
Naujausios Lietuvos spygliuočių – paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* (L.) ir paprastosios eglės (*Pice abies* (L.) Karsten) – etaloninės dendroskalės ir metinio radialinio prieaugio prognozės

V. Stravinskienė

Vytauto Didžiojo universitetas,
Aplinkotyros katedra,
Vileikos 8,
3035 Kaunas, Lietuva

Pristatomos naujausios paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* (L.) etaloninės dendroskalės brukniniuose ir brukniniuose-mėlyniniuose (nuo 1830 iki 1997 metų imtinai), mėlyniniuose-kimininiuose (1870–1997) ir viksviniuose-kimininiuose (1840–1997) pušynuose bei paprastosios eglės (*Pice abies* (L.) Karsten) etaloninė dendroskalė kiškiakopūstiniuose ir mėlyniniuose-kiškiakopūstiniuose eglynuose (1870–1997). Pateikiama pušies ir eglės metinio radialinio prieaugio aproksimacija (nuo pirmųjų dendroskalės metų iki 1997 metų) ir prognozės nuo 1998 iki 2016–2018 metų bei pušies ir eglės metinio radialinio prieaugio indeksų prognozių koeficientai.

Raktažodžiai: dendrochronologiniai ir dendroindikaciniai metodai, paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* (L.) ir paprastosios eglės (*Pice abies* (L.) Karsten) etaloninės dendroskalės, radialinio prieaugio aproksimacija ir prognozė

IVADAS

Medžių metinės rievės augimo procese kaupia informaciją apie aplinkoje vykstančius reiškinius [1; 2 ir kt.], tapdamos gamtiniais monitoriais [3].

Medžių metinių rievų teikiamos informacijos gavimas ir naudojimas leidžia objektyviai vertinti visus pokyčius, vykstančius gamtinėje aplinkoje, taip pat konkrečiose miško ekosistemose. Todėl pastaruoju metu dendrochronologiniai ir dendroindikaciniai tyrimai vis plačiau taikomi aplinkotyroje ir miškotyroje gamtinės aplinkos būklės pokyčiams indikuoti, miško ekosistemose atliekamų antropogeninių pertvarkymų efektyvumui vertinti, net praeities klimatinėms sąlygoms rekonstruoti.

Miškotyroje šių metodų taikymas leidžia įvertinti miško ūkinių priemonių (miškų nusausinimo, tręšimo, ugdymo kirtimų ir kt.) efektyvumą, retrospektyviai nustatyti praeities miškų sėklinius metus bei prognozuoti juos ateičiai, numatyti masines ligų ir kenkėjų invazijas miškuose. Aplinkotyroje šie metodai gali pasitarnauti vertinant gamtinės aplinkos būklę bei klimatinio fono dinamiką.

Viena iš dendrochronologinių metodų taikymo galimybių klimato svyravimams, aplinkos būklei bei miškų ūkinių priemonių efektyvumui vertinti ir prognozuoti yra etaloninės dendroskalės. Jos apima daugelio medžių individualaus metinio radialinio prieaugio matavimų duomenis ir atspindi bendras prieaugio

dinamikos tendencijas sąlyginai neužterštose teritorijose.

Iki šiol Lietuvoje parengta nemažai sausuminėse augimvietėse augančių pušynų lokalinių dendroskalių [7–10].

Etaloninės Lietuvos pelkėjančių ir pelkinių augimviečių pušynų, eglynų ir juodalksnynų dendroskalės buvo sudarytos 1978 metais [11; 12]. Pagal augimvietes ir miško tipus diferencijuotų, didelės medžių metinio radialinio prieaugio duomenų bazės iš įvairių respublikos vietų pagrindu parengtų etaloninių dendroskalių iki šiol nebuvo.

TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA

Eksperimentinės medžiagos rinkimas

Dendrochronologinio (istorinio) monitoringo duomenų bazės kaupimui, spygliuočių metinio radialinio prieaugio dinamikos vertinimui ir medynų reakcijos į gamtinės aplinkos būklės pokyčius indikavimui skirta eksperimentinė medžiaga (gręžiniai) surinkta 1989–1997 metais 65-ių regioninio miškų monitoringo nuolatinių stebėjimo plotelių aplinkoje. Presslerio amžiaus grąžtu pagal dendrochronologinių tyrimų eksperimentinės medžiagos rinkimo metodiką [4; 5] buvo gręžiami gręžiniai. Iš viso pušies ir eglės etaloninių dendroskalių sudarymui panaudoti 1726 augan-

čių medžių metinio radialinio prieaugio analizės duomenys (apie 140 000 metinių rievų dendrochronologinė informacija).

Medžių metinių rievų matavimas ir matavimo duomenų standartizavimas

Medžių metinio radialinio prieaugio (metinių rievų pločio) matavimui ir matavimo rezultatų vertinimui naudota vokiečių gamybos medžių rievų matavimo sistema LINTAB bei kompiuterinių programų kompleksas TSAP. Matavimo tikslumas – $\pm 0,01$ mm. Pirminiai rievų matavimo duomenys įrašomi į diskelį. Tai palengvina tolesnį informacijos apdorojimą matematinės statistikos ir dendrochronologinės analizės metodais pagal specialias CATRAS ir TSAP programas, skirtas medžių metinių rievų matavimo duomenims datuoti, sinchronizuoti, metinių rievų vidurkiams skaičiuoti bei lokalinėms dendroskalėms sudaryti.

Metinėms rievėms datuoti ir medžių radialiniam prieaugiui sinchronizuoti naudotos pasaulinėje dendrochronologinių ir dendroindikacinių tyrimų praktikoje taikomos metodikos [1; 2 ir kt.], kurių pagrindu sudaryti CATRAS (R. W. Aniol and Fr. G. Schleswig, Germany) ir TSAP (Fr. Rinn and S. Jakel, Germany) programų komplektai. Naudotasi ir vietinėmis dendrochronologinių tyrimų metodikomis [4; 5].

Kaip žinoma, skirtingo amžiaus medžių rievų plotis labai įvairuoja. Jauname amžiuje jos yra gana plačios, vyresniame – siauros. Norint eliminuoti medžių amžiaus įtaką radialinio prieaugio dydžiui ir išryškinti prieaugio dinamikos ciklus, nulemtus klimato fono svyravimų, taip pat kad būtų patogiau palyginti radialinio prieaugio eilutes (dendroskales) iš skirtingų vietų, duomenys standartizuojami, t. y. skaičiuojami radialinio prieaugio indeksai. Indeksai yra santykiniai dydžiai, rodantys konkrečių kalendorinių metų radialinio prieaugio santykį su tų metų prieaugio norma. Prieaugio norma, arba vidutinis periodinis prieaugis, skaičiuojamas pagal formulę

$$Zr_{vid} = \frac{Zr_m + Zr_{m+1} + Zr_{m+2} + \dots + Zr_{(T-1)+m}}{T};$$

čia Zr_{vid} – prieaugio norma, arba vidutinis periodinis prieaugis; Zr_m ; Zr_{m+1} ; $Zr_{m+2} \dots Zr_{(T-1)+m}$ – tam tikrų kalendorinių metų metinis radialinis prieaugis; m – teigiamas skaičius; kai $T = 11$, $m = T-10$; T – išlyginimo periodas.

Metinio radialinio prieaugio indeksai (I_{Zr}) skaičiuojami pagal formulę

$$I_{Zr} = \frac{Zr\left(\frac{T-1}{2} + m\right)}{Zr_{vid}} \cdot 100\%;$$

čia $Zr\left(\frac{T-1}{2} + m\right)$ – konkrečių kalendorinių metų radialinis prieaugis T periodo viduryje.

Ilgalaikė dendrochronologinių tyrimų patirtis parodė, kad optimaliausia taikyti 11 išlyginimo metų periodą prieaugio normai skaičiuoti. Tai padeda objektyviau išryškinti 11 ir 22 metų Saulės aktyvumo ciklų poveikį medžių radialiniam prieaugiui.

Etaloninių dendroskalių sudarymas ir papildymas

Medžių metiniam radialiniam prieaugiui datuoti ir ryškiems prieaugio ekstremumams identifikuoti turi būti naudojami nesudėtingi metodai, paremti didele eksperimentinių duomenų baze. Tik tuo atveju įmanoma apibendrinti ir įvertinti dendrochronologinę informaciją, surinktą iš didesnio regiono [3].

Pirmasis dendroskalių sudarymo etapas yra medienos pavyzdžių datavimas ir metinio radialinio prieaugio duomenų sinchronizavimas. Atliekama vizualinė dviejų medžių rievų serijų sinchronizacija, atkreipiant dėmesį į ypač siauras metines rieves, jeigu buvo matuotas tik metinės rievės plotas, arba į vėlyvosios metinės rievės dalį metinėje rievėje, kai buvo matuota ankstyvoji ir vėlyvoji metinės rievės dalys atskirai. Taip tarpusavyje lyginant atliekama visų turimų medžių rievų serijų sinchronizacija. Vizualinė sinchronizacija kai kuriais atvejais pasirodė nepakankamai tiksli dėl “melagingų” arba “iškrentančių” rievų egzistavimo. Minėtoms rievėms aptikti panaudotas kryžminis datavimas pagal “pointer years” (ryškiai išsiskiriančius metus, vadinamus reperiniais). Šį terminą vartoja prof. F. H. Schweingruber [3] metinių rievų kokybei ir kiekybei vertinti. “Pozityviais” metais jis vadina tokius metus, kai normalaus pločio metinėje rievėje susiformuoja plati vėlyvosios medienos dalis, o “negatyviais”, – kai vėlyvoji metinės rievės dalis būna labai siaura. Vertinant tik pagal metinės rievės plotį, “negatyviais” metais laikomi siaurų rievų, “pozityviais” – plačių rievų metai. Tai labai svarbu datuojant ir sinchronizuojant lokales skales, nes ryškiai išsiskiriančių metų rievės labai skiriasi nuo prieš ir po jų esančių rievų savo pločiu ir ankstyvosios bei vėlyvosios medienos santykiu metinėje rievėje. Pagal “negatyvių” metų rieves lokalinės skirtingų objektų dendroskalės sinchronizuojamos tarpusavyje. Jos lyginamos su jau turima etalonine dendroskale. Neturint etaloninės dendroskalės, gali būti lyginamos ir su etaloninio medyno prieaugiu. Pageidautina, kad tarpusavyje lyginamos dendroskalės sutaptų ne mažiau kaip 10–15 metų intervalais.

Nustačius ryškiai išsiskiriančių metų tapatumą vizualiai, skaičiuojamas panašumo koeficientas. Naudojamos labai panašios Huberio (cit. pagal Bitvinską [8]) ir T. Bitvinsko [8] formulės. Huberis lygina nesutampančių (asinchroniškų) rievų skaičių su visu tiriamojoje dendroskalėje esančių rievų skaičiumi:

$$G = \frac{n^- \cdot 100}{n - 1}.$$

T. Bitvinskas [8] šią formulę modifikavo, palyginamas sutampančią (sinchroniškų) rievių skaičius su visu lygintų rievių skaičiumi:

$$C_x = \frac{n^+ \cdot 100}{n - 1};$$

čia G ir C_x – panašumo ir sinchroniškumo koeficientai; n^- – nesutampančios krypties rievių skaičius; n^+ – sutampančios krypties rievių skaičius; n – visas lygintų rievių skaičius.

Taikydami šią formulę, lyginome sutampančius ir nesutampančius medžių metinio radialinio prieaugio indeksus.

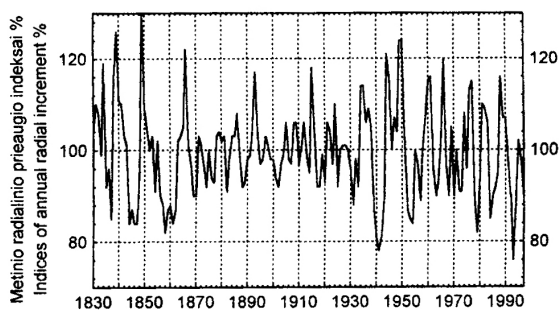
Mūsų skaičiavimais, apie 10–15% medžių kiekviename tyrimo barelyje yra asinchroniška prieaugio dinamika. Toliau tiriant jie nebuvo naudojami. Taip pat toliau sudarydami etalonines dendroskales, nebe-naudojame lokaliųjų dendroskalių su mažesniu kaip 50% sinchroniškumo koeficientu C_x .

Sudarant naujas dendroskales, panaudota ir anksčiau mūsų surinktoji ir išanalizuotoji dendrochronologinė informacija. Ankstesniaisiais metais mūsų datuotų ir sinchronizuotų dendroskalių pagal augimvietes ir miško tipus radialinio prieaugio sinchroniškumo koeficientai C_x siekia 75–80% miškų urėdijos ribose, 65–70% – respublikos ribose [11]. Šiose ribose radialinio prieaugio sinchroniškumo koeficientai C_x svyruoja ir naujausiose patikslintose bei papildytose dendroskalėse.

TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APITARIMAS

Pušies ir eglės etaloninės dendroskalės

Sinchroniški cikliniai medžių radialinio prieaugio svyravimai, nustatyti dendroekologiniais ir dendrochronologiniais tyrimais ir išreikšti etaloninėse dendroskalėse (standartinėse radialinio prieaugio eilutėse), išplečia šios ekologijos mokslo šakos galimybes. Dendrochronologinę informaciją, ypač etaloninėse dendroskalėse pastebimus cikliškus svyravimus galima panaudoti kaip kontrolę (normą ar standartą) gamtinės



1 pav. Pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika brukniniuose ir brukniniuose-mėlyniniuose pušynuose

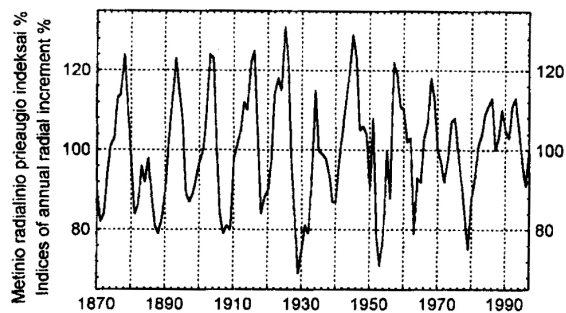
Fig. 1. Dynamics of annual radial increment indices of Pine (*Pinus sylvestris* (L.)) in Pinetum vacciniosum and Pinetum vaccinio-myrttillosum forest types

1 lentelė. Pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) etaloninė dendroskalė brukniniuose ir brukniniuose-mėlyniniuose pušynuose (1830–1997)

Table 1. Masterchronology of Pine (*Pinus sylvestris* (L.)) in Pinetum vacciniosum and Pinetum vaccinio-myrttillosum forest types (1830–1997)

Dešimt-mečiai	Metai									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Metinio radialinio prieaugio indeksai %										
183	104	110	108	99	119	92	96	85	116	126
184	111	110	103	101	84	87	84	84	96	130
185	109	104	100	103	91	102	90	88	82	87
186	88	84	87	102	103	105	122	101	97	90
187	90	103	101	97	92	100	94	93	103	104
188	102	103	91	98	103	103	108	99	92	93
189	98	99	105	117	103	97	98	103	101	98
190	98	94	92	97	99	106	98	97	106	106
191	97	101	106	99	95	118	104	92	92	99
192	93	106	104	97	110	92	100	101	101	100
193	96	88	98	92	114	114	106	109	105	87
194	81	78	81	90	121	116	100	107	104	124
195	124	101	87	85	84	100	97	89	101	107
196	115	116	96	90	93	103	120	97	90	105
197	90	100	91	91	108	96	113	115	89	82
198	94	110	109	106	85	90	92	95	116	107
199	107	97	89	76	90	102	98	90	–	–

Pastaba. Augančių medžių, kurių radialinio prieaugio duomenys buvo panaudoti dendroskalės sudarymui, skaičius: 1830–1869 metais – 50, 1870–1897 metais – 132, 1898–1967 metais – 287, 1968–1982 metais – 386, 1983–1997 metais – 199.



2 pav. Pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika viksviniuose-kimininiuose pušynuose
Fig. 2. Dynamics of annual radial increment indices of Pine (*Pinus sylvestris* (L.)) in Pinetum carecoso-sphagnosum forest types

aplinkos pokyčiams, miško ir agrarinių ekosistemų produktyvumui vertinti ir prognozuoti.

Pateikiamos Lietuvos spygliuočių – paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) bei paprastosios eglės (*Pice abies* (L.) Karsten) etaloninės dendroskalės sudarytos medžių rūšims pagal augimviečių sąlygų (drėgnumo bei derlingumo) bei miško tipus. Labai artimi augimviečių bei miško tipai sujungti, sudarant platesnį aplinkos sąlygų diapazoną indikuojančias dendroskalės.

Pušies etaloninė dendroskalė brukniniuose ir brukniniuose-mėlyniniuose pušynuose apibendrina radialinį prieaugį sausesnėse augimvietėse (1 pav.). Ji 166 metų ilgio, t. y. nuo 1830 iki 1997 metų. Šios dendroskalės sudarymui panaudoti 509 augančių medžių metinio radialinio prieaugio duomenys. Iš jų 1983–1997 metų metinio radialinio prieaugio būklę atspindi

di 199 medžių duomenys. 1 lentelėje pateikti etaloninė dendroskalėje apibendrinti brukninių ir brukninių-mėlyninių pušynų metinio radialinio prieaugio indeksai.

Mėlyninių-kimininių pušynų dendroskalės (2 pav.), charakterizuojančios laikinai perteklingo drėgnumo ir pelkėjančiose augimvietėse augančių pušų metinį radialinį prieaugį, pagrindas yra mūsų sudaryta [12] etaloninė dendroskalė 1870–1978 metų laikotarpiui. Dendroskalės papildymui 1979–1997 metais panaudoti per 200 medžių gręžiniai. Iš viso šiai 126 metų ilgio dendroskalei panaudoti 457 augančių medžių metinio radialinio prieaugio duomenys, kurie prieš tai buvo duotai, t. y. nustatyta kiekvieno metinio radialinio prieaugio dydžio priklausomybė konkrečioms kalendoriniams metams bei tarpusavyje sinchronizuoti. Mėlyninių-kimininių pušynų etaloninės dendroskalės metinio radialinio prieaugio indeksai pateikti 2 lentelėje.

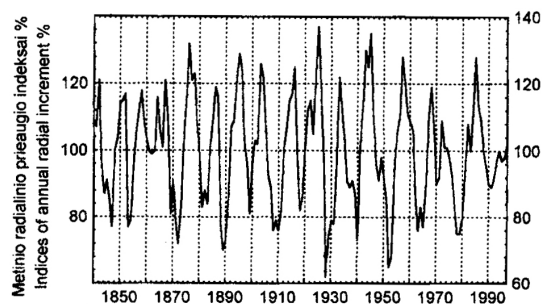
Viksvinių-kimininių pušynų etaloninės dendroskalės, apibendrinančios pelkinėse augimvietėse augančių pušų radialinio prieaugio dinamiką (3 pav.) pagrindas, – 1978 metais sudaryta dendroskalė iš 304 augančių pušų metinio radialinio prieaugio duomenų. Ji papildyta 196 naujų medžių duomenimis, duotais ir sinchronizuojant kiekvieną kalendorinių metų rievės duomenis. Viksvinių-kimininių pušynų dendroskalės trukmė – 158 metai (1840–1997). Šios dendroskalės metinio radialinio prieaugio indeksai pateikti 3 lentelėje.

Kiškiakopūstinių ir mėlyninių-kiškiakopūstinių eglynų etaloninė dendroskalė (4 pav.) sudaryta atskirais laikotarpiais panaudojant nuo 178 iki 347 medžių prieaugio analizės duomenis. Ji apima 1870–1997 metus. 4 lentelėje pateikti šioje etaloninėje

2 lentelė. Pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) etaloninė dendroskalė mėlyniniuose-kimininiuose pušynuose (1870–1997)
Table 2. Masterchronology of Pine (*Pinus sylvestris* (L.)) in Pinetum myrtillo-sphagnosum forest types (1870–1997)

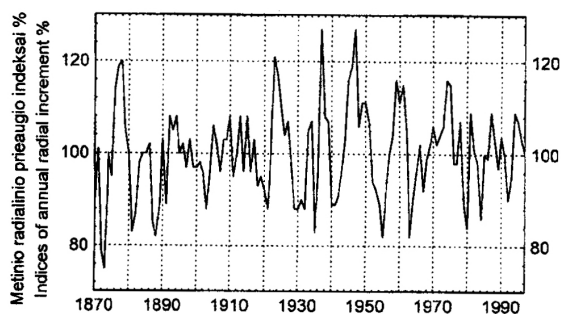
Dešimtmečiai	Metai									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Metinio radialinio prieaugio indeksai %									
187	90	82	84	94	101	103	113	114	124	111
188	97	84	86	96	92	98	88	81	79	83
189	90	103	112	123	115	108	89	87	84	93
190	97	100	109	124	123	100	84	79	81	80
191	98	101	105	112	110	122	125	103	84	88
192	90	97	114	118	115	131	121	97	82	69
193	75	81	79	96	115	100	99	98	94	87
194	87	98	105	112	120	129	123	105	106	104
195	90	108	78	71	79	100	88	122	119	111
196	110	102	103	79	93	92	103	107	118	113
197	100	97	92	98	107	108	100	92	83	75
198	88	93	101	104	109	111	113	100	103	110
199	105	103	111	113	105	97	91	100	–	–

Pastaba. Augančių medžių, kurių metinio radialinio prieaugio duomenys buvo panaudoti dendroskalės sudarymui, skaičius: 1870–1887 metais – 125, 1888–1916 metais – 275, 1917–1975 metais – 350, 1976–1997 metais – 289.



3 pav. Pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika mėlyniniuose-kimininiuose pušynuose

Fig. 3. Dynamics of annual radial increment indices of Pine (*Pinus sylvestris* (L.)) in Pinetum myrtillo-sphagnosum forest types



4 pav. Eglės (*Pice abies* (L.) Karsten) metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika kiškiakopūstiniuose ir mėlyniniuose-kiškiakopūstiniuose eglynuose

Fig. 4. Dynamics of annual radial increment indices of Spruce (*Pice abies* (L.) Karsten) in Piceetum oxalidosum and Piceetum myrtillo-oxalidosum forest types

dendroskalėje apibendrinti metinio radialinio prieaugio indeksai.

Pateiktosios etaloninės skalės skiriasi absoliučiais dydžiais. Bet jos, ypač atstovaujančios panašaus drėgnumo augimvietėms, yra sinchroniškos prieaugio ekstremumais, t. y. charakteringais minimumais ir maksimumais. Laikiniai perteklingo drėgnumo, pelkėjančiose, o ypač pelkinėse augimvietėse, kur augimą limituojantys veiksniai yra drėgmės perteklius ir šilumos trūkumas, medžių radialinio prieaugio minimumai stebimi vėsiais, lietingais bei didelio Saulės aktyvumo metais: 1846–1847, 1871–1873, 1888–1891, 1907–1910, 1929–1931, 1939–1940, 1952–1954, 1963–1965, 1979–1981 ir 1990–1992. Gero šlapių augim-

viečių spygliuočių prieaugio ir palankių augimui klimato sąlygų metais laikytini 1842, 1857–1858, 1867–1868, 1875–1877, 1886–1887, 1894–1896, 1903–1904, 1914–1916, 1924–1926, 1933–1934, 1942–1945, 1957–1959, 1967–1968, 1984–1986 metai.

Sausesnėse augimvietėse augantiems spygliuočiams limituojantys aplinkos veiksniai yra drėgmės trūkumas ir žema vegetacijos periodo oro temperatūra. Todėl sausesnių augimviečių metinio radialinio prieaugio dinamika šiek tiek skiriasi nuo laikinai perteklingo drėgnumo, pelkėjančiose bei pelkinėse augimvietėse augančių. Tam tikrais laikotarpiais, pvz., sausrų ar keletą metų trunkančių lietingų periodų metu, ji gali būti net asinchroniška (žr. 1 ir 3 pav.).

3 lentelė. Pušies (*Pinus sylvestris* (L.)) etaloninė dendroskalė viksviniuose-kimininiuose pušynuose (1840–1997)

Table 3. Masterchronology of Pine (*Pinus sylvestris* (L.)) in Pinetum careoso-sphagnosum forest types (1840–1997)

Dešimt-mečiai	Metai									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Metinio radialinio prieaugio indeksai %									
184	109	107	121	96	87	91	85	77	100	104
185	114	115	117	77	79	95	105	111	118	109
186	103	100	99	100	116	106	101	121	109	81
187	91	79	72	84	103	115	132	121	123	108
188	99	83	88	84	102	109	119	116	78	70
189	73	87	107	109	121	129	124	103	96	81
190	96	103	102	126	122	108	93	89	76	79
191	79	82	102	107	115	117	125	98	82	86
192	101	112	115	105	122	137	120	99	62	74
193	79	78	97	122	113	104	91	89	91	87
194	73	101	114	130	125	135	111	96	91	98
195	92	85	65	68	94	105	110	128	120	111
196	109	106	86	76	83	77	90	110	119	108
197	90	92	109	101	101	98	92	82	75	75
198	80	95	108	110	118	128	113	110	100	95
199	90	89	92	97	100	97	98	102	–	–

Pastaba. Augančių medžių, kurių radialinio prieaugio duomenys buvo panaudoti dendroskalės sudarymui, skaičius: 1840–1869 metais – 65, 1870–1896 metais – 143, 1897–1969 metais – 304, 1970–1978 metais – 105, 1979–1997 metais – 91.

4 lentelė. Eglės (*Pice abies* (L.) Karsten) etaloninė dendroskalė kiškiakopūstiniuose ir mėlyniniuose-kiškiakopūstiniuose eglynuose (1870–1997)

 Table 4. Masterchronology of Spruce (*Pice abies* (L.) Karsten) in Piceetum oxalidosum and Piceetum myrtillo-oxalidosum forest types (1870–1997)

Dešimt-mečiai	Metai									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Metinio radialinio prieaugio indeksai %									
187	90	101	79	75	100	95	114	119	120	105
188	100	83	87	98	100	100	102	85	82	88
189	103	89	108	105	108	100	102	97	103	97
190	97	98	96	88	96	106	102	96	103	103
191	108	95	100	108	96	108	96	103	93	95
192	92	88	101	121	117	110	104	107	97	88
193	88	90	88	105	107	83	96	127	108	107
194	89	89	91	96	103	116	119	127	106	111
195	111	107	94	92	89	82	92	100	104	116
196	111	115	106	82	90	96	102	92	99	102
197	106	102	104	106	116	115	98	98	107	89
198	84	109	101	98	86	100	99	109	103	97
199	104	100	90	95	108	107	103	100	–	–

Pastaba. Augančių medžių, kurių radialinio prieaugio duomenys buvo panaudoti dendroskalės sudarymui, skaičius: 1870–1884 metais – 178, 1885–1989 metais – 254, 1990–1991 metais – 304, 1992–1997 metais – 249.

Didžiausios prieaugių svyravimų amplitudės būdingos laikinai perteklingo drėkinimo, pelkėjančiose ir pelkinėse augimvietėse mėlyniniuose-kimininiuose ir viksviniuose-kimininiuose pušynuose augančioms pušims, mažiausios – sausuminėse augimvietėse.

Vertinant spygliuočių medžių metinio radialinio prieaugio būklę pastarųjų 1970–1997 metų laikotarpiu, pastebimi du ryškūs visoms aptariamoms etaloninėms dendroskalėms prieaugio ekstremumai. Tai 1979–1980 ir 1991–1994 metų prieaugio minimumai. Pušynų prieaugio mažėjimo tendencija pastebima jau nuo 1989 metų, o eglynų – net nuo 1981 metų. Tai, be abejo, nulemta komplekso nepalankių aplinkos veiksnių (nepalankių klimato sąlygų didėjančio foninio aplinkos užterštumo ir kt.) bei susiję su Saulės aktyvumo dinamika. 1988 metais prasidėjo eilinis Saulės aktyvumo didėjimas, pasiekęs maksimumą 1990–1991 metais. Tada jo aktyvumas siekė daugiau kaip 150 W. Šiuo metu baigiasi Saulės aktyvumo maksimumas 22 metų cikle ir prasidės eilinis minimumas. 1994 metais saulės aktyvumas buvo dar gana aukštas (per 50 W), bet kompleksas jo nulemtų klimatinų sąlygų normalizuojasi. Visuose tyrimo objektuose 1995–1997 m. pastebimos prieaugio stabilizavimosi tendencijos, tačiau žymesnio prieaugio padidėjimo (lyginant su daugiamete prieaugio norma) nei sausesnėse, nei šlapiose augimvietėse neužfiksuota.

Ilgalaikės didelio tikslumo etaloninės dendroskalės gali būti panaudotos kaip vienas iš metodų miško ekosistemų degradacijai, taip pat gamtinės aplinkos būklei vertinti.

Spygliuočių metinio radialinio prieaugio aproksimacija ir prognozės

Retrospektyvią medžių metinio radialinio prieaugio analizę derinant su aproksimuotais duomenimis ir prognozėmis, įmanoma ne tik vertinti prieaugio ir gamtinės aplinkos būklę praeityje, bet ir numatyti jos būsimus pokyčius tam tikram ateities periodui.

Radialiniam prieaugiui aproksimuoti ir prognozuoti, panaudojant jo dinamikos ciklišumą, naudotina daugiaperiodinė Berr, Liberman, Šijatov [6] funkcija su linijiniu trendu:

$$Y(t) = a + bt + \sum_{j=1}^n A_j \cos\left(\frac{2\pi t}{T_j} - \varphi_j\right);$$

čia $Y(t)$ – metinis radialinis prieaugis; $a + bt$ – linijinis trendas; A_j , T_j , φ_j – j -osios kosinusoidės amplitudė, periodas ir fazė.

Kadangi šioje formulėje b reikšmė yra labai nedidelė ($b = 0,015$), o mūsų pristatomos etaloninės dendroskalės neilgos, vietoj linijinio trendo $a + bt$ tikslinga naudoti indeksų vidurkių A_0 . Mūsų etaloninių dendroskalių metinio radialinio prieaugio indeksų aproksimacijai ir prognozei naudota analogiška nežymiai modifikuota formulė:

$$Y_{(t)} = A_0 + \sum_{j=1}^n A_j \cos\left(\frac{2\pi t}{T_j} - \varphi_j\right);$$

čia $Y_{(t)}$ – metinio radialinio prieaugio indeksas faktinio arba prognozuojamo amžiaus t -aisiais metais; A_0 – indeksų vidurkis; A_j , T_j , φ_j – j -osios kosinusoidės amplitudė, periodas ir fazė.

Parengta speciali programa asmeniniam kompiuteriui, įgalinanti aproksimuoti, prognozuoti ir skaičiuoti radialinio prieaugio eilių sinchroniškumą (autorė – dr. J. Vencloviėnė).

Pagal aukščiau pateiktas paprastosios pušies etalonines dendroskales brukniniuose ir brukniniuose-mėlyniniuose, mėlyniniuose-kimininiuose bei viksviniuose-kimininiuose pušynuose bei paprastosios eglės dendroskalę kiškiakopūstiniuose ir mėlyniniuose-kiškiakopūstiniuose eglynuose sudaryti metinio radialinio prieaugio indeksų aproksimaciniai ir prognostiniai modeliai, 5–8 paveiksluose pateiktas grafinis etaloninių dendroskalių ir aproksimuotų bei prognozuojamų metinio radialinio prieaugio indeksų palyginimas.

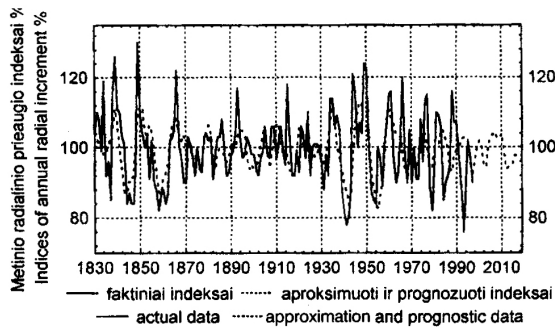
Metinio radialinio prieaugio indeksų prognozių koeficientai pateikti 5 lentelėje. Kaip ir etaloninių den-

droskalių atveju, didžiausios prieaugių svyravimų amplitudės būdingos viksviniams-kimininiams ir mėlyniniams-kimininiams pušynams bei kiškiakopūstiniams ir mėlyniniams-kiškiakopūstiniams eglynams, mažiausios – sausuminėse augimvietėse augantiems pušynams.

Etaloninių dendroskalių ir aproksimuoto bei prognozuojamo radialinio prieaugio eilių dinamikos sinchroniškumas gana didelis (žr. 5–8 pav.). Sinchroniškumo koeficientas C_x siekia 62–72%. Tai rodo ciklinių modelių kūrimo ir jų panaudojimo prognozei tinkamumą ir tikslumą.

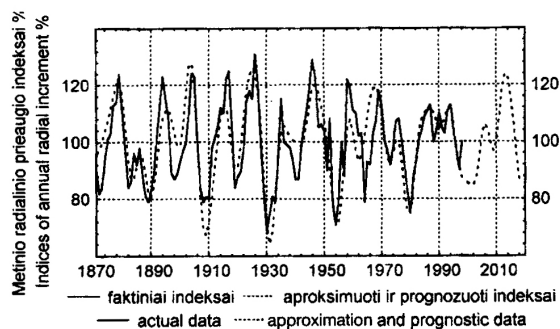
Prognozės pateikiamos neilgam (20-ies metų) atėities laikotarpiui, todėl jas galima gana patikimai naudoti gamtinės aplinkos būklės pokyčiams vertinti.

Kaip matyti 6–8 paveiksluose, perteklingo drėkinimo, pelkėjančiose ir pelkinėse augimvietėse apie



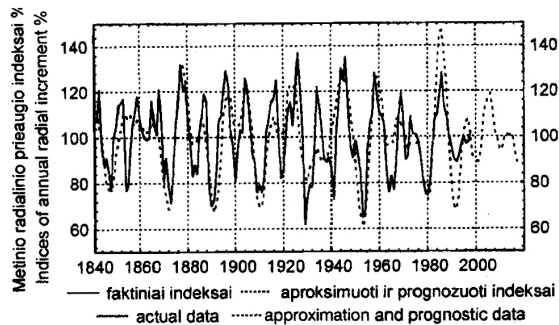
5 pav. Faktinių, aproksimuotų (1830–1997) ir prognozuojamų (1998–2016) pušies metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika brukniniuose ir brukniniuose-mėlyniniuose pušynuose

Fig. 5. Dynamics of actual, approximation (1830–1997) and prognostic (1998–2016) annual radial increment indices of Pine in Pinetum vacciniosum and Pinetum vaccinio-myrttilosum forest types



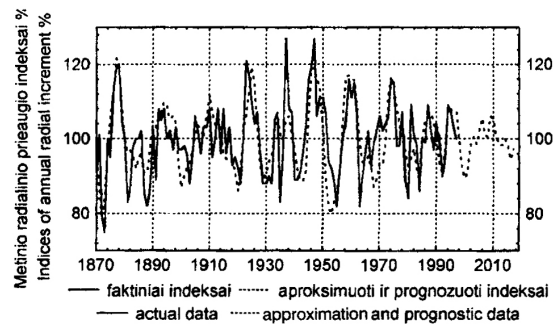
6 pav. Faktinių, aproksimuotų (1830–1997) ir prognozuojamų (1998–2018) pušies metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika viksviniuose-kimininiuose pušynuose

Fig. 6. Dynamics of actual, approximation (1830–1997) and prognostic (1998–2018) annual radial increment indices of Pine in Pinetum carecoso-sphagnosum forest types



7 pav. Faktinių, aproksimuotų (1830–1997) ir prognozuojamų (1998–2018) pušies metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika mėlyniniuose-kimininiuose pušynuose

Fig. 7. Dynamics of actual, approximation (1830–1997) and prognostic (1998–2018) annual radial increment indices of Pine in Pinetum myrttilo-sphagnosum forest types



8 pav. Faktinių, aproksimuotų (1830–1997) ir prognozuojamų (1998–2018) eglės metinio radialinio prieaugio indeksų dinamika kiškiakopūstiniuose ir mėlyniniuose-kiškiakopūstiniuose eglynuose

Fig. 8. Dynamics of actual, approximation (1830–1997) and prognostic (1998–2016) annual radial increment indices of Spruce in Piceetum oxalidosum and Piceetum myrttilo-oxalidosum forest types

5 lentelė. Aproximuotų ir prognozuojamų metinio radialinio prieaugio indeksų koeficientai

Table 5. Coefficients of approximation and prognostic annual radial increment indices

Eil. Nr.	Reikšmingumas (Pj)	Amplitudė %	Fazė	Periodo ilgis m.
Brukinių ir brukinių-mėlyninių pušynų etaloninė dendroskalė				
1	243,54	4,63	-2,68	14
2	183,06	3,71	-0,53	12
3	138,66	2,06	0,94	5
4	128,85	2,52	2,19	8
5	104,19	3,25	2,30	16
6	74,22	1,65	2,84	6
7	59,32	1,04	2,53	3
8	56,41	2,14	0,23	13
9	55,11	1,94	-0,89	11
10	47,72	1,63	1,33	9
11	35,27	2,07	1,32	19
12	23,65	1,74	0,17	20
Vikvinių-kimininių pušynų etaloninė dendroskalė				
1	1454,42	9,30	1,49	9
2	1163,87	8,78	-2,55	10
3	587,54	7,15	0,74	13
4	581,00	6,82	0,16	12
5	360,72	7,22	-0,57	21
6	273,71	6,44	-1,71	22
7	249,37	5,02	-1,24	15
8	240,05	4,75	-3,06	14
9	210,19	5,37	0,57	20
10	177,46	1,86	2,32	3
11	117,46	4,32	-2,83	23
12	98,32	3,26	2,27	16
Mėlyninių-kimininių pušynų etaloninė dendroskalė				
1	713,11	8,07	0,30	11
2	589,01	6,98	-2,72	10
3	414,82	6,44	-2,32	12
4	295,18	4,68	-0,74	9
5	290,82	4,37	0,83	8
6	248,85	6,90	2,31	22
7	233,22	6,84	1,55	23
8	168,89	5,54	3,10	21
9	167,37	2,86	-1,99	6
10	161,93	5,84	0,82	24
11	145,93	4,45	-2,86	16
12	131,89	3,79	-1,20	13
Kiškiakopūstinių ir mėlyninių-kiškiakopūstinių eglynų etaloninė dendroskalė				
1	321,31	5,67	-2,34	12
2	227,22	2,71	1,29	4
3	182,94	3,23	0,15	7
4	148,33	3,50	-1,50	10
5	125,30	3,69	0,23	13
6	123,51	4,09	-2,51	16
7	114,99	3,68	-2,11	14
8	85,20	2,36	-0,26	8
9	71,91	2,56	0,84	11
10	68,15	2,25	-0,45	9
11	65,98	3,09	2,77	17
12	58,42	1,19	-2,18	3

2000 metus (1999–2002) reikėtų laukti metinio radialinio prieaugio minimumo. Tai gali būti siejama su ekoklimatinių sąlygų pablogėjimu šiose augimvietėse. Be abejo, tai turės įtakos ne tik medienos prieaugiui miško ekosistemose, bet ir miško ekosistemų produktyvumui bei stabilumui. Sausesnėse augimvietėse (žr. 5 pav.) tuo laikotarpiu prognozuojami medžių metinio radialinio prieaugio indeksai tik nežymiai nukrypsta nuo vidutinės daugiametės prieaugio normos (mūsų tyrimuose prilygintos 100%). Tai leidžia manyti, kad aptariamam laikotarpiu miško ekosistemų aplinkos veiksnių komplekse svarbiausias veiksnys gali būti drėgmės perteklius, kuris bus limituojantis perteklingo drėkinimo, pelkėjančiose ir pelkinėse augimvietėse, bet neutralus – sausesnėse. Prognozuojamo medžių prieaugio ir miško ekosistemų produktyvumo padidėjimo reikia laukti apie 2006–2010 metus.

Gauta
1998 01 15

Literatūra

1. Eckstein D. *Qualitative assessment of past environmental changes. Methods of dendrochronology*. Applications in the environmental sciences Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 1989. P. 220–223.
2. Fritts H. C. *Tree rings and climate*. (Reprinted by courtesy of Academic Press.) Warsaw. 1987. Vol. 2. 567 p.
3. Schweingruber F. H. *Dendroecological information in pointer years and abrupt growth changes. Methods of dendrochronology*. Applications in the environmental sciences. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 1989. P. 277–283.
4. Stravinskienė V. *Medžių gręžinių paėmimas ir radialinio prieaugio matavimas, atliekant dendrochronologinius ir dendroindikacinius tyrimus. Metodinės rekomendacijos*. Kaunas–Girionys. 1994. 24 p.
5. Stravinskienė V. Pušynų dendroekologiniai tyrimai ir jų taikymas miesto gamtinės aplinkos būklės indikacijai. *Ekologija*. 1997. Nr. 2. P. 64–74.
6. Берри Б. Л., Либман А. А., Шиятов С. Г. Периодические колебания индексов прироста лиственницы сибирской в Тазовской лесотундре и их прогноз. *Экология*, Москва Наука. 1979. 6. С. 22–26.
7. Битвинскас Т. Т. *Динамика прироста сосновых насаждений Литовской ССР и возможности его прогноза. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук*. Москва. 1966. 15 с.
8. Битвинскас Т. Т. *Дендроклиматические исследования*. Ленинград: Гидрометеиздат. 1974. 172 с.
9. Битвинскас Т. Т. *Биоэкологические основы дендроклиматохронологических исследований. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук*. Свердловск. 1984. 50 с.
10. Кайрюкшис Л. А., Стравинскене В. П. *Мастхронология суходольных сосняков Куршской косы. Денд*

- роклиматологические шкалы Советского Союза. Ч. 4. Каунас. 1987. С. 13–14.
11. Стравинскене В. П. Дендроклиматологический анализ прироста деревьев в гидромелиоративных лесах Литовской ССР (дендроиндикация лесосоошения). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Москва. 1981. 21 с.
 12. Стравинскене В. П. Единные дендрохронологические шкалы осоково-сфагновых и долгомошных сосняков Литвы. Дендроклиматологические шкалы Советского союза. Ч. 2. Каунас. 1981. С. 39–46.

V. Stravinskienė

MODERN MASTERCHRONOLOGIES AND PROGNOSIS OF ANNUAL RADIAL INCREMENT OF CONIFERS – SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* (L.) AND NORWAY SPRUCE (*Pice abies* (L.) Karsten) – IN LITHUANIA

S u m m a r y

Using methods of dendrochronology and dendroecology dynamics of annual radial increment of conifer trees in forest ecosystems of Lithuania was studied.

Modern masterchronologies of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.) and Norway spruce (*Pice abies* (L.) Karsten) in *Pinetum vacciniosum* and *Pinetum vaccinio-myrtillosum* forest sites (1830–1997), *Pinetum myrtillo-sphagnosum* (1870–1997), *Pinetum carecoso-sphagnosum* (1840–1997), *Piceetum oxalidosum* and *Piceetum myrtillo-oxalidosum* (1870–1997) are created in Lithuania (Figs. 1–4, Tables 1–4).

The freecast models of approximation and prognostic (1998–2017) indices of annual radial increment have been calculated (Figs. 5–8). Coefficients of approximation and prognostic annual radial increment indices are presented (Table 5).

Key words: methods of dendrochronology and dendroecology, masterchronologies of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.) and Norway spruce (*Pice abies* (L.) Karsten), approximation and prognosis of radial increment

В. Стравинскене

НОВЕЙШИЕ ЭТАЛОННЫЕ ДЕНДРОШКАЛЫ И ПРОГНОЗ ГОДИЧНОГО РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ХВОЙНЫХ – СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* (L.)) И ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pice abies* (L.) Karsten) В ЛИТВЕ

Р е з ю м е

Методами дендрохронологии и дендрэкологии исследована динамика годичного радиального прироста хвойных деревьев в лесных экосистемах Литвы.

Созданы и представлены новейшие эталонные дендрошкалы (ряды годичного радиального прироста) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* (L.)) в типах леса *Pinetum vacciniosum* и *Pinetum vaccinio-myrtillosum* (1830–1997), *Pinetum myrtillo-sphagnosum* (1870–1997), *Pinetum carecoso-sphagnosum* (1840–1997) и ели обыкновенной (*Pice abies* (L.) Karsten) в типах леса *Piceetum oxalidosum* и *Piceetum myrtillo-oxalidosum* (1870–1997) (рис. 1–4, табл. 1–4). Созданы циклические модели аппроксимированного и прогнозируемого годичного радиального прироста (рис. 5–8), приведены коэффициенты аппроксимированных и прогнозируемых индексов (табл. 5).

Ключевые слова: дендрохронологические и дендроиндикационные методы, эталонные дендрошкалы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* (L.)) и ели обыкновенной (*Pice abies* (L.) Karsten), аппроксимация и прогноз годичного радиального прироста деревьев