradėti dar XX a. viduryje. L. Kairiūkštis 1973 m. nustatė, kad priaugis, jo pradžia, trukmė ir pabaiga priklauso nuo medžių klasės, medžių perėjimo iš klasės į klasę ir nuo medžių rūšies (Kairiūkštis 1973). Medžiai klasifikuojami pagal jų cenotinę, arba socialinę, padėtį. Ši klasifikacija remiasi tokiais kriterijais, kaip sąlyginis medžių vystymasis, gyvybinės erdvės panaudojimo efektyvumas ir kt. Dendrochronologinius medžių metinio priaugio priklausomybės nuo klimato veiksnių tyrimus pradėjo Bitvinskas (1974). Medžių radialinio priaugio matavimams ir nuolatiniais medžių augimo eigos ir kaitos stebėjimams nuolatiniai sezoniniai medžių radialinio priaugio tyrimai Lietuvoje atliekami nuo 1976 m. (Vitas 2011). Matavimai atliekami plieninėmis juostomis, jų galus sujungus spirale, apjuosus medžio stiebą ir matuojant atstumą tarp dviejų juostoje fiksuotų taškų. Autoriai nurodo, kad tuo pačiu metu medžio kamienas auga į visas puses skirtingai, todėl šio metodo privalumas tas, kad matuojamas viso medžio kamieno perimetro pokytis (Schweingruber 1993). Kaip pažymi Krameris ir Kozlovskis (Kramer,

Kozlovskiy 1983), šis metodas turi vieną esminį trūkumą – sunku nustatyti, dėl kokių priežasčių – žievės ar medienos priaugio, ar audinių prisotinimo vandeniu kinta stiebo perimetras. Metinės rievės priklauso ne tik nuo klimato kaitos, bet ir nuo edafinių, fitocenologinių ir kt. veiksnių. Radialinį priaugį, kaip labai sudėtingą biologinį procesą, mini Jacenka-Chmelevskis ir Lotova (Yatsenko-Khmelevskiy, Lotova 1987).

Dendrometrais atlikti matavimai yra kur kas tikslesni. Mūsų tyrimuose buvo naudoti didelės raiškos DRL 26 dendrometrai, leidžiantys nustatyti ir interpretuoti klimatinių rodiklių įtaką medžio fiziologijai ir augimui, įvertinti mikroklimatinių sąlygų poveikį medžio kamieno pokyčiams.

Tyrimo tikslas – ištirti paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) kamieno apimties pokyčio ypatumus vegetacijos periodo pabaigos – ramybės sezono pradžios laikotarpiu ir jo priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų: oro temperatūros, debesuotumo, kritulių.

Svarbiausi klimato rodikliai, naudojami dendrochronologiniuose tyrimuose – oro temperatūros ir kritulių

kiekio kaita (Stravinskienė 2002). Atliekant dendroklimatologinius tyrimus dažniausiai naudojami meteorologijos stočių ar postų matavimų duomenys, šios stotys gali būti keliolika ar net keliasdešimt kilometrų nuo dendrologinių tyrimų objekto. Tokie duomenys neatspindi mikroklimatinių ypatumų. Net ilgesnio laikotarpio meteorologiniai rodikliai, išmatuoti už keliolikos ar keliasdešimties kilometrų, gali labai skirtis nuo analogiškų rodiklių dendrologinių matavimų vietose. Ypač didelių skirtumų gali būti vertinant trumpalaikius didelio intensyvumo kritulius. Didesnį tyrimų tikslumą lemia tai, kad tyrimams panaudoti Rėkyvos durpyno automatinės meteorologinės stoties, esančios apie 3 km nuo dendrologinių matavimų vietos, kritulių kiekio duomenys. Oro temperatūra buvo nustatyta pagal dendrometrų temperatūros matavimus.

Medžių jautrumas meteorologinėms sąlygoms priklauso ne vien nuo biologinių medžių savybių ar hidrologinio augaviečių režimo, lemiančio šaknų sistemos sandarą, bet ir nuo laikotarpio, kada formuojasi atskiros metinės rievės dalys. Metinis kamieno apimties kitimas skirstomas į tris periodus: žiemos susitraukimo, pavasario rehidracijos ir vasaros transpiracijos (angl. *winter shrinkage, spring rehydration, summer transpiration*), kur kamieno skersmens pasikeitimai priklauso nuo temperatūros (Turcotte *et al.* 2009). Šiame straipsnyje pateikti aukštos raiškos aukštapelkėse augančių pušų kamienų radialinio prieaugio duomenys, surinkti 2013 m. rugsėjo–lapkričio mėnesiais. Tyrimams pasirinktas vegetacijos pabaigos – rambės sezono pradžios periodas leidžia pagilinti mūsų supratimą apie meteorologinių sąlygų poveikį medžio fiziologijai ir augimui. Manoma, kad šio laikotarpio meteorologinės sąlygos didesnę įtaką turi ankstyvajam kitų metų prieaugio formavimuisi (Kayraytis 1978; Karpavichius *et al.* 1996).

Metinis radialinio prieaugio kintamumas yra charakterizuojamas progresuojančiu augimu, fiksuotu pavasario pradžioje, pasibaigiančiu vėlyvą vasarą ir mažėjimu žiemos mėnesiais. Kamieno apimties laipsniškai didėja dėl ląstelių dalijimosi ir plėtimosi pavasario–vasaros sezonais, atėjus žiemai dėl nepakankamo vandens pasisavinimo ir šalčio įtakos medžio ląstelės traukiasi ir kamieno apimties mažėja (King *et al.* 2013). Manoma, kad medžio kamieno apimties kaita labiausiai priklauso nuo temperatūros, o vegetacijos sezonas prasideda pavasarį, tada, kai vidutinė paros temperatūra viršija 4–6 °C (Körner 2006; Rossi *et al.* 2008). Medžių metinių rievinių analizė yra plačiai taikoma šiuolaikinėse miškų augimo, klimato kaitos ir miškų monitoringo studijose (Beniston 2002; Kairiūkštis 1995). Kamieno augimo rodikliai gali būti kaip ateinančių metų prieaugio prognozės rodiklis, taip pat gali padėti tiriant medžių produktyvumą šiltėjant klimatui.

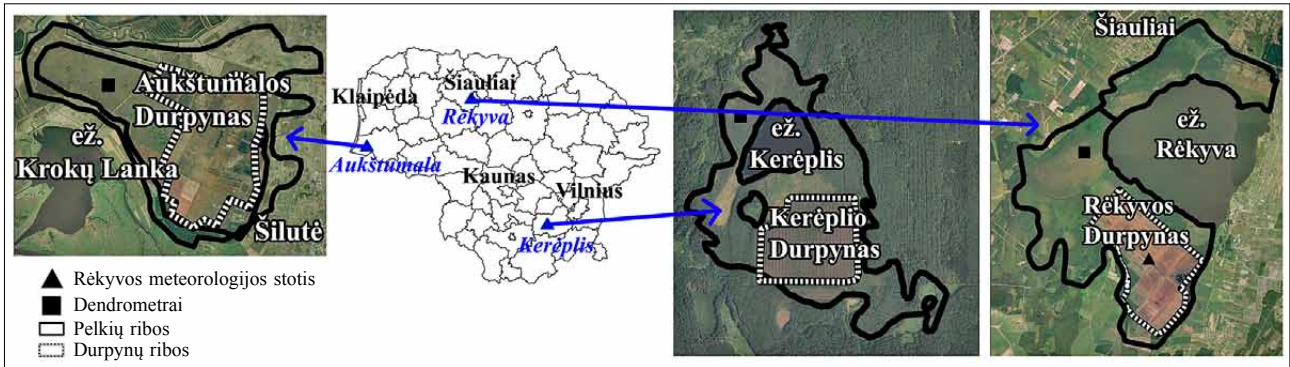
Tiriamosios vietos pasirinktos aukštapelkėse, nes jos maitinamos tik lietaus vandeniu ir gruntinio vandens lygis ir akrotelmo storis priklauso nuo kritulių kiekio, oro temperatūros ir evapotranspiracijos. Dėl šios priežasties aukštapelkės tampa jautresnės kintančioms klimato sąlygoms. Taigi miško augalijos kaita aukštapelkėse yra labai vertingas ilgalaikių ekologinių tyrimų rodiklis.

Metodika ir tyrimų vietos

Atsižvelgiant į reprezentatyvią tyrimų vietų imtį, skirtingą pažeidimo laipsnį ir tolygų tyrimo vietų pasiskirstymą Lietuvoje, įvertinant klimatinės, hidrologinės ir (arba) antropogeninės sąlygas, buvo pasirinktos trys aukštapelkės. Pasiruošose lauko tyrimų matavimo aikštelėse įrengti gręžiniai su automatiniais vandens lygio ir temperatūros matuokliais, įrengti dendrometrai. Siekiant išsiaiškinti pušies, augančios pelkinėse augavietėse, kamieno apimties pokyčius formuojančius veiksnius ir vertinant atskirų medžių tarpusavio sinchronizacijos ypatumus, darbe naudota penkių dabartinių augančios paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) kamienų apimties pokyčių analizė. Dendrometrai instaliuoti Rėkyvos, Kerėplio ir Aukštumalos natūraliose aukštapelkių dalyse, kiekvienoje šlapynėje ant dviejų greta augančių apie 110 metų amžiaus pušų. Pasirenkant pušis atkreiptas dėmesys į lajos defoliaciją, spyglių dechromaciją ir stiebo kreivumą, kuris gali sukelti metinių rievinių ekscentriškumą ir paslėpti klimatinį signalą kamieno apimties kitimo dinamikoje.

Rėkyvos aukštapelkė yra Šiaulių rajono savivaldybėje, 140 km į rytus nuo Baltijos jūros, 132,5 m virš jūros lygio (1 pav.). Geografinės koordinatės – LKS 94: X:6191626, Y:453388. Rėkyvos pelkinio komplekso, į kurį patenka tiriamoji aukštapelkė, plotas – 2608 ha. Šis pelkinis kompleksas susiformavo paskutinio ledynmečio pabaigoje Dubysos, Ventos, Nevėžio ir Mūšos baseinų vandenskyroje. Vidutinis durpės storis – 4,8 m, didžiausias – 9,6 m (Lietuvos durpynų... 1995).

Kerėplio aukštapelkė yra Onuškio sen., Trakų rajono savivaldybėje (1 pav.). Ji yra Dusmenos aukštupyje (Merkio baseinas), 220 km į rytus nuo Baltijos jūros, 142,5 m virš jūros lygio. Geografinės koordinatės – LKS 94: X:6035785, Y:535972. Pelkės plotas – 144 ha, joje 89 % užima aukštapelkė, 7 % – mišri pelkė ir 4 % – žemapelkė. Vidutinis durpės storis – 1,8 m, didžiausias – 5,4 m (Lietuvos durpynų... 1995). Rėkyvos ir Kerėplio aukštapelkių tiriamieji medžiai pasižymi susiformavusios paprastosios pušies – *Pinus sylvestris f. uliginosa* – forma. Tiriamuosiuose medynuose tarp krūmokšnių randamas gailis (*Ledum palustre*), vaivoras (*Vaccinium uliginosum*), iš samanų vyrauja magelaninis kiminas (*Sphagnum magelanicum*).



1 pav. Tyrimų vietos

Fig. 1. Research places

Aukštumalos aukštapelkė yra Vakarų Lietuvoje, Šilutės rajono savivaldybėje, 5 km į rytus nuo Baltijos jūros, 5,5 m virš jūros lygio (1 pav.). Geografinės koordinatės – LKS 94: X:6141810, Y:334783. Aukštumalos pelkės plotas – 3018 ha, 98 % ploto užima aukštapelkė, 1 % – mišri pelkė ir 1 % – žemapelkė. Vidutinis durpės storis – 6,1 m, didžiausias – 9 m (Lietuvos durpynų... 1995). Aukštumalos aukštapelkėje pasirinkti medžiai pasižymi *Pinus sylvestris f. litwinowii* forma. Čia vyrauja magelaninis (*Sph. magelanicum*), siauralapis (*Sph. angustifolium*) kiminai, gausus rudasis kiminas (*Sph. fuscum*), žolinė danga reta, susideda iš kupstinio švylio (*Eriohorum vaginatum*), tekšės (*Rubus chamaemorus*), gailio (*Ledum palustre*), randama apskritalapė (*Drosera rotundifolia*) ir ilgalapė saulašarės (*Drosera anglica*).

Gruntinio vandens gylis visų trijų aukštapelkių tiriamosiose vietose per metus svyruoja tarp 5 iki 25 cm nuo durpės paviršiaus.

Rėkyvos pelkiniame komplekse esančiame eksploataciniame durpių sklype (1 pav.) nuo 2011 m. balandžio 16 d. veikia „Lufft Opus 200“ tipo automatinė agrometeorologinė stotis. Stotyje yra kritulių kiekio, vėjo greičio ir krypties, temperatūros ir santykinio oro drėgnio, dirvožemio paviršiaus temperatūros ir drėgnumo jutikliai. Kritulių kiekio jutiklio vienas impulsas (impulsas – kaušelio persivertimas, kai jis prisipildo vandens) atitinka 0,2 mm kritulių kiekio. Kritulių surinkimo kibirėlio plotas – 200 cm². Vėjo greičio matuojamas diapazonas – nuo 0,9–50 m/s, tikslumas – 0,1 m/s. Vėjo kryptis matuojama nuo 0–358°, tikslumas – 1°. Temperatūra matuojama nuo –30 °C iki +70 °C, tikslumas – 0,1 °C, paklaida – ±0,2 °C. Santykinio oro drėgnio matavimo ribos – 0–100 %, tikslumas – 0,5 %, paklaida – 2 %.

Dendrologiniams matavimams instaliuoti dendrometrai (prieaugio jutiklis „Increment Sensor DRL 26“) yra didelės raiškos. Jie skirti ilgus trukmės monitoringui – kamieno prieaugiui ir oro temperatūrai matuoti ir duomenims kaupti.

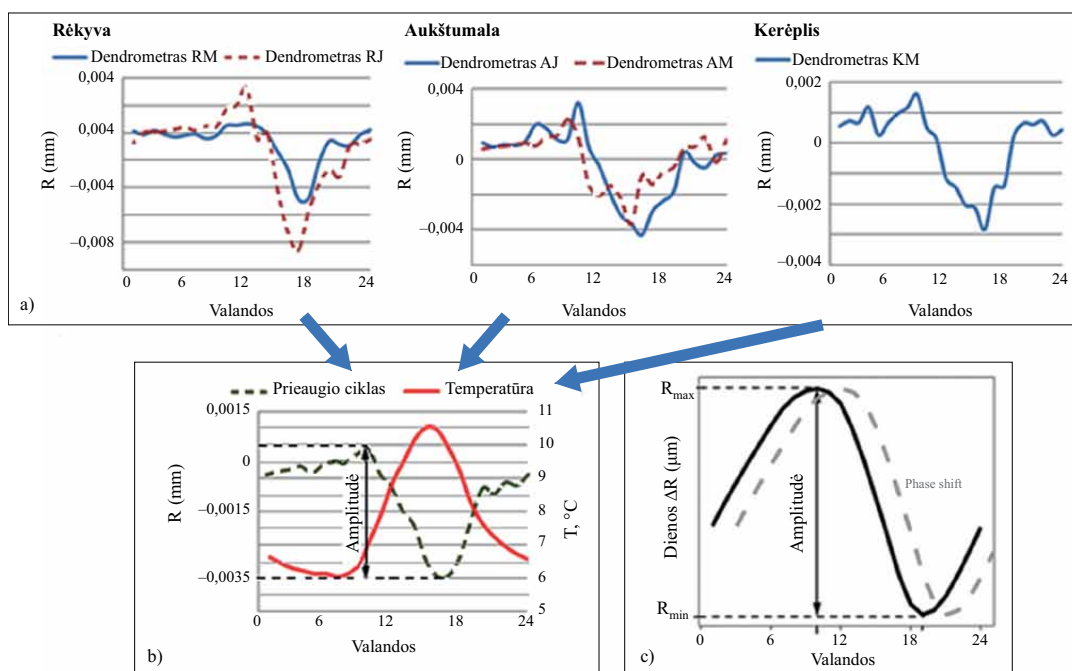
Dendrometras tvirtinamas nerūdijančiojo plieno juosta aplink kamieną (mažiausiasis kamieno skersmuo – 8 cm). Tvirtinimas nepadaro jokios žalos medžiui. Dendrometro atmintyje duomenys saugomi naudotojo pasirinktais intervalais. Prietaisu fiksuojami ir įrašomi kamieno apimties pokyčiai ir oro temperatūra, iki 50 000 įrašų. Duomenys DRL 26 kaupiklyje yra saugūs net ir išsikrovus baterijai. Dendrometro matavimų paklaida – 0,001 mm, matavimų intervalas – nuo 10 min. iki 24 val. Temperatūros jutiklio tikslumas – ±2 °C, matavimų intervalas – nuo 30 iki 60 °C.

Dendrometrais matuoti kamieno apimties pokyčiai – tai kamieno apimties pasikeitimas per laiko vienetą. Tyrimuose naudoti dendrometrai kamieno apimtį matuoja kas valandą. Kas valandą matuojama ir oro temperatūra. Šie rodikliai matuoti nuo 2013 m. rugsėjo 18 d. iki 2013 m. lapkričio 21 d. Tyrimuose naudotų dendrometrų matavimų periodai skiriasi. Pirmojo (RJ) Rėkyvos aukštapelkėje instaliuoto dendrometro matavimo laikas – nuo 2013 m. rugsėjo 19 d. iki 2013 m. lapkričio 21 d., antrojo (RM) – nuo 2013 m. spalio 12 d. iki 2013 m. lapkričio 21 d. Aukštumalos aukštapelkėje instaliuoto pirmojo (AJ) dendrometro matavimų periodas – nuo 2013 m. rugsėjo 18 d. iki 2013 m. lapkričio 10 d., antrojo (AM) – nuo 2013 m. spalio 5 d. iki 2013 m. lapkričio 10 d. Kerėplio aukštapelkėje dendrometro (KM) matavimų periodas – nuo 2013 m. spalio 3 d. iki 2013 m. lapkričio 14 d.

Kamieno apimties pokyčiams per parą nustatyti sudaryti kiekvieno tiriamo kamieno apimties pokyčių per parą ciklai. Tokie ciklai gaunami suskaičiavus kiekvieno kamieno vidutinius tos pačios valandos kamieno apimties pokyčius. Vidutinis kamieno apimties pokyčių paros ciklas rugsėjo–lapkričio mėnesiais pateikiamas apskaičiavus visų tiriamų medžių tos pačios valandos kamieno apimties pokyčio vidurkį. Toks grafikas atspindi kamieno apimties pokyčius per dieną, parodo laiką, kada kamienas plečiasi ir susitraukia (2 pav.).

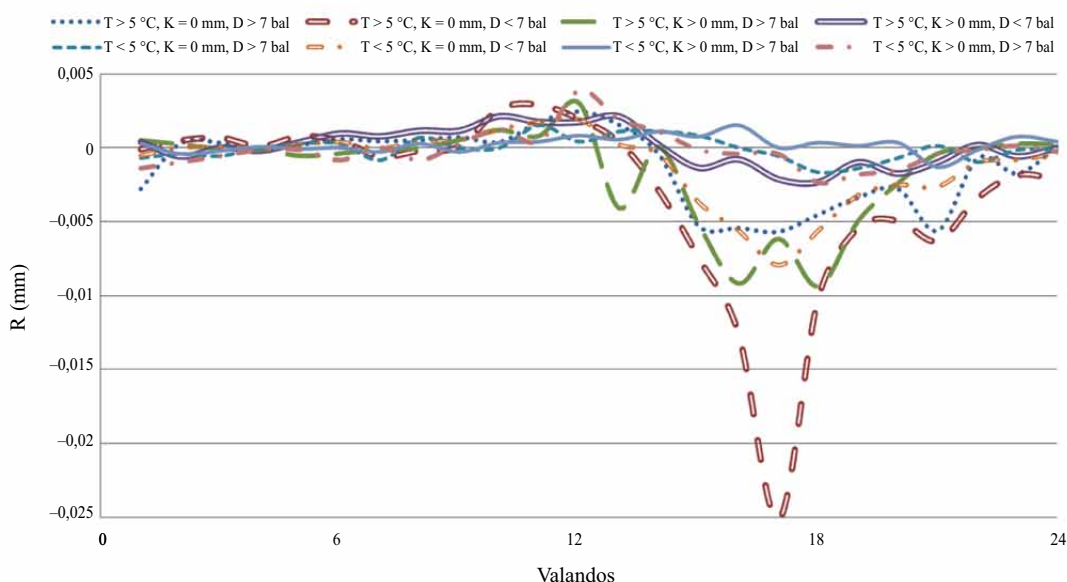
Tokių pat principu sudarytas ir temperatūros pokyčių paros ciklas (2 pav., b). Detaliau analizuojant kamieno apimties kitimo ciklą, skaičiuojami kiekvienos paros vidutinė temperatūra (°C), krituliai (mm), debesuotumas (balais). Visos dienos suskirstomos pagal tokius kriterijus: kai $T > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K = 0\text{ mm}$, $D > 7\text{ bal}$; $T > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K = 0\text{ mm}$, $D < 7\text{ bal}$; $T > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K > 0\text{ mm}$, $D > 7\text{ bal}$;

$T > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K > 0\text{ mm}$, $D < 7\text{ bal}$; $T < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K = 0\text{ mm}$, $D > 7\text{ bal}$; $T < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K = 0\text{ mm}$, $D < 7\text{ bal}$; $T < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K > 0\text{ mm}$, $D > 7\text{ bal}$; $T < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K > 0\text{ mm}$, $D < 7\text{ bal}$. Apskaičiuojami pasirinktus kriterijus atitinkančių dienų tų pačių valandų kamieno apimties pokyčio vidurkiai ir pateikiamas kamieno apimties paros ciklo priklausomybės nuo temperatūros, kritulių ir debesuotumo grafikas (3 pav.).



2 pav. Kamieno apimties pokyčių paros ciklai: išmatuoti Rekyvoje, Aukštumaloje ir Kerėplyje (a), visais dendrometrais išmatuoti ciklų vidurkiai ir vidutinė temperatūros kaita per parą (b), kitų autorių schematizuotas kamieno apimties paros ciklas (King *et al.* 2013) (c)

Fig. 2. Daily cycles of changes in the stem volume: measurements in Rekyva, Aukštuma and Kereplis (a), the averages of the cycles of the stem volume and the distribution of daily mean temperature measured using dendrometers (b), daily cycle of the stem volume defined by other authors (King *et al.* 2013) (c)



3 pav. Kamieno apimties paros ciklų priklausomybė nuo temperatūros, kritulių ir debesuotumo

Fig. 3. The dependence of changes in the stem volume on temperature, precipitation and cloud cover during the day

Rezultatai ir jų analizė

Norint išsiaiškinti aplinkos kintamųjų įtaką medžio kamieno apimties pokyčiams, tiriami ir analizuojami paros / kasdieniai / kamieniniai ciklai (angl. *diurnal/daily/stem cycle*) (Tardif *et al.* 2001; Bouriaud *et al.* 2005; Downes *et al.* 1999; Deslauriers *et al.* 2003). 2 pav. matome Rėkyvos, Aukštumalos ir Kerėplio aukštapelkių penkių tiriamų medžių paros kamieno apimties pokyčių vidurkių ciklą 2013 m. rugsėjo–lapkričio mėnesiais (2 pav., a). Nors tame pačiame medyje gretimų pušų kamieno apimties kaitos paros ciklai yra labai panašūs, tačiau matyt dėl individualių medžio ir jo mikroaplinkos sąlygų šiek tiek skiriasi. Vidutinis kamieno apimties pokyčių paros ciklas rugsėjo–lapkričio mėnesiais grafike pateikiamas sujungus (suvidurkinus) visų penkių tiriamų medžių valandinius parų kamienų pokyčius (2 pav., b). Medžio apimties kaita per parą aiškėja didėjant duomenų kiekiui. Apibendrinus visų parų matavimų duomenis, gautas grafikas panašėja į kitų autorių pateiktus analogiško proceso schematizuotus grafikus (King *et al.* 2013). G. King su bendraautoriais centrinės Šveicarijos Alpėse ketverius metus tyrė 56 medžių, maumedžio (*Larix decidua*) ir egles (*Picea abies*) kamieno apimties pokyčių paros ciklą (2 pav., c). Pagal jų gautus rezultatus visų metų duomenimis paros maksimumas (didžiausia kamieno apimtis per parą) pasiekiamas 10.00 val., minimumas (mažiausia kamieno apimtis per parą) – 19.00 val., o žiemos sezono kamieno apimties maksimumas pasiekiamas 18.00 val., minimumas – 10.00 val. (King *et al.* 2013). Kaip teigia minėti autoriai, ką iš dalies patvirtina ir mūsų trumpalaikiai matavimai, paros ciklas dalijamas į etapus, nusakančius kamieno plėtimąsi ir susitraukimą, kiekvienas šių etapų priklauso nuo meteorologinių rodiklių. Rugsėjo–lapkričio mėnesiais paros ciklo maksimalus teigiamas kamieno pokytis pasiekiamas apie 9.00 val., vėliau kamieno apimtis mažėja, kol 16.00 val. pasiekiamas minimumas, tuomet prasideda lėtas kamieno plėtimasis, kuris tęsiasi iki kitos dienos 9.00 val. maksimumo, vėliau ciklas kartojasi (2 pav., b). Kiekvienas šių etapų labai priklauso nuo temperatūros. 2 pav., b, pateiktame grafike matyti, kad dienos temperatūros kitimas yra priešingas kamieno apimties paros ciklui. Manome, kad kamienas traukiasi dėl intensyvėjančios transpiracijos, kai temperatūrai pakilus virš 7 °C vandens absorbcija per šaknis nespėja patenkinti vandens poreikio, kamieno vandens atsargos mažėja, dėl to medžio ląstelės traukiasi. Priešingai, kamienas plečiasi saulei leidžiantis ir baigiasi ateinančią rytą, tuo metu transpiracija sumažėja – daugiau vandens yra pasisavinama nei prarandama dėl transpiracijos. Panašiai šiuos procesus aiškina ir kiti autoriai (Kozłowski, Winget 1964; Herzog *et al.* 1995; Kozłowski *et al.* 1997).

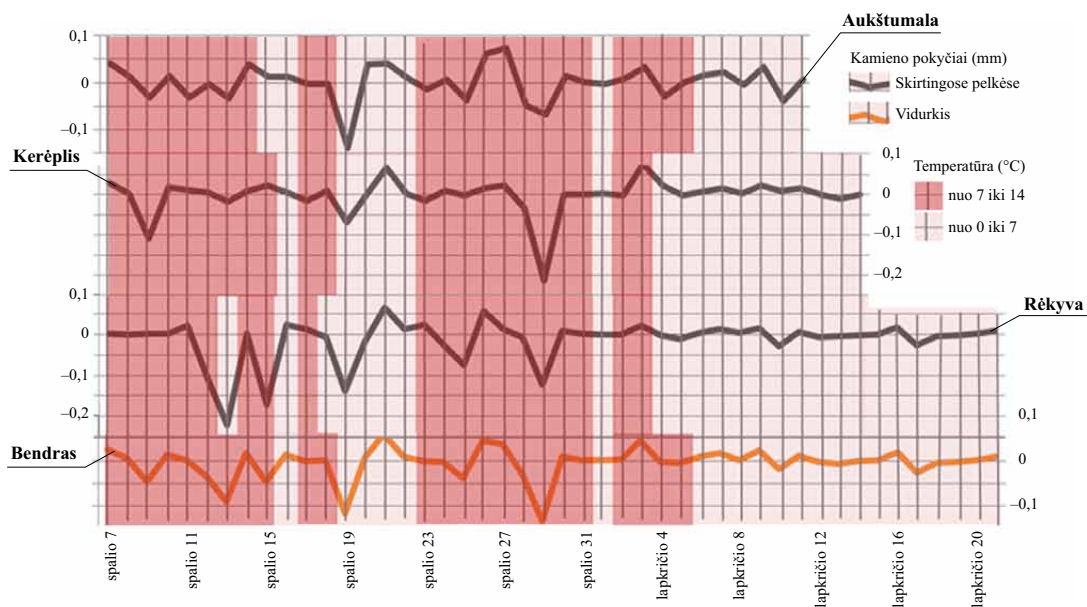
Kamieno skersmens svyravimas rodo medžio kamieno audinių aprūpinimą vandeniu. Tai nustatyta remiantis didžiausiais stiebo skersmens sumažėjimais tomis dienomis, kai kritulių visai nebuvo (5 pav., c). Kad krituliai turi didelę įtaką medžio kamieno svyravimams, nustatė ir kiti autoriai. Atlikti tyrimai taigoje trejus metus matuojant balzaminio kėnio (*Abies balsamea* (L.) Mill.) kasdienį radialinį prieaugį, kurio pasikeitimai visų pirma aiškinami vandens prieinamumu ir poreikiu (Deslauriers *et al.* 2003). Dendrometrais matuotų įvairių medžių rūšių kasdienių radialinių prieaugių pasikeitimų panašumai Etiopijoje ir Ekvadore atliktais tyrimais aiškinami pagrindiniu veiksnium, darančiu įtaką kasdienio prieaugio pakitimams, – kritulių kaita (Bräuning *et al.* 2009; Krepkowski *et al.* 2011). Kasdieniai *Pinus cembra* (L.) prieaugio pokyčiai Alpių ekotone teigiamai koreliavo su santykinės oro drėgmės ir kritulių pokyčiais (Gruber *et al.* 2009).

Atlikus dendrometrų rodmenų analizę nustatyta, kad medžio kamieno kaitos paros amplitudė yra mažiausia, kai vidutinė dienos $T < 5$ °C, didelis debesuotumas (daugiau nei 7 balai), vyrauja krituliai (ištinė linija) (3 pav.). Tai, matyt, lemia maža vandens netektis medžio ląstelėse dėl sulėtėjusios transpiracijos. Tokiomis meteorologinėmis sąlygomis pasižyminčiomis dienomis medžio kamieno apimtis per parą padidėjo daugiausia (~0,005 mm per parą). Penkis kartus mažesnis medžio kamieno apimties padidėjimas nustatytas dienomis, kai debesuotumas yra mažesnis nei 7 balai, o temperatūra ir krituliai yra tokie patys kaip pirmiau minėtu atveju (dviguba ištinė linija). Tokiomis meteorologinėmis sąlygomis, matyt, daug intensyvesnė transpiracija. Kitomis meteorologinėmis sąlygomis buvo nustatytas medžio kamieno apimties mažėjimas. Didžiausi minusiniai paros pokyčiai rugsėjo–lapkričio periodu buvo nustatyti, kai buvo mažas debesuotumas, kritulių visai nebuvo, o oro temperatūra buvo didesnė nei 5 °C. Tokiomis meteorologinėmis sąlygomis pasižyminčių dienų kamieno kaitos amplitudė yra didžiausia (dviguba punktyrinė linija), o kamieno apimtis šiomis dienomis sumažėja apie 0,07 mm. Tai, matyt, lemia padidėjusi transpiracija giedromis dienomis ir sulėtėjęs vandens patekimas į medžio ląsteles, naktį atvėsus orui.

Metinis kamieno apimties kintamumas nusakomas laipsnišku augimu, stebimu pavasario pradžioje, pasibaigiančiu vėlyvą vasarą ir mažėjimu žiemos mėnesiais. Laipsniškas kamieno apimties didėjimas pasireiškia dėl ląstelių plėtimosi ir dalijimosi pavasario–vasaros sezonais, atėjus žiemai dėl nepakankamo vandens pasisavinimo ir šalčio įtakos medžio ląstelės traukiasi ir kamieno apimtis mažėja (King *et al.* 2013). Tiriamuoju 2013 metų rugsėjo–lapkričio mėnesių laikotarpiu visomis dienomis buvo teigia-

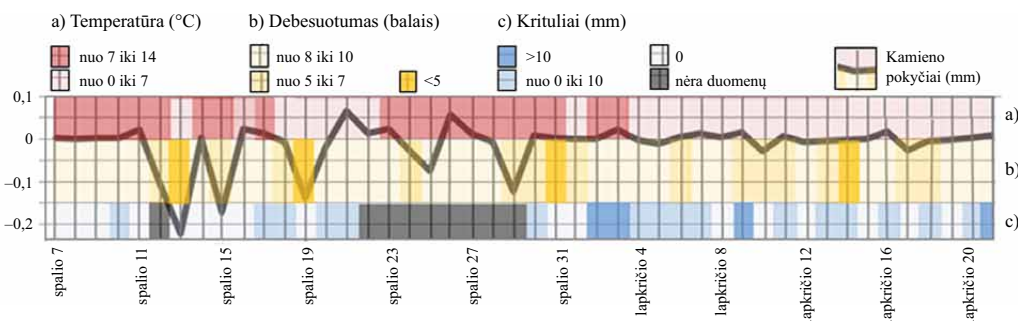
moji oro temperatūra, žemiausios temperatūros ($T < 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) buvo nuo lapkričio 11 d. 4 pav. matyti, kad nuo lapkričio 5 d. temperatūrai nukritus žemiau $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ prasideda gilioji ramybės sezono fazė, medžio kamieno apimties pasikeitimų svyravimai sumažėja. Tačiau tuo laikotarpiu Aukštumalos dendrometrų duomenys nerodo aiškios šios fazės pradžios (4 pav. pirmas grafikas). Po lapkričio 5 d. temperatūra Aukštumaloje nenukrinta daug mažiau už $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (svyruoja apie $6\text{ }^{\circ}\text{C}$), o Rėkyvos ir Kerėplio aukštapelkėse jau buvo apie $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toks ramybės sezono fazių nevienodumas gali būti paveiktas mažesnio Aukštumalos kontinentalumo – vėluojančių šaltesnių orų laikotarpio. Aukštumalos aukštapelkė tik apie 5 km nuo Baltijos jūros, Rėkyvos ~140 km, Kerėplis ~220 km.

Kamieno apimties kaitą taip pat lemia debesuotumas, kuris, matyt, susiję su kamieno audiniuose sulaikomu vandeniu. Tai nustatyta, remiantis kamieno apimties sumažėjimu esant mažam ir labai mažam debesuotumui (nuo 0 iki 7 balų), tomis dienomis, kai kritulių neiškrisdavo. 5 pav. pateikta kamieno pokyčių priklausomybė nuo kritulių, temperatūros ir debesuotumo. Išanalizavus duomenis matyti, kad teigiamas paros kamieno pokytis fiksuotas tada, kai vidutinė paros temperatūra yra aukštesnė už $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, šiomis dienomis buvo fiksuojami ir krituliai bei didelis debesuotumas (8–10 balų). Maksimalūs šio laikotarpio dienos kamieno apimties pasikeitimai nustatyti paros temperatūrai viršijus $8\text{ }^{\circ}\text{C}$.



4 pav. Kamieno apimties priklausomybė nuo temperatūros: Aukštumalos, Kerėplio ir Rėkyvos aukštapelkėse bei vidutinio visose aukštapelkėse matuojamų pušų kamieno apimties pasikeitimo priklausomybė nuo vidutinės visų trijų aukštapelkių oro temperatūros

Fig. 4. The dependence of the stem volume on temperature in Aukštumala, Kereplis and Rekyva raised bogs; the dependence of changes in the measured average stem volume of pines on the average air temperature of all raised bogs



5 pav. Kamienų pokyčių Rėkyvos aukštapelkėje priklausomybė nuo klimatinė rodiklių: kritulių, temperatūros ir debesuotumo. Kamienų pokyčiai ir temperatūra matuoti dendrometrais ant greta augančių pušų, kritulių duomenys gauti iš Rėkyvos meteorologijos stoties, debesuotumas – iš Šiaulių meteorologijos stoties

Fig. 5. The dependence of changes in the stem volume in Rėkyva raised bog and its climate variables: precipitation, temperature and cloud cover. All changes in the stem volume and temperature were measured using dendrometers, data on precipitation were obtained from Rekyvas meteorology station and data on cloud cover – from Šiauliai meteorology station

Išvados

1. Medžių radialiajam priaugui tirti taikomas dendrometrų metodas sudaro galimybes spręsti ne vien apie priaugio dinamiką, bet ir apie medžio kamieno apimties pokyčius apskritai, fiziologinę medžių būklę tam tikrais laiko periodais, priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų ir rievės formavimosi savitumų.
2. 2013 m. rugsėjo–lapkričio mėnesiais tirtose pelkėse maksimali matuotų pušų kamieno apimtis būdavo apie 9.00 val., vėliau apimtis mažėjo, kol 16.00 val. pasiekdavo minimumą, tuomet prasidėdavo lėtas kamieno plėtimasis, kuris tęsdavosi iki kitos dienos 9.00 val.
3. Panaudojus didelės raiškos dendrometrus pavyko nustatyti ramybės būsenos giliosios fazės pradžią tirtose pelkėse. Didžiausią įtaką medžio ramybės būsenos fazės pasikeitimui turi temperatūra. Matyti, kad mažesnio kontinentalumo sąlygomis, arčiau nuo jūros, ši būseną vėluoja keliomis paromis.
4. Tyrimų metu nustatyti kamieno apimties kitimo ypatumai. Didžiausias teigiamas kamieno pokytis (~0,005 mm per parą) vegetacinio periodo pabaigoje buvo nustatytas dienomis su krituliais, vidutinė dienos $T < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, debesuotumas – daugiau nei 7 balai.
5. Didžiausi neigiami pušų kamieno paros pokyčiai rugsėjo–lapkričio mėnesiais buvo esant mažam debesuotumui, nesant kritulių, o vidutinei paros temperatūrai pakilus virš $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tokiomis meteorologinėmis sąlygomis pušų kamienų kaitos amplitudė buvo didžiausia, o kamieno apimtis šiomis dienomis sumažėja apie 0,07 mm per parą. Tai, matyt, lėmė padidėjusi transpiracija giedromis dienomis ir sulėtėjęs vandens pateikimas į medžio ląsteles giedromis ir šaltomis naktimis.

Padėkos

Dėkojame Lietuvos ir Švedijos bendradarbiavimo programai. Moksliniai tyrimai finansuojami pagal Lietuvos ir Šveicarijos bendradarbiavimo programos, kuria siekiama sumažinti ekonominius ir socialinius skirtumus išsiplėtusioje Europos Sąjungoje, projekto sutartį Nr. CH-3-ŠMM-01/05.

Literatūra

- Beniston, M. 2002. Climate modeling at various spatial and temporal scales: where can dendrochronology help?, *Dendrochronologia* 20(1–2): 117–131. <http://dx.doi.org/10.1078/1125-7865-00012>
- Bitvinskas, T. 1974. *Dendroklimaticheskiye issledovaniya*. Gidrometeoizdat. 172 s.
- Bouriaud, O.; Leban, J. M.; Bert, D.; Deleuze, C. 2005. Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce, *Tree Physiology* 25: 651–660. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/25.6.651>

- Bräuning, A.; Volland-Voigt, F.; Burchardt, I.; Ganzhi, O.; Nauss, T.; Peters, T. 2009. Climatic control of radial growth of *Cedrela Montana* in a humid mountain rainforest in Southern Ecuador, *Erdkunde* 63: 337–345. <http://dx.doi.org/10.3112/erdkunde.2009.04.04>
- Deslauriers, A.; Morin, H.; Urbinati, C.; Carrer, M. 2003. Daily weather response of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) stem radius increment from dendrometer analysis in the boreal forests of Quebec (Canada), *Trees – Structure and Function* 17: 477–484.
- Downes, G.; Beadle, C.; Worledge, D. 1999. Daily stem growth patterns in irrigated *Eucalyptus globulus* and *E-nitens* in relation to climate, *Trees – Structure and Function* 14: 102–111.
- Gruber, A.; Zimmermann, J.; Wieser, G.; Oberhuber, W. 2009. Effects of climate variables on intra-annual stem radial increment in *Pinus cembra* (L.) along the alpine treeline ecotone, *Annals of Forest Science* 66(5): 503–513. <http://dx.doi.org/10.1051/forest/2009038>
- Herzog, K. M.; Hasler, R.; Thum, R. 1995. Diurnal changes in the radius of a sub-Alpine Norway spruce stem their relation to the sap flow and their use to estimate transpiration, *Trees – Structure and Function* 10: 94–101.
- Kairiūkštis, L. 1973. *Mišrių eglynų formavimasis ir kirtimai*. Vilnius: Mintis. 357 p.
- Kairiūkštis, L. 1995. The development of forest science in Lithuania, *Baltic Forestry* 1: 6–16.
- Kayraytis, I. 1978. *Dubovyje nasazhdeniya. Usloviya sredi i radialny prirost derevyev*. Kaunas: Litovskiy institut botaniki.
- Karpavichius, J.; Yadav, R. R.; Kairaitis, J. 1996. Radial growth response of pine (*Pinus sylvestris* (L.)) and spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) to climate and geohydrological factors, *Paleobotanist* 45: 148–151.
- King, G.; Fonti, P.; Nievergelt, D.; Büntgen, U.; Frank, D. 2013. Climatic drivers of hourly to yearly tree radius variations along a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ natural warming gradient, *Agricultural and Forest Meteorology* 168: 36–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.08.002>
- Körner, C. 2006. The significance of temperature in plant life, in *Plant growth and climate change*. Oxford, Ames, Iowa: Blackwell Pub, 48–69. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470988695.ch3>
- Kozłowski, T. T.; Kramer, P. J.; Pallardy, S. G. 1997. *Physiology of woody plants*. Academic Press.
- Kozłowski, T. T.; Winget, C. H. 1964. Diurnal and seasonal variation in radius of tree stems, *Ecology* 45: 149–155. <http://dx.doi.org/10.2307/1937115>
- Kramer, P. D.; Kozlovskiy, T. T. 1983. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy*. Moskva: Lesnaya prom-st. 462 s.
- Krepkowski, J.; Bräuning, A.; Gebrekirstos, A.; Strobl, S. 2011. Cambial growth dynamics and climatic control of different tree life forms in tropical mountain forest in Ethiopia, *Trees – Structure and Function* 25: 59–70.
- Lietuvos durpynų kadastras*. 1995. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos ministerija, Kraštotvarkos departamentas. 1281 p.
- Rossi, S.; Deslauriers, A.; Gricar, J.; Seo, J. W.; Rathgeber, C. B. K.; Anfodillo, T.; Morin, H.; Levanic, T.; Oven, P.; Jalkanen, R. 2008. Critical temperatures for xylogenesis in conifers of cold climates, *Global Ecology and Biogeography* 17: 696–707. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00417.x>

- Schweingruber, F. H. 1993. *Jahrringe und Umwelt dendroökologie*. Birmensdorf: Edgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 474 p.
- Stravinskienė, V. 2002. *Klimato veiksnių ir antropogeninių aplinkos pokyčių dendrochronologinė indikacija*. Kaunas: Lututė. 175 p.
- Tardif, J.; Flannigan, M. D.; Bergeron, Y. 2001. An analysis of the daily radial activity of 7 boreal tree species, northwestern Quebec, *Environmental Monitoring and Assessment* 67: 141–160. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006430422061>
- Turcotte, A.; Morin, H.; Krause, C.; Deslauriers, A.; Thibeault-Martel, M. 2009. The timing of spring rehydration and its relation with the onset of wood formation in black spruce, *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 1403–1409. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.03.010>
- Vitas, A. 2011. Seasonal growth variations of pine, spruce, and birch recorded by band dendrometers on NE Lithuania, *Baltic Forestry* 17(2): 197–204.
- Yatsenko-Khmelevskiy, A. A.; Lotova, L. I. 1987. *Stroyeniye kory khvoynykh*. Leningrad: Izd-vo LTA Leningrad.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON CHANGES IN THE VOLUME OF THE PINE STEM AT THE END OF VEGETATION USING HIGH RESOLUTION DENDROMETERS

M. Tamkevičiūtė, J. Taminskas, V. Šmatas, R. Pukienė

Abstract

Using dendrometers for measuring a radial increment of trees is efficient not only for investigation into the dynamics of the increment but also for changes in the tree stem in general, for a physiological condition of trees during certain periods of time, reliance on meteorological conditions and for tree-ring formation studies. The conducted research has applied to high resolution DRL 26 dendrometers that helped with identifying and distinguishing the impacts of climatic factors on the physiology and growth of trees. Also, the performed investigation assisted in assessing the impact of microclimate conditions on changes in tree stems. The location for installing dendrometers was selected with reference to the criteria such as representative research location, the degree of violation assessment, equal distribution of research sites in Lithuania and the estimation of climatic, hydrologic and anthropogenic conditions. Considering the above mentioned criteria, three raised bogs in which temperature, automatic water level devices in wells and dendrometers installed in measurement areas were chosen. The research period lasted from the end of the vegetation period to the beginning of dormancy season. For research purposes, 5 growing Scots pines (*Pinus sylvestris*) were used for examining changes in the stem volume. Another objective was to find out how stems were affected by growing in bog surroundings and to analyse the synchronicity of volume changes between trees. The conducted research disclosed specific features of the dynamics of changes in the stem volume at the end of vegetation, and the beginning of dormancy season was found.

Keywords: changes in the stem volume, daily cycle, meteorological indicators, dendrometers.