

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Ugnė Usele

**CeO<sub>2</sub> nanodalelių įtakos skaidrių akrilinių ir  
poliuretaninių medienos dangų laidumui UV  
spinduliams tyrimas**

Magistro darbas

Darbo vadovė: doc. dr. Kristina Ukvalbergienė

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Medžiagų inžinerijos katedros vedėja  
doc. dr. Vaida Jonaitienė

Ugnė Usele

**CeO<sub>2</sub> nanodalelių įtakos skaidrių akrilinių ir  
poliuretaninių medienos dangų laidumui UV  
spinduliams tyrimas**

Magistro darbas

**Recenzentas**

lekt. Darius Minelga  
2015-05-29

**Vadovė**

doc. dr. Kristina Ukvalbergienė  
2015-05-29

**Atliko**

DM-3 gr. stud.  
Ugnė Usele  
2015-05-29

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Ugnė Uselė

(Studento vardas, pavardė)

Medienos inžinerija (621J53001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „CeO<sub>2</sub> nanodalelių įtakos skaidriu akriliniu ir poliuretaniniu medienos dangų laidumui UV spinduliams tyrimas“

### AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 29 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Ugnės Uselės** baigiamasis projektas tema „CeO<sub>2</sub> nanodalelių įtakos skaidriu akriliniu ir poliuretaniniu medienos dangų laidumui UV spinduliams tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Įvairių metalų oksidų nanodalelių savybės	25
<b>2 lentelė.</b> Neorganinių ir organinių UV sugėriklių savybių palyginimas ( <i>Cayton R.</i> )	27
<b>3 lentelė.</b> Bandinių žymėjimas	36
<b>4 lentelė.</b> PU ir AK lakų tipai su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijos	37
<b>5 lentelė.</b> CeO <sub>2</sub> nanodalelių dispersijos techninės charakteristikos	38
<b>6 lentelė.</b> Impregnanto techninės charakteristikos	38
<b>7 lentelė.</b> Akrilinio lako techninės charakteristikos	38
<b>8 lentelė.</b> Poliuretaniinio lako techninės charakteristikos	38
<b>9 lentelė.</b> Gruntinių dažų techninės charakteristikos	39
<b>10 lentelė.</b> Bandinių parametrai	42
<b>11 lentelė.</b> PU ir AK apdailos medžiagų sausos plėvelės storių vidurkis, μm	43
<b>12 lentelė.</b> Hidrometeorologiniai parametrai	55

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Struktūrinė celiuliozės formulė ( <i>Stephan Vollmer, 2008</i> )	12
<b>2 pav.</b> Lignino tipai: (a) siringil, (b) gvajacil, (c) p-hidroksifenil ligninas ( <i>Chen 2014</i> )	14
<b>3 pav.</b> Tracheidės ląstelės sandara, celiuliozės, hemiceliuliozės ir lignino kiekiai atskirose ląstelės sluoksniuose: a) celiuliozė, b) ligninas, c) hemiceliuliozė ( <i>R. Sam Williams 2005</i> )	17
<b>4 pav.</b> Pušies medienos skersinis paviršius, prieš ir po sendinimo (1000 h po UV spinduliuote, ( $l > 220 \text{ nm}$ , 1000×)), ( <i>R. Sam Williams 2005</i> )	17
<b>5 pav.</b> Akrilato (1) ir metilakrilato rūgšties (2) esteriai ( <i>Bulian ir Graystone 2009</i> )	19
<b>6 pav.</b> Akrilato (1) ir metilakrilato (2) esteriai, R = Metil(-CH <sub>3</sub> ), Etil (-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> ) ir pan. ( <i>Bulian ir Graystone 2009</i> )	20
<b>7 pav.</b> Uretanas (3), susiformavęs izocianato (1) ir alkoholio (2) reakcijoje ( <i>Goldschmidt ir Streitberger 2003</i> )	21
<b>8 pav.</b> Polimerų fotooksidacija ( <i>Wicks Z.W ir kiti, 2007</i> )	23
<b>9 pav.</b> UV stabilizatorių fotocheminės reakcijos, P – polimeras, P* – sužadintas polimeras ( <i>Wicks Z.W ir kiti, 2007</i> )	24
<b>10 pav.</b> TiO <sub>2</sub> ir CeO <sub>2</sub> nanodalelių fotokatalitinis aktyvumas, % ( <i>Herrling T. 2003</i> )	27
<b>11 pav.</b> 50 μm storio nanodangų, kuriose yra 2% ZnO, CeO <sub>2</sub> ir TiO <sub>2</sub> nanodalelių, pralaidumo spektrai ( <i>Cayton R.</i> )	27
<b>12 pav.</b> HALS junginių veikimo modelis pagal „Denisovo ciklą“ ( <i>Schaller C. 2009</i> )	28
<b>13 pav.</b> HALS junginys, R <sub>2</sub> = H, alkil, alkanoil, alkoksi ( <i>Vollmer, 2008</i> )	29
<b>14 pav.</b> Bandinys: 1 – nutraukimo cilindras; 2 – sanklija; 3 – apdaila; 4 – mediena	40
<b>15 pav.</b> Natūralaus bandinių sendinimo stendas	41
<b>16 pav.</b> Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK ir PU	45

	laku su 0, 3 ir 7 % CeO <sub>2</sub> , adhezijos stipris prieš ir po 5 sendinimo mėnesių	
<b>17 pav.</b>	PU lako plėvelių su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijomis UV-VIS spektrai	46
<b>18 pav.</b>	AK lako plėvelių su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijomis UV-VIS spektrai	47
<b>19 pav.</b>	AK apdailos medžiagos bendras spalvos pokytis $\Delta E$ sendinant po UV lempomis (a); PU apdailos medžiagos bendras spalvos pokytis $\Delta E$ sendinant po UV lempomis (b); AK ir PU apdailos medžiagos bendro spalvos pokyčio $\Delta E$ palyginimas tarpusavyje (c)	48
<b>20 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, bendras spalvos pokytis $\Delta E$ , K- neapdailinti bandiniai	49
<b>21 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, šviesumo pokytis $\Delta L$ , K- neapdailinti (kontroliniai) bandiniai	50
<b>22 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, spalvos pokytis $\Delta a$ , K- neapdailinti (kontroliniai) bandiniai	50
<b>23 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, spalvos pokytis $\Delta b$ , K- neapdailinti (kontroliniai) bandiniai	51
<b>24 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, bendras spalvos pokytis $\Delta E$ , K - neapdailinti bandiniai	51
<b>25 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, šviesumo pokytis $\Delta L$ , K- neapdailinti (kontroliniai) bandiniai	52
<b>26 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis $\Delta a$ , K - neapdailinti bandiniai	52
<b>27 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis $\Delta b$ , K- neapdailinti (kontroliniai) bandiniai	53
<b>28 pav.</b>	Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU ir AK laku, bendras spalvos pokytis $\Delta E$ po 300h sendinimo. K – neapdailinti bandiniai	53
<b>29 pav.</b>	Tangentinio ir spindulinio paviršiaus bandiniai, apdailinti AK laku su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 3, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 100 h, 200 h ir 300 h sendinimo.	54
<b>30 pav.</b>	Tangentinio ir spindulinio paviršiaus bandiniai, apdailinti PU laku su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 3, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 100 h, 200 h ir 300 h sendinimo.	54
<b>31 pav.</b>	Kauno miesto bendrosios Saulės spinduliuotės valandos intensyvumas, W/m <sup>2</sup> (vidutinės reikšmės)	56
<b>32 pav.</b>	Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku su 0, 3, 7 % CeO <sub>2</sub> , drėgnio pokytis natūralaus sendinimo metu, K - neapdailinti bandiniai	57
<b>33 pav.</b>	Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku su 0, 3, 7 % CeO <sub>2</sub> , drėgnio pokytis natūralaus sendinimo metu, K - neapdailinti bandiniai	57
<b>34 pav.</b>	Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK ir PU laku, drėgnio pokyčių	58

palyginimas: a – danga su 7 % CeO <sub>2</sub> , b – su 3 % CeO <sub>2</sub> , c – 0 % CeO <sub>2</sub> ;	
K - neapdailinti bandiniai	
<b>35 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku , bendras spalvos pokytis $\Delta E$ , K - neapdailinti bandiniai	59
<b>36 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, šviesumo pokytis $\Delta L$ , K - neapdailinti bandiniai	60
<b>37 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, spalvos pokytis $\Delta a$ , K - neapdailinti bandiniai	60
<b>38 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis $\Delta b$ , K - neapdailinti bandiniai	61
<b>39 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, bendras spalvos pokytis $\Delta E$ , K - neapdailinti bandiniai	62
<b>40 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, šviesumo pokytis $\Delta L$ , K - neapdailinti bandiniai	62
<b>41 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis $\Delta a$ , K - neapdailinti bandiniai	63
<b>42 Pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis $\Delta b$ , K - neapdailinti bandiniai	64
<b>43 pav.</b> AK7 ir PU7 bandinių spalvos pokytis per 10 sendinimo mėnesių	65
<b>44 pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandiniai, apdailinti AK laku su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 1, 3, 5, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 2, 4, 6, 8, 10 mėnesių sendinimo.	66
<b>45 pav.</b> Tangentinio paviršiaus bandiniai, apdailinti PU laku su skirtingomis CeO <sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 1, 3, 5, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 2, 4, 6, 8, 10 mėnesių sendinimo.	67

**CeO<sub>2</sub> nanodalelių įtakos skaidrių akrilinių ir poliuretaninių medienos dangų laidumui UV spinduliams tyrimas / Magistro projektas / Autorė – U. Uselė / Vadovė – doc. dr. K. Ukvalbergienė / Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra. Kaunas, 2015 - 76 psl., 45 paveikslai, 12 lentelių.**

## **Santrauka**

Mediena yra viena iš plačiausiai naudojamų medžiagų baldų gamybos, statybos ir konstrukcijų srityse. Mediena yra estetiška medžiaga, todėl yra svarbu, kad apdailos medžiaga neužslėptų medienos spalvos ir tekstūros. Tačiau skaidrios apdailos medžiagos nėra atsparios aplinkos veiksniams. Saulės ultravioletinė spinduliuotė gali prasiskverbti per skaidrią dangą ir pasiekti medienos paviršių, sukeldama medienos ląstelių ir organinės apdailos medžiagos irimą. Siekiant pagerinti skaidrių apdailos medžiagų atsparumą UV spinduliams, į jų sudėtį yra įterpiamos neorganinės metalų oksidų (ZnO, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>) nanodalelės.

Pagrindinis šio darbo tikslas yra sumažinti skaidrių vandens pagrindo akrilinių (AK) ir poliuretaninių (PU) medienos dangų pralaidumą UV spinduliams, panaudojant CeO<sub>2</sub> nanodaleles. Pušies medienos bandiniai buvo apdailinti su PU ir AK lakais, kurių sudėtyje buvo įterptas skirtingas CeO<sub>2</sub> nanodalelių kiekis. Tyrimo metu, apdailinti bandiniai sendinami natūraliu ir dirbtiniu būdu. Sendinimo metu pagal CIELAB sistemą matuojami bandinių spalvos parametrai ( $a$ ,  $b$ ,  $L$ ). Natūralaus sendinimo metu stebėti hidrometeorologiniai parametrai, bandinių drėgnio pokytis, vizualus bandinių paviršiaus pokytis. Taip pat tirtas adhezijos stipris tarp dangos ir medienos paviršiaus prieš ir po 5 natūralaus sendinimo mėnesių. Siekiant nustatyti, kaip pakito apdailos medžiagų su CeO<sub>2</sub> nanodalelėmis UV spindulių sugertis, atlikta UV-VIS spektroskopija.

Gauti rezultatai parodė, kad didinant CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentraciją apdailos medžiagoje, didėja sugeriamų UV spindulių kiekis, tačiau didėjant CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijai, danga tampa geltonesnė. Natūralaus sendinimo metu pastebėta, kad ilgėjant sendinimo laikui, dangos su CeO<sub>2</sub> nanodalelėmis turi tendenciją į raudonumą ( $+\Delta a$ ), bei į geltonumą ( $+\Delta b$ ). Taip pat didėjant CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijai dangoje,  $\Delta L$  turi polinkį į tamsėti. Nors CeO<sub>2</sub> nanodalelės dangai suteikia gelsvą atspalvį, tačiau danga išlieka patvaresnė ir atsparesnė UV spinduliams.

**Research of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles Impact on UV Transmittance Through Clear Acrylic and Polyurethane Wood Coatings / Master's Thesis / Author – U. Uselė / Supervisor – doc. dr. K. Ukvalbergienė / Department of Materials Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology, Kaunas, 2015 - 76 pages, 45 Figures, 12 Tables.**

## **Summary**

Wood is one of the main materials in furniture, building and construction sector. Wood is aesthetically pleasing and hence there is great demand for finishing systems not to mask wood's color and texture. Unfortunately, clear coatings used on wood outdoors fail within a short time, because solar ultraviolet radiation can readily penetrate through such coatings and reach the wood underneath, causing degradation of cell walls and organic coating. The performance of clear coatings on wood can be enhanced by modifying the clear coating with inorganic metal oxide (ZnO, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>) nanoparticles.

The main objective of this research is to reduce UV transmittance through water-based clear acrylic (AK) and polyurethane (PU) wood coatings, using CeO<sub>2</sub> nanoparticles. Samples of pine wood were finished with PU and AK varnish with different CeO<sub>2</sub> nanoparticles concentrations. The finished wood samples were being weathered using two methods: natural and artificial weathering. The color chromatic coordinates (L, a, b) of all the samples were measured by CIELAB system. The values were used to evaluate the total color change  $\Delta E$ . During the natural weathering hydro meteorological parameters, samples moisture change and visual samples of surface change were observed. There was also examined adhesive strength between the coating and the surface of wood examined before and after 5 months of natural aging. In order to determine the change of UV absorption of coatings was investigated by UV-VIS spectroscopy.

The results have shown that increasing concentration of CeO<sub>2</sub> nanoparticles in the coating, results in increasing coating absorption of UV radiation. However, increased CeO<sub>2</sub> concentration causes yellowing of coatings. During the natural weathering it was observed, that increasing exposure time, coating with CeO<sub>2</sub> nanoparticles has a raising trend of redness ( $+\Delta a$ ) and yellowness ( $+\Delta b$ ). Also, increasing concentration of CeO<sub>2</sub>, lightness  $\Delta L$  is decreasing. Despite the fact that CeO<sub>2</sub> gives yellow undertone for coating, it keeps durability and UV resistance.



## TURINYS

Santrauka .....	7
Summary .....	8
ĮVADAS .....	11
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	13
1.1. MEDIENOS CHEMINĖ SUDĖTIS .....	13
1.1.1. Celiuliozė .....	13
1.1.2. Hemiceliuliozė.....	14
1.1.3. Ligninas .....	14
1.1.4. Ekstraktinės medžiagos .....	15
1.2. ATMOSFEROS POVEIKIS MEDIENAI .....	16
1.2.1. Aplinkos veiksniai .....	16
1.2.2. Medienos ląstelės pokyčiai .....	17
1.2.3. Medienos suirimo gylis.....	19
1.3. EKSTERJERUI SKIRTOS MEDIENOS APDAILOS MEDŽIAGOS .....	19
1.3.1. Natūralios dangos .....	19
1.3.2. Sintetinės dangos .....	20
1.3.3. Alkidinės dervos .....	20
1.3.4. Akrilinės dervos.....	20
1.3.4.1. Termoplastinės akrilinės dervos .....	21
1.3.4.2. Termoreaktyvinės akrilinės dervos .....	21
1.3.5. Poliuretaninės dervos.....	22
1.3.6. Vandens pagrindo skaidrios dangos.....	23
1.3.7. Skaidrių polimerinių medžiagų irimo procesas.....	23
1.4. POLIMERINIŲ MEDŽIAGŲ PRIEDAI.....	25
1.4.1. UV sugėrikliai .....	25
1.4.2. Organiniai UV sugėrikliai.....	26
1.4.3. Neorganiniai UV sugėrikliai .....	26

1.4.4.	Laisvųjų radikalų gaudikliai .....	29
1.4.5.	Lignino stabilizatoriai .....	30
1.5.	ĮVAIRIŲ MEDŽIAGŲ PRIEDŲ ĮTAKA MEDIENOS POLIMERINĖMS MEDŽIAGOMS .....	31
2.	MEDŽIAGOS IR TYRIMO METODIKA .....	37
2.1.	UV-VIS spektroskopija .....	40
2.2.	Apdailos adhezijos stiprio nustatymas .....	40
2.3.	Dirbtinis bandinių sendinimas .....	41
2.4.	Natūralus bandinių sendinimas .....	41
2.5.	Bandinių drėgmės pokyčio matavimas .....	42
2.6.	Bandinių fotografavimas .....	43
2.7.	Bandinių spalvos matavimas .....	43
2.8.	Pradiniai bandinių parametrai .....	43
2.9.	Eksperimentinių duomenų statistinis apdorojimas .....	44
3.	TYRIMO REZULTATAI IR DISKUSIJA .....	46
3.1.	Apdailos medžiagos adhezija .....	46
3.2.	UV-VIS spektroskopija .....	47
3.3.	CeO <sub>2</sub> nanodalelių koncentracijos įtaka apdailos medžiagos spalvos stabilumui .....	48
3.4.	Dirbtinis bandinių sendinimas .....	50
3.4.1.	CeO <sub>2</sub> nanodalelių koncentracijos įtaka bandinių ilgaamžiškumui .....	50
3.4.2.	Vizualus bandinių įvertinimas .....	54
3.5.	Natūralus bandinių sendinimas .....	56
3.5.1.	Bandinių drėgnio pokyčiai .....	57
3.5.2.	Bandinių spalvos pokytis natūralaus sendinimo metu .....	59
3.5.3.	Vizualus bandinių įvertinimas .....	66
	REKOMENDACIJOS .....	69
	IŠVADOS .....	69
	NAUDOTA LITERATŪRA .....	70
	PRIEDAI .....	77

## IVADAS

Mediena yra nepakeičiama medžiaga statybų ir apdailos srityse. Norint užtikrinti ilgalaikį medienos gaminių eksploatavimą lauke, būtina medieną tinkamai apsaugoti nuo aplinkos veiksnių, tokių kaip saulės spinduliai (UV ir VIS), vanduo (rasa, lietus, sniegas, drėgmė), temperatūros svyravimai. Neapdailinta mediena, eksploatuojama lauke, labai greitai praranda savo pirminę spalvą, paviršius tampa šiurkštus, susiformuoja įtrūkimai, atplaišos. UV spinduliai sukelia medienos cheminių komponentų irimą – ypač lignino, kuris labiausiai sugeria UV spindulius. Dėl drėgmės poveikio medienoje susidaro paviršiaus įtempiai, kurie įtakoja įskilimus ir deformacijas. Nors šiluma neturi tiesioginio poveikio medienos paviršiaus irimui, tačiau ji pagreitina medienos fotooksidacijos ir hidrolizės procesus, kuriuos atitinkamai sukelia saulės spinduliai ir vanduo [1-3].

Siekiant apsaugoti medieną, jos paviršius dengiamas arba impregnuojamas įvairiomis polimerinėmis medžiagomis. Efektyviausiai nuo žalingų UV spindulių apsaugo neskaidrios apdailos medžiagos, kurių sudėtyje esantys neorganiniai pigmentai nepraleidžia UV spindulių. Tačiau padengus medienos paviršių neskaidriomis apdailos medžiagomis, prarandamos vienos pagrindinių medienos estetinių savybių – tekstūra ir spalva. Skaidrios arba pusiau skaidrios apdailos medžiagos yra skirtos pabrėžti ir išsaugoti natūralų medienos grožį. Tačiau skaidrios apdailos medžiagos nėra atsparios UV spinduliams, kadangi jie lengvai praeina per dangos sluoksnį ir prasiskverbia giliau į medienos paviršių. Pradedama formuotis laisvieji radikalai, kurie sukelia medienoje esančio lignino ir pačios organinės apdailos medžiagos irimą. Dėl šios priežasties mediena keičia spalvą, jos paviršiuje ir polimerinės medžiagos sandūroje prarandama adhezija – danga atšoka nuo paviršiaus ir sutrūksta [4-5, 13].

Siekiant padidinti skaidrių polimerinių dangų atsparumą UV spinduliams, į organinių apdailos medžiagų sudėtį įterpiami įvairūs priedai: organiniai ir neorganiniai UV sugėrikliai, HALS dalelės, lignino stabilizatoriai. Neorganiniai UV sugėrikliai (metalų oksidai –  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ) sugeria saulės elektromagnetines bangas, kurių ilgis yra mažesnis nei 400 nm. Ši saulės elektromagnetinių bangų energija virsta į nereaktyvią šilumą, kuri vėliau išsisklaido. HALS dalelės nesugeria UV spinduliuotės, tačiau gaudo laisvuosius radikalus – atiduoda savo elektroną, ir taip laisvieji radikalai tampa stabilūs. Lignino stabilizatoriai (dažniausiai chromo rūgštis) padidina lignino atsparumą fotocheminėms reakcijoms [10,18].

Su šiais priedais atlikta nemažai mokslinių tyrimų, kurie parodė teigiamus rezultatus. Tačiau randama mažai literatūros, mokslinių darbų, kuriuose būtų tiriama  $\text{CeO}_2$  nanodalelių įtaka skaidrioms apdailos medžiagoms. Todėl šio darbo tikslas – ištirti medienos paviršiaus, padengto visiškai

skaidriomis vandens pagrindo poliuretaninėmis (PU) ir akrilinėmis (AK) medžiagomis, dangos ilgaamžiškumą, atsparumą UV spinduliams, sendinant natūraliomis ir dirbtinėmis sąlygomis, kai į polimerinių medžiagų sudėtį yra įterpiama skirtingos koncentracijos cerio oksido ( $\text{CeO}_2$ ) nanodalelės.

Norint pasiekti tikslą, buvo iškelti tokie darbo uždaviniai:

1. Ištirti nedengtos polimerinėmis medžiagomis medienos atsparumą UV saulės spinduliams;
2. Ištirti medienos, dengtos skaidriais vandens pagrindo akriliniu ir poliuretaniniu lakais, atsparumą UV saulės spinduliams;
3. Ištirti medienos, dengtos skaidriais vandens pagrindu akriliniu ir poliuretaniniu lakais, į kurių sudėtį skirtingu procentiniu kiekiu įterpta  $\text{CeO}_2$  nanodalelių, atsparumą UV saulės spinduliams;
4. Ištirti medienos, dengtos skaidriais vandens pagrindu akriliniu ir poliuretaniniu lakais, drėgmės pokytį;
5. Ištirti UV spinduliuotės įtaką skaidrių vandens pagrindu akrilinio ir poliuretaninio lakų, į kurių sudėtį skirtingu procentiniu kiekiu įterpta  $\text{CeO}_2$  nanodalelių, spalvos pokyčiui;
6. Ištirti medienos ir skaidrių vandens pagrindu akriliniu ir poliuretaniniu lakų, į kurių sudėtį skirtingu procentiniu kiekiu įterpta  $\text{CeO}_2$  nanodalelių, adhezijos stiprį prieš ir po sendinimo.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

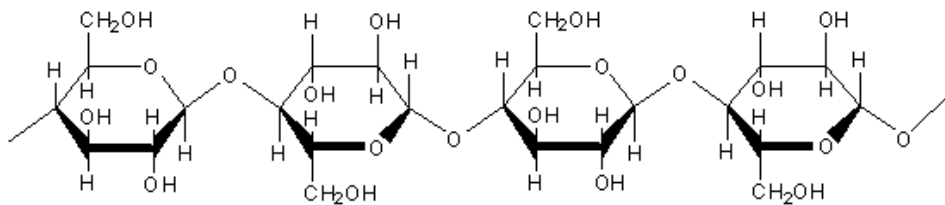
## 1.1. MEDIENOS CHEMINĖ SUDĖTIS

Nepriklausomai nuo medžio rūšies, medienoje yra 49-50 % anglies, 43-44 % deguonies, apie 6 % vandenilio ir 0,1-0,3 % azoto. Iš anglies, vandenilio ir deguonies susidaro sudėtingos organinės medžiagos – celiuliozė, ligninas, hemiceliuliozė ir ekstraktinės medžiagos (dervos, kamedis, riebalai, tanidai, pektinai ir kt.) [6].

### 1.1.1. Celiuliozė

Celiuliozė – tai yra pagrindinis medienos ląstelės sienelės komponentas, kurio kiekis sausoje medienoje siekia apie 40 – 45 % [7]. Tai linijinis polimeras polisacharidas, sudarytas iš D-gliukopiranozės anhidridų, tarpusavyje sujungtų 1-4-β glikozidiniais ryšiais [8].

Celiuliozės formulė yra  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , kur  $n$  – celiuliozės polimerizacijos laipsnis [6]. Polimerizacijos laipsnis nusako gliukozės kiekį celiuliozės molekulėje. Vidutiniškai 5 μm ilgio linijinėje grandinėje celiuliozės polimerizacijos laipsnis yra 10 000 [9]. Celiuliozės struktūrinė formulė nurodyta 1 pav.



1 pav. Struktūrinė celiuliozės formulė (Stephan Vollmer, 2008)

Celiuliozės grandinės funkcinės grupės yra hidroksilinės grupės, iš kurių trys grupės yra susijungusios su gliukozės struktūriniais vienetais. Celiuliozės grandinės paviršiuje yra daug OH-grupių, kurios atsakingos ne tik už molekulinę struktūrą, tačiau taip pat ir už chemines, fizikines celiuliozės sąveikas. Priklausomai nuo klimato sąlygų ir drėgmės ore, celiuliozė absorbuoja arba atiduoda vandens molekules. Tai įtakoja medienos nuodžiūvį ir išbrinkį – keičiasi medienos gaminio matmenys.

Celiuliozės molekulės OH-grupės gali turėti dviejų tipų vandenilinius ryšius, kurie priklauso nuo gliukozės vietos. Vandeniliniai ryšiai yra tarp OH-grupių, gretimi gliukozei toje pačioje molekulėje (intramolekuliniai ryšiai). Šie ryšiai suteikia tam tikrą standumą vienai celiuliozės grandinei. Taip pat yra vandenilinių jungčių tarp OH-grupių, gretimų celiuliozės molekulėms (tarpmolekuliniai ryšiai). Šie ryšiai yra atsakingi už supermolekulinės struktūros formavimąsi [9].

Pagrindinis celiuliozės molekulinės struktūros elementas yra mikrofibrilė [3]. Mikrofibrilės sudaro makrofibrilę, o makrofibrilės sudaro ląstelės sienelę. Celiuliozės molekulės mikrofibrilėje gali būti dviejų struktūrų: kristalinės ir amorfinės. Kristalinėje zonoje celiuliozės molekulės išsidėsčiusios tvarkingai [10]. Didelis hidroksilinių grupių kiekis kristalinėse zonose suformuoja vandenilinius ryšius, čia sukuriamas didžiulis tinklas, kuris prisideda prie tvarkingos celiuliozės molekulių kristalinės struktūros [11]. Amorfinėje zonoje molekulės išsidėsčiusios netvarkingai, tarpai tarp molekulių didesni, jose daugiau laisvų hidroksilinių grupių. Apie 60 – 70 % celiuliozės yra kristalinės struktūros [10].

Vandeniliniai ryšiai egzistuoja ne tik tarp celiuliozės OH- grupių, bet ir tarp celiuliozės ir vandens molekulių [12]. Priklausomai nuo vandens kiekio, vandens molekulė ar klasteris gali prisijungti prie celiuliozės paviršiaus. Vandens absorbcija priklauso nuo to, kiek celiuliozė turi laisvų OH- grupių [9]. Ryšys tarp celiuliozės ir vandens nėra stiprus. Vandens molekulės prisijungimas prie celiuliozės yra grįžtamas procesas [12]. Be to, vanduo labiau absorbuojamas amorfinėse zonose. Įprastai celiuliozės kristalinės zonos nedalyvauja cheminėse reakcijose, nes jos beveik neturi laisvų hidroksilinių grupių [10].

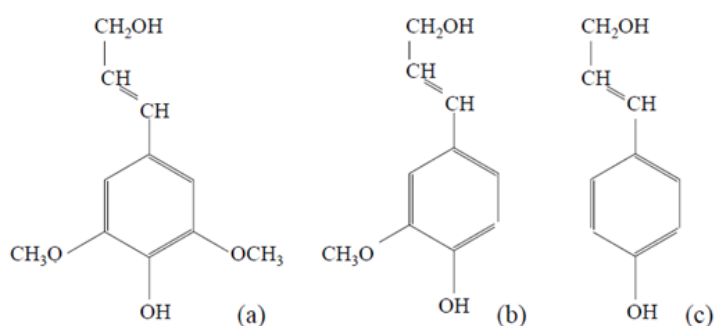
### **1.1.2. Hemiceliuliozė**

Hemiceliuliozės grandinė šakota ir trumpa, jos struktūra beveik visa amorfinė. Hemiceliuliozės polimerizacijos laipsnis yra mažesnis nei celiuliozės, vidutiniškai 100 – 200 [13]. Hemiceliuliozė sudaryta iš įvairių polisacharidų, kurie susiformuoja biosintezės metu. Hemiceliuliozė nuo celiuliozės skiriasi savo heterogeniškumu, nes yra sudaryta ne tik iš D-gliukozės, bet ir iš kitų angliavandenių. Polisacharidinėje grandinėje gali būti L-arabinozės, D-galaktozės, D-gliukozės, D-manozės, D-ksilozės ir 4-O-metil-D-gliukozono rūgštis [10]. Ląstelės sienelėje hemiceliuliozė yra kaip rišamoji medžiaga tarp celiuliozės ir lignino [14]. Hemiceliuliozė lapuočiuose ir spygliuočiuose yra gan skirtinga: lapuočiai turi gliukurono-ksilano ir gliukomano, o spygliuočiai turi arabinoksilano ir galaktogliukomanano [10]. Lapuočiai turi daugiau hemiceliuliozės nei spygliuočiai. Hemiceliuliozė linkusi hidrolizuotis, dėl amorfinės struktūros jų hidroksilinės grupės yra laisvos vandenilinėms jungtims su vandeniu [12].

### **1.1.3. Ligninas**

Ligninas yra vienas iš svarbiausių organinių polimerų medienoje. Medienoje yra apie 20 – 40 % lignino [11]. Įprastai spygliuočiai turi didesnę kiekį lignino nei lapuočiai, skaičiuojama, kad spygliuočiuose yra 23-33% lignino, o lapuočiuose 16-25% [12]. Ligninas yra santykinai inertinė medžiaga, kuri veikia kaip rišamoji ir standinančioji medžiaga tarp ląstelės sienelių. Taip pat lignino

yra ir antrinėje ląstelės sienelėje [14]. Tai erdvinis amorfinis polimeras, susidedantis iš aromatinių žiedų, kurie sudaryti iš fenilpropano struktūrinių vienetų [9]. Šie struktūriniai vienetai tarpusavyje susijungę C-C arba C-O kovalentiniais ryšiais [11]. Lapuočių ir spygliuočių medienoje randami trys lignino tipai: gvajacil (G); siringil (S) ir p-hidroksifenil (H) (2 pav.). Pagal lignino tipą ir jo kiekį galima charakterizuoti medieną. Spygliuočiai įprastai turi žymiai didesnę G lignino kiekį. Pavyzdžiui pušies (*Pinus taeda*) lignino G:S:H santykis yra 86:2:13. Lapuočių medienoje S lignino kiekis yra skirtingas, jis gali būti nuo 20 % iki 60 % [12]. H lignino daugiausiai turi bambukas, įvairios žolės, dalis lapuočių [8].



**2 pav.** Lignino tipai: (a) siringil, (b) gvajacil, (c) p-hidroksifenil ligninas (*Chen 2014*)

Lignino molekulinė masė nėra tiksliai žinoma. Ji priklauso nuo to, koku metodu bus išskirtas ligninas. Bet koks atskyrimo būdas įtakoja dalinį skilimą ir pokyčius pačiame lignine. Molekulinė masė gali svyruoti nuo kelių šimtų iki keleto milijonų. Priklausomai nuo mechaninio, fermentų ar cheminio atskyrimo reagentų, trimatė lignino struktūra suyra į skirtingus fragmentus, kurie ir lemia lignino molekulinės masės polidispersiškumą [11].

Ligninas labiausiai iš visų medienos komponentų absorbuoja UV spindulius [13], apie 80 – 95 % UV-VIS spektro. Lignino absorbcijos pikas yra 280 nm bangos ilgio, tačiau absorbcijos kreivė nusitęsia iki 400 nm. Lignino chromoforinės grupės turi aromatinių ryšių sistemą ir karbonilines grupes, kurios sąveikauja su UV ir matomos šviesos spektro spinduliais. Dėl šios priežasties vyksta lignino fotooksidacija [15].

#### **1.1.4. Ekstraktinės medžiagos**

Medienos ekstraktinės medžiagos – tai organinės medžiagos, kurios gali būti pašalintos iš medienos tirpiklių arba vandens pagalba. Ekstraktai apima organinius vaškus, aliejus, riebalus, taninus, angliavandenius, rūgštis, sakus ir dervas. Ekstraktinės medžiagos yra higroskopiškos, pralaidžios ir suteikia medienai atsparumą biologiniams kenkėjams. Šios medžiagos nesudaro stipraus ryšio su mediena, todėl jos gali laisvai judėti [12]. Ekstraktų kiekis medienoje gali siekti 4 –

10 %, tropinėse medienose ekstraktų kiekis didesnis – apie 20 % [16]. Ekstraktinės medžiagos koncentruojasi sakatakiuose ir parenchiminėse šerdies spindulių ląstelėse, mažesnis kiekis randamas tarpląstelinėje medžiagoje, ląstelių sienelėse [9].

Yra trys ekstraktinių medžiagų tipai: alifatiniai junginiai, terpenai ir terpenoidai ir fenoliniai junginiai. Alifatiniai junginiai tai n-alkanai, riebieji alkoholiai, riebiosios rūgštys, riebalai (esteriai) ir vašakai. Terpenoidų grupę apima turpentinai ir dervų rūgštys. Fenoliniams junginiams priskiriami taninai, flavonoidai, lignanai, stilbenai ir tropolonai [12].

Ekstraktinės medžiagos yra žemos molekulinės masės junginiai, kurių cheminė paskirtis yra skirtinga [17]. Šios medžiagos medienai suteikia spalvą ir kvapą. Pavyzdžiui taninai gali sureaguoti su juodaisiais metalais, sukeldami medienos juodėjimą. Kai kurie ekstraktai (trigliceridai, vašakai) gali būti tam tikrų adhezinių problemų priežastimi. Taip pat dėl šių medžiagų gali atsirasti estetinių defektų, pavyzdžiui porų pabalimas. Apdailos medžiaga gali ištirpinti ekstraktines medžiagas, tokiu atveju ant medienos paviršiaus pastebimos spalvotos dėmės, šviesesni, tamsesni dryžiai. Dėl savo cheminės prigimties kai kurios ekstraktinės medžiagos trukdo apdirbant, džiovinant, klijuojant bei dengiant medieną [18].

## **1.2. ATMOSFEROS POVEIKIS MEDIENAI**

Mediena, eksploatuojama lauke, keičia savo natūralią išvaizdą: paviršius tampa šiurkštesnis, medienos paviršiuje susiformuoja mikrotrūkimai, kurie vėliau pereina į ryškiai matomus įskilimus. Šiurkštus medienos paviršius pradeda kaupti nešvarumus, mediena praranda savo pirminę spalvą, paviršius tampa trapus, formuojasi medienos atplaišos [19]. Šie medienos pokyčiai atsiranda dėl saulės elektromagnetinės spinduliuotės (UV ir VIS), vandens poveikio, temperatūrų svyravimų, atmosferos taršos, vėjo su kietosiomis dalelėmis ir dėl tam tikrų mikroorganizmų [13].

### **1.2.1. Aplinkos veiksniai**

Saulės spinduliuotė yra vienas iš svarbiausių aplinkos veiksnių, lemiantis medienos paviršiaus irimą, pirminės spalvos praradimą [19]. Įprastai maksimalus saulės spinduliavimas Žemės paviršiuje giedrą dieną siekia  $1000 \text{ W/m}^2$ . Tokia spinduliuotė susideda iš 5 % UV spindulių (286 – 380 nm), 45 % matomo spektro spindulių (380 – 780 nm) ir 50 % infraraudonųjų spindulių (780 – 3000 nm) [8]. UV spinduliuotė yra skirstoma į tris spektrus: UV-A (400 – 315 nm), UV-B (315 – 280 nm), UV-C (280 – 100 nm). UV-A spinduliai sukelia polimerų irimo procesą, UV-B sukelia tik tam tikrų polimerų irimą, o UV-C spinduliai nepasiekia Žemės paviršiaus [20].



Buvo atlikta nemažai tyrimų, kurie parodė, kad medienai sugeriant UV spindulius, gaminasi laisvieji radikalai. Reakcijos metu, dalyvaujant deguoniui ir vandeniui taip pat formuojasi hidroperoksidinės grupės. Tiek laisvieji radikalai, tiek hidroperoksidinės grupės sukelia medienos polimerinių komponentų skilimą [10]. Skyla anglies-anglies, anglies-deguonies ir anglies-vandenilio ryšiai, kurie jungia celiuliozę, hemiceliuliozę ir ligniną [20].

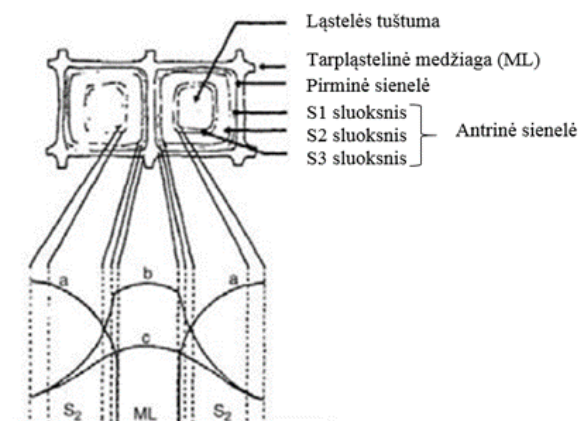
Lauke esanti mediena veikiama ne tik saulės spinduliais, tačiau ir vandeniui. Vanduo (lietus, ore esanti drėgmė, rasa, sniegas) yra laikomas vienas iš svarbiausių veiksnių, kuris pagreitina medienos irimo procesą. Tai yra polinis skystis, kuris greitai prasiskverbia į medieną ir išbrinkina medienos ląstelės sienelės [20]. Matmenų pokytis dėl išbrinkio ir nuodžiūvio sukelia medienos paviršiaus įtempimus, dėl kurių atsiranda įskilimai ir išsikraipymai [19].

Aplinkos temperatūra taip pat įtakoja medienos irimo procesą. Nors šiluma neturi tiesioginio poveikio medienos paviršiaus irimui, tačiau ji pagreitina medienos fotooksidacijos ir hidrolizės procesus, kuriuos atitinkamai sukelia saulės spinduliai ir vanduo. Šiluma taip pat paspartina medienos paviršiaus džiūvimą, kas sukelia medienos paviršiaus įtempimus [13].

Laboratoriniai tyrimai parodė, kad mediena eksploatuojama užterštame ore yra intensyviau, nei neužterštame ore. Pagrindiniai teršalai ore yra dulkės, dūmų dalelės, lakiosios medžiagos, įskaitant sieros junginius, amoniaką ir jo darinius. Azoto dioksidas – medienos paviršiaus fotooksidacijos iniciatorius, o sieros dioksidas atmosferoje gali virsti sieros rūgštimi, kuris gali pažeisti medienos paviršių. Šaltame klimate medienos paviršius gali būti žalojamas dėl vėjo sukeltų ledo dalelių, smėlio ir druskų [13].

### **1.2.2. Medienos ląstelės pokyčiai**

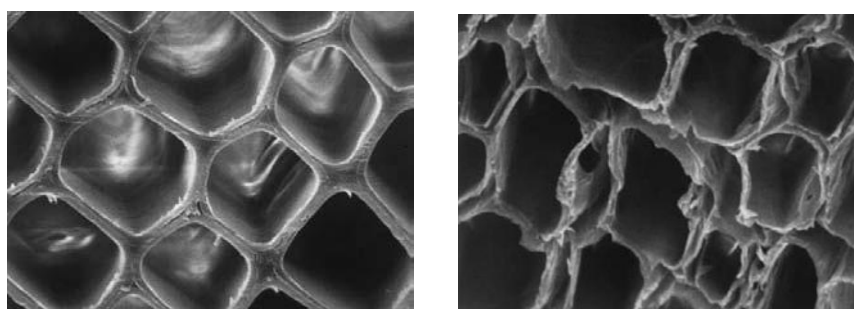
Medienos ląstelės sienelė sudaryta iš keturių sluoksnių. Išorinis sluoksnis – tai tarpląstelinė medžiaga, kuri jungia antrines ląstelės sienelės viena su kita. Antrinė ląstelės sienelė sudaryta iš trijų sluoksnių: S1, S2 ir S3, kuriose mikrofibrilių kryptis yra skirtinga (3 pav.) [21-22].



**3 pav.** Tracheidės ląstelės sandara, celiuliozės, hemiceliuliozės ir lignino kiekiai atskirose ląstelės sluoksniuose: a) celiuliozė, b) ligninas, c) hemiceliuliozė (R. S. Williams 2005)

Veikiant UV spinduliams medienos paviršiuje pirmiausiai pradeda irti tarpląstelinė medžiaga, esanti šerdies spindulių ląstelėse ir induose. Kitos medienos ląstelės pradeda irti vėliau [13]. Kiekviename ląstelės sluoksnyje cheminių komponentų kiekis ir mikrofibrilių kryptis skiriasi. Nuo šių skirtumų priklauso, kaip mediena pradeda irti eksploataavimo metu. Didžiausia lignino koncentracija yra tarpląstelinėje medžiagoje. Ligninas labiausiai sugeria UV spindulius, todėl ši ląstelės dalis yra intensyviausiai [10]. Silpniausia vieta ląstelėje – tarp tarpląstelinės medžiagos ir S1 ląstelės sluoksnio, nes šioje vietoje lignino koncentracija yra didžiausia [23]. Īrant ligninui, tarpląstelinė medžiaga praranda savo tvirtumą ir šalia esančios ląstelės atsiskiria. Laikui bėgant suskyla ir ląstelės sienelės komponentai, ląstelių sienelės išsikraipo, tampa žymiai plonesnės (4 pav.) [13].

UV spindulių atžvilgiu, pats stabiliausias ląstelės struktūros elementas yra celiuliozės mikrofibrilės [23]. Kai lietus išplauna rudus/geltonus lignino skilimo produktus iš medienos paviršiaus, lieka tik pilkos spalvos sluoksnis, kuris susideda iš celiuliozės ir hemiceliuliozės [19]. Medienos paviršius tampa hidrofiliškesnis, nes padaugėja polinių hidroksilinių grupių, prie kurių gali prisijungti vanduo [13].



**4 pav.** Pušies medienos skersinis paviršius, prieš ir po sendinimo (1000 h po UV spinduliuote, ( $I > 220 \text{ nm}$ ,  $1000\times$ )), (R. S. Williams 2005)

Įvairios medienos rūšys dėl skirtingos struktūros ir savybių yra skirtingais tempais. Spygliuočių mediena yra lėčiau nei lapuočių mediena [19].

### **1.2.3. Medienos suirimo gylis**

Saulės spinduliai pažeidžia tik tam tikrą medienos paviršiaus sluoksnį, nes spinduliai negali giliai įsiskverbti į medienos struktūrą [13]. Skirtingų mokslininkų tyrimai parodė, kad medienos suirimo sluoksnis gali kisti nuo 75 μm iki 900 μm. Šis dydis priklauso nuo medienos tankio bei saulės spindulių elektromagnetinių bangų ilgio. Kuo mediena tankesnė, ir kuo ilgesnės elektromagnetinės bangos tuo pažeistas medienos paviršius bus mažesnis [10]. Taip pat buvo nustatyta, kad pažeistas medienos sluoksnis gali siekti ir iki 2540 μm. Tai gali atsitikti tada, kada lignino skilimo produktai ištirpsta vandenyje ir kartu su vandeniu iš medienos paviršiaus patenka į gilesnius medienos sluoksnius [13].

## **1.3. EKSTERJERUI SKIRTOS MEDIENOS APDAILOS MEDŽIAGOS**

Populiariausias būdas apsaugoti medieną nuo įvairių aplinkos veiksnių yra jos apdailinimas dažais, lakais ir kitomis apdailos medžiagomis [13]. Apdailos medžiagos gali būti natūralios kilmės (sėmenų aliejus), modifikuotos natūraliai (nitroceliuliozė), arba visiškai sintetinės (akrilai, poliuretanoi) [18]. Apdailos medžiagų skiedikliai arba tirpikliai gali būti vanduo arba organinė medžiaga. Todėl dangos išskiriamos į dvi plačias grupes: vandens pagrindo ir tirpiklio pagrindo [24]. Taip pat medienos dangos klasifikuojamos į dar dvi grupes: dangos, kurios neformuoja plėvelės (įsigeria į medieną), ir dangos, kurios formuoja plėvelę. Plėvelę formuojančios dangos, tokios kaip dažai, turi pigmentų, kurie apsaugo nuo saulės ir drėgmės poveikio. Tačiau apdailos medžiagos, turinčios pigmentų, pakeičia medienos išvaizdą. Norint išlaikyti natūralią medienos spalvą, mediena dengiama skaidriomis apdailos medžiagomis. Tačiau skaidrios apdailos medžiagos prasčiau apsaugo nuo regimosios šviesos ir UV spindulių, kurie gali praeiti per skaidrią apdailos medžiagą ir sukelti medienos paviršiaus irimą. Tokia danga suskilinėja, atsilupa, jos tarnavimo laikas trumpas – apie 1-3 metus [13].

### **1.3.1. Natūralios dangos**

Lauko baldų apdailai ir kitiems medienos gaminiams apdailinti naudojamas aliejus arba aliejaus pagrindo medžiagos [20]. Pagrindinė aliejaus sudedamoji dalis yra glicerolio ir riebiųjų rūgščių esteriai, kitaip vadinami gliceridais. Skirtingi aliejai turi skirtingą gliceridų kiekį, kuris įtakoja plėvelės formavimąsi [18]. Pagal savo sudėtį aliejai skirstomi į džiūstančius, pusiau džiūstančius ir nedžiūstančius aliejus [25]. Tik džiūstantys aliejai gali suformuoti vientisą plėvelę, sudaryti koheziją su medienos paviršiumi. Iš džiūstančių natūralių aliejų medienos apdailai naudojami linų sėmenų ir

tungų aliejus [18]. Tačiau natūralios apdailos medžiagos nėra atsparios aplinkos veiksniams, aliejus skatina pelėsių ir grybų augimą. Tokios apdailos medžiagos apsaugo medienos paviršių tik trumpą laikotarpį (1 – 2 metus) [26]. Norint pagerinti džiūstančio aliejaus savybes, jis yra termiškai ir chemiškai modifikuojamas. Šie polimerizacijos procesai padidina molekulinę masę, sutrumpėja džiūvimo laikas, padidėja medžiagos klampis, plėvelė tampa kietesnė, lankstesnė bei labiau blizganti [18,25].

### 1.3.2. Sintetinės dangos

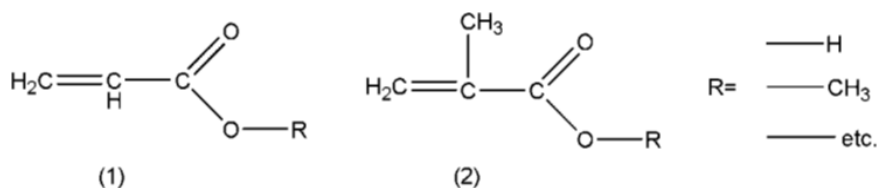
Sintetinės dangos yra sudarytos iš pasikartojančių struktūrinių molekulinį vienetų, nuo kurių priklauso dangos funkcionalumas, reaktyvumas ir polimerizacijos tipas. Sintetiniai polimerai gali būti linijinės, šakotos ir tinklinės – erdvinės struktūros. Struktūriniai molekuliniai vienetai, esantys polimero grandinėje, gali turėti skirtingas savybes, kurios leidžia gaminti skirtingų savybių dangas. Sintetinės dangos, tokios kaip alkidinės, akrilinės ir poliuretalinės yra plačiausiai naudojamos medienos apdailos srityje [25].

### 1.3.3. Alkidinės dervos

Alkidinės dervos yra plačiai naudojamos apdailos pramonėje dėl savo universalumo ir nebrangių kaštų [20]. Alkidinės dervos naudojamos ne tik kaip danga, bet kaip ir kitų dervų modifikatoriai [18]. Nors alkidinės dervos yra patvarios, lanksčios, atsparios tirpikliams, gerai išlaiko spalvą ir blizgesį, tačiau alkidinės apdailos medžiagos nėra atsparios šarminei aplinkai, cheminiams ir saulės poveikiams [27].

### 1.3.4. Akrilinės dervos

Akrilinės dervos yra labai plačiai naudojamos medienos pramonėje, nes jos tinkamos įvairių dangų tipų paruošimui bei skirtingoms technologijoms (tirpiklio pagrindu, vandens pagrindu, miltelinėms dangoms, spindulinio sukietinimo). Akrilinės apdailos medžiagos vertinamos dėl išsiskiriančių savybių: skaidrumo, cheminio bei fizikinio atsparumo [18]. Akrilo derva gali būti apibūdinama kaip polimeras, susidedantis iš akrilato ir metilakrilato rūgšties esterių (5 pav.) [25]. Akrilinės dervos skiriamos į dvi grupes: termoplastinius akrilus ir termoreaktyvinius akrilus [27].

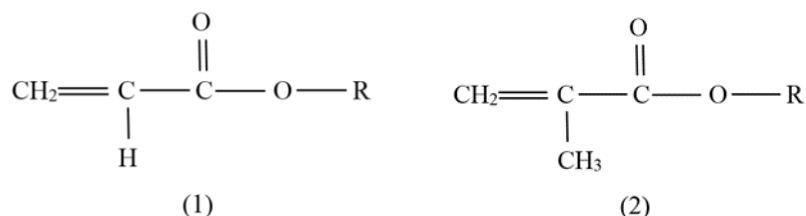


5 pav. Akrilato (1) ir metilakrilato rūgšties (2) esteriai (Bulian ir Graystone 2009)

#### 1.3.4.1. Termoplastinės akrilinės dervos

Viena svarbiausių termoplastinių akrilinių dervų savybių – atsparumas atmosferinėms sąlygoms. Tačiau tokios dervos turi daug lakiųjų organinių medžiagų [28]. Pastaruoju metu lakiosios organinės medžiagos keičiamos į vandenį – termoplastinės akrilinės dervos gaminamos vandens pagrindu [18]. Termoplastiniai akriliniai polimerai džiūna ir sudaro kietą dangą garuojant tirpikliams. Šį procesą galima pagreitinti naudojant aukštesnę temperatūrą [27].

Termoplastiniai akriliniai polimerai yra gaunami polimerizacijos būdu, augant grandinės ilgiui. Tai įvairūs metakrilato, stireno kopolimerai (6 pav.). Akrilo kopolimerai naudojami kartu su plastifikatoriais. Sintezės metu labai svarbu kontroliuoti molekulinę masę. Plėvelės stiprumas didėja didėjant molekulinei masei, tačiau pasiekus 100 000 ribą, apdailos medžiaga tampa netinkama naudojimui. Purškiant akrilinę dangą neišsiskirsto mažais lašiuokais, o iš purkštuvo išeina siūlų pavidalu, ant dengiamo paviršiaus susidaro „voratinklis“. Didėjant molekulinei masei, apdailos medžiagos klampis didėja. Įprastai komercinių termoplastinių akrilų molekulinė masė yra 80,000 – 90,000 [28].



6 pav. Akrilato (1) ir metilakrilato (2) esteriai, R = Metil(-CH<sub>3</sub>), Etil (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) ir pan. (Bulian ir Graystone 2009)

Termoplastinės akrilinės dervos priklauso dviem pogrupiams: akrilo tirpalo ir akrilo latekso dangoms. Akrilinis tirpalas (akriliniai lakai) yra vienkomponentė termoplastinė danga, kuri džiūna ir kietėja garuojant tirpikliui. Apdailos medžiaga naudojama medienai, baldams, automobiliams, aerosoliniam dažams. Danga pasižymi atsparumu hidrolizės procesams, UV spinduliams. Šios savybės lemia dangos ilgaamžiškumą atmosferinėmis sąlygomis. Akrilinio latekso dangos yra stabilios, atsparios UV spinduliams, turi mažai lakiųjų medžiagų. Naudojamos architektūriniuose statiniuose [27].

#### 1.3.4.2. Termoreaktyvinės akrilinės dervos

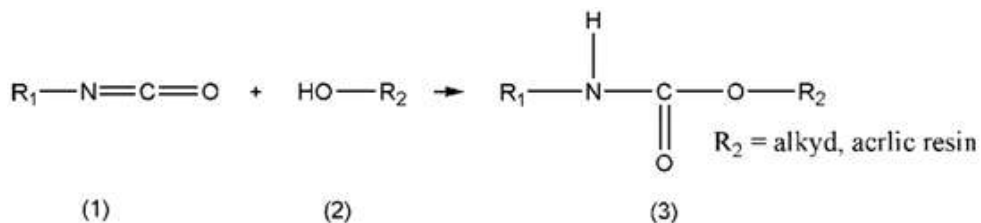
Termoreaktyvinės akrilinės dervos dažniausiai yra kietesnės, labiau atspari karščiui ir tirpikliams nei termoplastinis akrilas. Šio akrilo molekulinė masė yra žema, kas palengvina dervos panaudojimą apdailos srityje. Tačiau termoreaktyvinis akrilas mažiau atsparus UV spinduliams [25].

Termoreaktyvinis akrilas turi funkcines hidroksilines, amino, amidų ir kitas grupes, kurios reaguodamos su kitais polimerais, sudaro kryžmines jungtis [20]. Danga kietinama jau ant apdailinto paviršiaus cheminių reakcijų pagalba, pridedant priedų, kurie didina kryžminių jungčių kiekį. Sukietėjusi danga sudaro polimerų sistemą, kuri sujungta idealių tarpmolekulinių ryšių [28]. Polimere esančios molekulės turi didelę molekulinę masę, kas sąlygoja geras dangos savybes – blizgesį, kietumą, atsparumą korozijai, tirpikliams, cheminiams poveikiams [27].

### 1.3.5. Poliuretalinės dervos

Cheminėje reakcijoje dalyvaujant izocianatams ir dioliams arba polioliams gaunamos uretaninės jungtys, kurios formuoja poliuretalinę dervą. Taip pat cheminėje reakcijoje dalyvauja esteriai, eteriai, urea ir aromatiniai žiedai [29].

Žiūrint iš moderniosios apdailos medžiagų pramonės, visos poliuretalinės dangos turi izocianatų arba jų darinių [18]. Izocianatų struktūra  $R-N=C=O$ , kur R yra alkilo arba akrilo grupės, greitai reaguojančios kambario temperatūroje su junginiais, turinčiais aktyvius vandenilio atomus, tokius kaip aminos, vanduo, alkoholis, karboksilinė rūgštis, uretanai (7 pav.) [29].



**7 pav.** Uretanas (3), susiformavęs izocianato (1) ir alkoholio (2) reakcijoje (*Goldschmidt ir Streitberger 2003*)

Izocianatai yra stipriai toksiški, todėl dažniausiai naudojami poliizocianatai. Pabrėžtina tai, kad izocianatai daug dažniau naudojami kaip modifikatoriai arba kryžminių jungčių susidarymo priemonė negu pagrindiniai plevėdariai. Uretano, kuris gali formuoti tarpmolekulines vandenilio jungtis, egzistavimas turi didelę įtaką savybėms, todėl poliuretanoi yra įvairiapusė ir naudinga medžiagų grupė.

Poliuretalinės apdailos medžiagos turi 30-50 % sausųjų medžiagų. Jos pasižymi kietumu ir patvarumu, elastingumu, atsparumu įbrėžimams, cheminiu atsparumu, gera adhezija, greitu džiūvimu ir kietėjimu, negeltonavimu (kai naudojami alifatiniai poliizocianatai). Kai naudojami aromatiniai izocianatai, tuomet dangos mažiau atsparios šviesai ir gelsta. Poliuretanių dangų savybių balansas priklauso nuo specifinio komponento ir poliizocianatų kiekio.

Poliuretanių dangų gamybai naudojami dviejų rūšių poliizocianatai: aromatiniai izocianatai – tolueno diizocianatai (TDI) ir alifatiniai diizocianatai – heksametileno diizocianatai (HDI). Šios medžiagos yra labai reaktyvios ir lakios. Dangos elastingumas didinamas su HDI, o kietumas su TDI. Nuo poliizocianato tipo priklauso dangos spalvos pokytis (geltonavimas). Šviesa sukelia TDI aromatinių žiedų fotooksidaciją, kurios metu formuojasi chinono junginiai. Šis procesas įtakoja dangos geltonavimą [18].

### **1.3.6. Vandens pagrindo skaidrios dangos**

Šiuo metu vis dažniau gaminamos ir naudojamos apdailos medžiagos vandens pagrindu. Tačiau beveik visos vandens pagrindu apdailos medžiagos turi nedidelį kiekį organinių tirpiklių. Organiniai tirpikliai yra svarbūs dervų, dangų gamyboje bei taikyme, plėvelės susiformavime.

Vanduo priešingai nei tirpiklis, yra netoksiškas, neturi kvapo, yra nedegus. Atsparumas ugniai sumažina riziką, džiovyklose reikalinga mažesnė oro cirkuliacija. Nereikia rūpintis lakiųjų medžiagų šalinimo sistema. Kai kurios vandens pagrindo dangos yra lengviau valomos, atskirais atvejais tai tampa sudėtingiau [28]. Vandens pagrindu dangos spalva, blizgumas, atsparumas smūgiams, atmosferinėms sąlygoms, korozijai yra labai panašus kaip ir tirpiklio pagrindu dangos [25].

Tačiau šios medžiagos turi ir kelis trūkumus, susijusius su dengimo procesais: vanduo, esantis medžiagoje, pakelia medienos pluoštą, be to vandens slaptoji šiluma yra didelė, ypač pramoninėse sąlygose [18]. 25 °C temperatūroje danga džiūsta lėtai. Dažnai reikalinga aukštesnė temperatūra, tam kad džiūvimo procesas taptų trumpesnis. Tačiau aukštesnėje temperatūroje gali deformotis pats gaminy. Vandens pagrindu dangos turi didesnius paviršinius įtempius nei tirpiklio pagrindu [28].

### **1.3.7. Skaidrių polimerinių medžiagų irimo procesas**

Mediena, apdailinta skaidria apdailos medžiaga, apsaugojama nuo atmosferinių sąlygų tik trumpą laiką. Regimosios šviesos (VIS) ir ultravioletiniai (UV) spinduliai prasiskverbia pro skaidrią apdailą. Dėl fotocheminių reakcijų pradeda irti polimerinė medžiaga bei medienoje esantis ligninas, prarandama adhezija tarp apdailos medžiagos ir medienos paviršiaus [30].

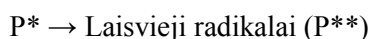
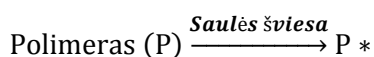
Polimerinėms medžiagoms žalingiausia UV-B spinduliuotė (290 – 315 nm). Polimerinės medžiagos fotocheminiai pokyčiai priklauso nuo medžiagos sudėties. Skirtingų polimerų fiziniai, cheminiai ir mechaniniai pokyčiai yra nevienodi. Pagal šiuos pokyčius galima nustatyti apdailos medžiagos atsparumą atmosferinėms sąlygoms. Fotocheminės reakcijos sukelia polimerų spalvos

pokyčius, pažeidžiamas paviršius, atsiranda įskilimai, atsilupimai, prarandamas paviršiaus vientisumas, sumažėja adhezijos stipris [31].

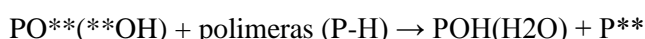
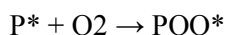
Labiausiai dangos struktūros pokyčius įtakoja fotooksidacijos ir hidrolizės reakcijos, kurias sukelia saulės šviesa, vanduo bei deguonis. Fotooksidacija ir hidrolizė yra tarpusavyje susijusios reakcijos: fotooksidacijos procesas intensyvesnis drėgnoje aplinkoje, o hidrolizės procesas tampa greitesnis saulės apšviestoje vietoje. Be to, šios dvi cheminės reakcijos vyksta intensyviau esant aukštesnei temperatūrai. Hidrolizės procesas gali būti sukeltas dėl rūgščių, pavyzdžiui rūgštaus lietaus. Kiti atmosferos teršalai tokie kaip ozonas ir azoto, sieros oksidai taip pat neigiamai veikia polimerines dangas. Temperatūros ir drėgmės svyravimai gali sukelti dangos įskilimus.

Polimerų fotooksidacija vyksta grandinine reakcija (8 pav.):

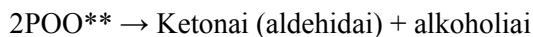
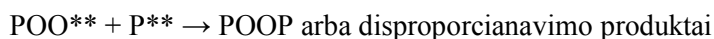
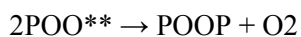
***Reakcijos inicijavimas***



***Radikalų augimas***



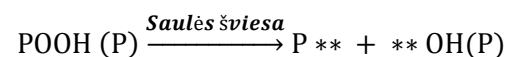
***Grandinės nutraukimas***



***Polimero skilimas***



***Autokatalizinė reakcija***



**8 pav.** Polimerų fotooksidacija (*Wicks Z.W ir kiti, 2007*)



Polimerinė apdailos medžiaga (P), sugerdama UV spindulius, tampa labai energingos sužadintos būsenos (P\*), kas sąlygoja jungčių skilimą dėl laisvųjų radikalų (P\*\*). Laisvieji radikalai sukelia grandininę reakciją su deguonimi O<sub>2</sub> (autooksidacija). Hidroperoksidai (POOH) ir peroksidai (POOP) yra nestabilūs fotooksidacijos produktai. Dėl saulės šviesos ir šilumos jie atsiskiria, gaunami alkoxi (PO\*) ir hidroksi (HO\*) radikalai. Šie radikalai yra labai reaktyvūs, jie išskiria vandenilį ir taip gaunami polimerų radikalai (P\*), kurie sukelia polimero irimą. Trečiojoje stadijoje alkoxi radikalai skyla į ketonus ir mažos molekulinės masės polimerų radikalus (P<sup>c\*</sup>), kurie lemia polimero skilimą [28].

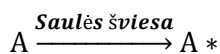
## 1.4. POLIMERINIŲ MEDŽIAGŲ PRIEDAI

Norint apsaugoti medieną nuo fotocheminių reiškinių, galima naudoti tam tikrus priedus, kurie atspindi arba sugeria UV spindulius nepakenkdami polimerinei medžiagai, sugaudo laisvuosius radikalus, sustabdydami fotocheminę reakciją. Tokie priedai dažnai dedami į įvairių apdailos medžiagų sudėtį [13].

### 1.4.1. UV sugėrikliai

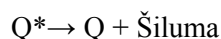
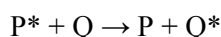
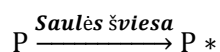
UV sugėrikliai – tai priedai, dedami į apdailos medžiagas, kurių tikslas yra apsaugoti dangas nuo saulės skleidžiamų UV spindulių. UV sugėrikliai sugeria saulės elektromagnetines bangas, kurių ilgis yra mažesnis nei 400 nm. Ši saulės elektromagnetinių bangų energija virsta į nereaktyvią šilumą, kuri vėliau išsisklaido (9 pav.) [18].

#### UV sugėrikliai (A):



Bendrai: UV spinduliuotė → Šiluma

#### Sužadintos būsenos UV slopintojai (Q):



Bendrai: UV spinduliuotė → Šiluma

**9 pav.** UV stabilizatorių fotocheminės reakcijos, P – polimeras, P\* – sužadintas polimeras (*Wicks Z.W ir kiti, 2007*)

UV sugėrikliai gali būti dviejų tipų – sugėrikliai (A), kurie sugeria UV spinduliuotę ir paverčia ją šilumine energija ir slopintojai (Q), kurie atspindi UV spindulius. Tačiau literatūroje šios medžiagos vadinamos tiesiog UV sugėrikliais [28]. UV sugėrikliai gali būti dviejų tipų – organiniai ir neorganiniai [18].

### 1.4.2. Organiniai UV sugėrikliai

Organiniai UV sugėrikliai yra 2-hidroksibenzofenonai, 2-hidroksifenilbenztriazoliai, 2-hidroksifenilfeniltriazinai, ir oksilindai [32]. Pagrindinis skirtumas tarp šių priedų yra tai, kad jie sugeria skirtingo ilgio bangas bei turi skirtingas molekulinės mases [18]. Kiekvienas organinis UV sugėriklis absorbuoja tik siaurą UV spektro dalį [33]. UV sugėriklių charakteristikas nusako jų chromoforinės grupės [13]. Lyginant su neorganiniais UV sugėrikliais, šios medžiagos turi mažas molekulinės mases, todėl jos gali migruoti pačioje dangoje ir medienoje. Dėl šio migravimo, stabilizatoriai turintys esterio jungtis, hidrolizuojasi į įvairaus laipsnio karboksilines druskas ir alkoholius. Stabilizatorių acetilo grupės taip pat hidrolizuojasi. Dėl šios priežasties, organiniai UV stabilizatoriai praranda gebėjimą apsaugoti dangas nuo fotocheminių procesų. Organiniai UV sugėrikliai yra jautrūs šilumai, todėl jų gyvavimo laikas trumpas [34]. Todėl organiniai UV sugėrikliai yra mažiau atsparūs nei neorganiniai [35].

### 1.4.3. Neorganiniai UV sugėrikliai

Neorganiniai junginiai gali blokuoti saulės spinduliuotę ir apsaugoti medieną bei polimerinę medžiagą nuo suirimo. Neorganinės metalų oksidų (Fe, Ti) dalelės yra dažnai dedamos į neskaidrias apdailos medžiagas [13]. Į skaidrias apdailos medžiagas dedamos metalų oksidų nanodalelės (1 lentelė). Neorganiniai UV sugėrikliai absorbuoja plačią UV spektro dalį [33]. Nanodalelės traktuojamos kaip tarpininkai tarp makromedžiagų ir atominių bei molekulinė struktūrų, kurių matmuo mažesnis nei 100 nm [36].

Kuo nanodalelės smulkesnės, tuo jos geriau išsklaido trumpųjų bangų spindulius [13]. Tačiau kuo nanodalelės mažesnės, tuo jų intensyvumas, paviršiaus energija, fotokatalitinis aktyvumas didesnis [37,38]. Esant didesnei paviršiaus energijai, nanodalelės linkusios labiau sulipti – agreguotis [37,39]. Kuo mažesnės nanodalelės ir kuo jų koncentracija mažesnė apdailos medžiagoje, tuo danga skaidresnė [40]. Nanodalelės gali būti dviejų būsenų: miltelių arba dispersijos pavidalo. Dispersijoje nanodalelės išsklaidomos neigiamų jonų, specialių medžiagų – surfaktantų, pagalba [37].

1 lentelė. Įvairių metalų oksidų nanodalelių savybės [41-43]

Nr.	Nanodalelių funkcijos	Nanodalelių pavyzdžiai
1	Atsparumas ugniai	SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub>
2	Hidrofobiškumas	CeO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub>
3	UV atsparumas	CeO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , ZnO, SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub>
4	Biocidai	SiO <sub>2</sub> , Ag, Zn, Cu
5	Atsparumas dilimui, įskilimams	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ca(OH) <sub>2</sub>
6	Kietumo padidinimas	Ca(OH) <sub>2</sub>

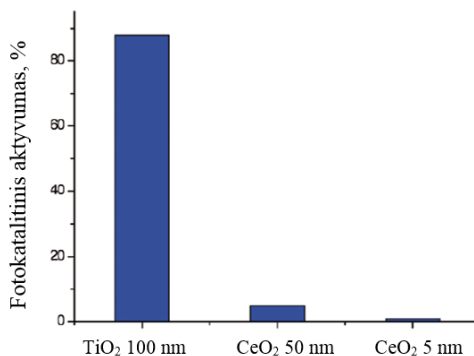
Plačiausiai naudojamos  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CeO}_2$  nanodalelės. Šios nanodalelės yra fotoaktyvios ir sugeria UV spindulius dėl jų elektroninės struktūros [37,44]. Šios nanodalelės plačiausiai naudojamos skaidriose apdailos medžiagose, siekiant pagerinti jų fotostabilumą.

Titano dioksidas ( $\text{TiO}_2$ ) gali būti skirtingos kristalinės struktūros: brukito, rutilo ir anatazo formos. Pastarosios dvi plačiau naudojamos [45].  $\text{TiO}_2$  šviesos lūžio rodiklis yra 2,7 (rutilo), 2,5 (anatazo). Šie šviesos lūžio rodikliai yra didesni, nei skaidrių medžiagų [46]. Titano dioksidas yra baltas, tačiau  $\text{TiO}_2$  nanodalelės tampa skaidrios regimojo šviesos spektre (400-700 nm), kai jų dydis yra 2-50 nm [47].  $\text{TiO}_2$  pagerina organinių dangų patvarumą, absorbuodamas UV spinduliuotę, apsaugo nuo fotosuirties. Nors  $\text{TiO}_2$  yra geras UV sugėriklis ir suteikia gerą apsaugą nuo UV spindulių, tačiau sąveika tarp UV spinduliuotės ir  $\text{TiO}_2$  nanodalelių paviršiaus sukelia laisvųjų radikalų formavimąsi, kurie gali ardyti polimerinę dangą [44, 48]. Todėl  $\text{TiO}_2$  nanodalelės yra dažnai padengiamos atitinkama medžiaga – pvz.  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , siekiant sumažinti  $\text{TiO}_2$  nanodalelių fotokatalitinį aktyvumą [45].  $\text{TiO}_2$  nanodalelių trūkumas – danga sendinimo metu gali tapti balkšvesnė [49].

$\text{ZnO}$  nanodalelių kristalinė būseną - viurcito struktūros [50].  $\text{ZnO}$  nanodalelės sugeria didelę dalį UV spindulių spektro, yra skaidrios matomos šviesos spektre. Tačiau kaip ir kitų metalų oksidų ( $\text{CeO}_2$  ir  $\text{TiO}_2$ ) panaudojimas yra ribotas dėl  $\text{ZnO}$  fotokatalitinių savybių [51,52]. Kai UV spinduliavimo energija tampa didesnė nei  $\text{ZnO}$  energija, susikuria elektronų – skylių poros. Šis fotokrūvis sukelia oksidacijos reakcijas ant nanodalelių paviršiaus, susiformuoja laisvieji radikalai, kurie įtakoja organinių molekulių irimą. Tam, kad būtų sumažintas  $\text{ZnO}$  nanodalelių fotoaktyvumas, taip pat naudojamas  $\text{SiO}_2$ . Silicio oksidas yra hidrofiliškas, stabilios būsenos, saugus, nėra brangus [52].  $\text{ZnO}$  nanodalelės sendinimo metu neįtakoja dangos spalvos pokyčio. [49].

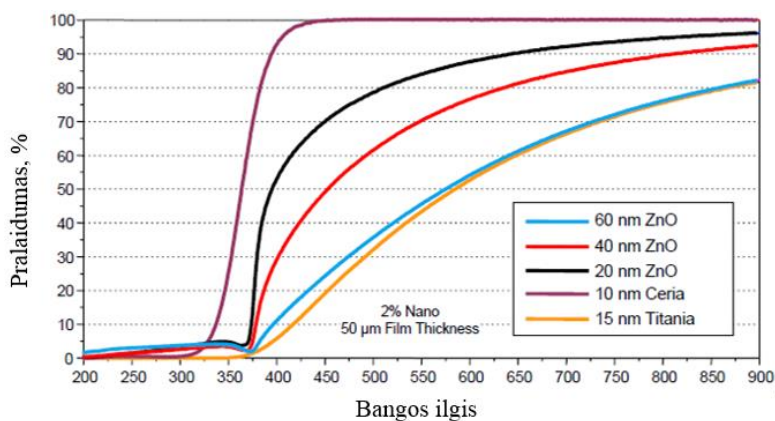
Cerio oksidas yra kubinės fluorito tipo struktūros [39,53,54].  $\text{CeO}_2$  lūžio rodiklis yra 2,1-2,2, labai panašus kaip ir  $\text{ZnO}$  (2,0-2,1), tad cerio oksidas yra skaidresnis nei  $\text{TiO}_2$  (11 pav.). [55] Cerio oksido nanodalelės mažiau agreguojasi [37]. Cerio oksidas gerai sugeria UV spinduliuotę, turi mažesnę fotokatalitinį aktyvumą nei  $\text{TiO}_2$  ar  $\text{ZnO}$  [44, 55-58] (10 pav., 2 lent.). Yra gerai žinoma, kad didėjant nanodalelių specifiniui paviršiui, didėja ir fotokatalitinis aktyvumas. Cerio oksido nanodalelėms ši tendencija yra priešinga: didėjant specifiniui paviršiui, fotokatalitinis aktyvumas mažėja (10 pav.) [56,57]. Pagal Zholobak [57] gautus duomenis, 1 – 2 nm cerio oksido dalelės išvis nepasižymi fotokatalitiniu aktyvumu.  $\text{CeO}_2$  katalitinis aktyvumas padidėja tik aukštesnėse temperatūrose [59]. Tam, kad būtų dar labiau sumažinamas fotokatalitinis aktyvumas, daromos metalų oksidų nanodalelių sistemos, tokios kaip  $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2\text{-SiO}_2$ ,  $\text{CeO}_2\text{-SiO}_2$ ,  $\text{ZnO-CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  -

$Y_2O_3$  [44,46,60]. Pagrindinis  $CeO_2$  trūkumas kaip UV sugėriklio yra tai, kad veikiant UV spinduliams pasireiškia stiprus apdailos medžiagos spalvos pokytis – geltonavimas [46,49,60].



10 pav. TiO<sub>2</sub> ir CeO<sub>2</sub> nanodalelių fotokatalitinis aktyvumas, % (Herrling T. 2003)

TiO<sub>2</sub>, ZnO, CeO<sub>2</sub> nanodalelės pasižymi skirtingomis savybėmis (11 pav., 2 lent.). Tačiau nei viena iš jų neturi idealių savybių. Pavyzdžiui skaidriausia medžiaga – CeO<sub>2</sub>, tačiau UV spindulius sugeria tik iki 350 nm, kai TiO<sub>2</sub> sugeria iki 375 nm, tačiau TiO<sub>2</sub> yra mažiau skaidri medžiaga.



11 pav. 50 μm storio nanodangų, kuriose yra 2% ZnO, CeO<sub>2</sub> ir TiO<sub>2</sub> nanodalelių, pralaidumo spektrai, (Cayton R.)

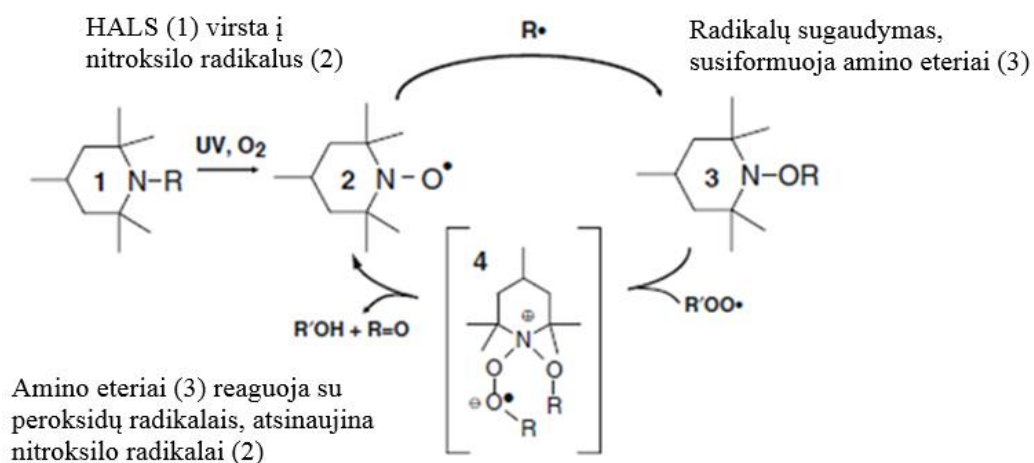
2 lentelė. Neorganinių ir organinių UV sugėriklių savybių palyginimas (Cayton R.)

Savybė	ZnO	CeO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Organiniai UV sugėrikliai
Skaidrumas	o	+	-	+
Ilgamžiškumas	+	+	+	-
Nėra migracijos	+	+	+	-
Nefotokatalitinis	+	+	-	+
Cheminis stabilumas	-	+	+	+
UV absorbcijos riba	< 375 nm	< 350 nm	< 375 nm	Įvairios
Absorbcijos efektyvumas	o	o	+	+

#### 1.4.4. Laisvųjų radikalų gaudikliai

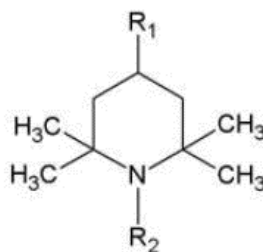
Laisvieji radikalai – tai nestabilios molekulės, turinčios neparinį elektronų skaičių. Laisvieji radikalai stabilizuojasi atimdami elektroną iš polimerinės apdailos medžiagos arba iš medienos. Laisvųjų radikalų gaudikliai nesugeria UV spinduliuotės, tačiau gaudo laisvuosius radikalus – atiduoda savo elektroną, ir taip laisvieji radikalai tampa stabilūs [18]. Amino šviesos stabilizatoriai (HALS), fenoliniai antioksidantai, sunkieji angliavandeniliai, glikoliai gali būti naudojami kaip laisvųjų radikalų gaudikliai. Apdailos medžiagų ir medienos apsaugos sistemoje plačiausiai naudojami HALS junginiai [13].

HALS yra termiškai ir šviesos atžvilgiu stabilūs 2,2,6,6-tetrametil piperidino junginiai [61]. Dažnai HALS dalelės ir UV sugėrikliai naudojami kartu, tam, kad būtų pasiektas maksimalus medienos ir jos dangos apsaugos lygis. UV sugėrikliai negali visiškai apsaugoti nuo UV spindulių. Maža dalis spindulių nėra absorbuojama, pastarieji sukelia laisvųjų radikalų formavimąsi ir paviršius pradeda irti. HALS dalelės sugaudo laisvuosius radikalus ir sustabdo irimo procesą [62]. HALS junginių paviršiaus stabilizacijos procesas apibūdinamas kaip cikliškas grandinių trūkimo procesas, kitaip vadinamas Denisovo ciklu (12 pav.). Pirmame etape esant deguoniui ir UV spinduliams, HALS junginiai (1) virsta į nitroksilo radikalus (2), kurie „sugaudo“ laisvuosius radikalus po aminoeterių susiformavimo (3). Po tarpinių struktūrų susiformavimo (4), amino eteriai (3) sąveikauja su peroksido radikalais ir skyla į nekenksmingus alkoholius ir ketonus kol nitroksiliniai radikalai (2) formuojasi iš naujo [63].



12 pav. HALS junginių veikimo modelis pagal „Denisovo ciklą“ (Schaller C. 2009)

HALS gali turėti skirtingas molekulinės masės bei gali turėti skirtingas pakaitines grupes (R1 ir R2) (13 pav.). Radikalų gaudymo efektyvumas priklauso nuo R1 grupės, o tokios savybės kaip tirpumas, terminis atsparumas, judėjimas priklauso nuo R2 grupės. Atsparumas judėjimui taip pat priklauso ir nuo HALS molekulinės masės [13].



**13 pav.** HALS junginys, R<sub>2</sub>= H, alkil, alkanoil, alkoksi (Vollmer, 2008)

Kiti laisvųjų radikalų gaudikliai nėra tokie efektyvūs kaip HALS dalelės. Pavyzdžiui fenoliniai antioksidantai nutraukia laisvųjų radikalų gaminimąsi, tačiau neatsinaujina ir laikui bėgant jų koncentracija mažėja. Polietileno glikolis taip pat gali stabdyti laisvųjų radikalų susidarymą, tačiau jis suyra veikiant UV spinduliams [13].

#### **1.4.5. Lignino stabilizatoriai**

Lignino modifikacija lemia didesnę atsparumą fotocheminėms reakcijoms eksploatuojant medieną atmosferinėmis sąlygomis. Ligninas gali būti modifikuojamas reaktyviųjų metalų junginiais: chromo rūgštimi, vario, kobalto, chromatų, geležies chlorido ir nitrato, įvairius mangano, titano ir cirkonio junginiais. Tačiau pati efektyviausia fotostabilizacijos reakcijoje yra chromo rūgštis. Buvo atlikti tyrimai [64], kaip chromo rūgštis modifikuoja ligniną ir jis tampa fotostabilus. Pizzi kaip lignino modelį tyrimui naudojo gvajakolio tirpalą. Chromo rūgštis ir gvajakolio reakcijos metu susiformuoja amorfinis chromo (III) kompleksas. 2,6-dimetoksifenol ir chromo rūgštis oksidacijos metu gaunami amorfiniai chromo (III) chinono junginiai. Tikėtina, kad oksiduojantis chromo rūgščiai medienos paviršiuje taip pat susidaro chromo (III) chinono junginiai. Chinonai ir jų dariniai yra efektyvūs antioksidantai, gerai apsaugo nuo UV spindulių. Stabilus metalo-lignino-chinono junginys sąlygoja gerą medienos, modifikuotos chromo rūgštimi, fotostabilumą.

Mediena, modifikuota chromo rūgštimi, turi geresnę matmenų stabilumą, atsparesnę įskilimams, tampa mažiau hidrofiliška, tačiau tamprumo modulis sumažėja [13].

## 1.5. ĮVAIRIŲ MEDŽIAGŲ PRIEDŲ ĮTAKA MEDIENOS POLIMERINĖMS MEDŽIAGOMS

Pastaruoju metu atlikta nemažai mokslinių tyrimų, kuriuose nagrinėjamas UV stabilizatorių efektyvumas skaidriose eksterjero apdailos medžiagose. Organiniai ir neorganiniai UV sugėrikliai, HALS dalelės, lignino stabilizatoriai padidina įvairių polimerinių dangų fotostabilumą, sumažina UV spindulių pralaidumą.

Kanados mokslininkė M. V. Cristea su kolegomis [65] tyrė kaip akrilinė vandens pagrindo apdailos medžiaga su titano oksido (TiO<sub>2</sub>) ir cinko oksido (ZnO) nanodalelėmis (miltelių ir dispersijos pavidalu) gali apsaugoti nuo žalingų aplinkos veiksnių, tokių kaip UV spinduliai ir drėgmė. Juodosios pušies medienos bandiniai buvo dirbtinai sendinami, buvo stebimas dangos blizgesio, storio ir spalvos pokytis. Tyrime buvo pastebėta, kad nanodangos, paruoštos su nanodalelėmis miltelių pavidalu, turėjo labai gerą spalvos stabilumą, nepaisant to, kad šiose dangose buvo aptikta daugiau aglomeratų, nei dangose, paruoštos su nanodalelėmis dispersijos pavidalu. Spalvos stabilumas pasireiškė chromatinių spalvų ( $\Delta a$  ir  $\Delta b$ ) skalėje. Tačiau ši danga buvo linkusi tamsėti ( $\Delta L$ ), priešingai nei danga su nanodalelių dispersija [65]. Titano oksido (TiO<sub>2</sub>) ir cinko oksido (ZnO) nanodalelės išlaiko dangos spalvos stabilumą bei blizgumą ilgesnį laiką [66,67].

Nors danga su nanodalelių dispersija buvo mažiau atspari spalvos pokyčiams ( $\Delta a$  ir  $\Delta b$ ), po sendinimo testo ji išliko šviesesnė ( $\Delta L$ ), blizgumas bei plėvelės storis buvo didesnis. Nanodangos buvo gaminamos su skirtingomis cheminės sudėties dispersijomis. Pastebėta, kad nuo dispersijos tipo labai priklauso dangos spalvos pokytis  $\Delta a$  ir  $\Delta b$  skalėje [66].

Indų mokslininkai J. Salla ir kiti [68] taip pat atliko panašų tyrimą. ZnO nanodalelės (dispersijos pavidalu) buvo įmaišytos į maleino anhidrido, prisotinto polipropeno (MAPP) ir poliuretano (PU) pagrindais pagamintas bespalves apdailos medžiagas. Kaučiukmedžio medienos bandiniai buvo apdailinti su skirtingomis apdailos medžiagomis. Po sendinimo testo, buvo pastebėta, kad mediena apdailinta be ZnO nanodalelių pageltonavo, o MAPP ir PU dangos su ZnO nanodalelių dispersija spalvos pokytis buvo nežymus.

M. S. Lowry ir kiti [69] atliko tyrimą, kurio tikslas buvo nustatyti ryšius tarp ZnO nanodalelių koncentracijos, sausos plėvelės storio, UV spindulių absorbcijos ir dangos skaidrumo. Skaidriai dangai buvo naudojamas poliuretaninis/akrilinis polimeras. Buvo paruoštos 7 skirtingos dangos su skirtingomis ZnO nanodalelių koncentracijomis. Ant specialaus mikroskopinio stiklo buvo išlietos skirtingo storio dangos plėvelės. Visi bandiniai buvo sendinami 4000h. Kaip ir tikėtasi, dangos pralaidumas UV spinduliams mažėjo, didėjant nanodalelių koncentracijai. Tyrimai parodė, kad

skaidri apdaila su ZnO nanodalelėmis, kurių kiekis kvadratiname metre yra 2,0 g gali apsaugoti nuo UV spindulių iki > 99%. Tokios dangos spalva beveik nepakinta. Taip pat kuo storesnė plėvelė, tuo jo pralaidumas UV spinduliams mažesnis. Teoriškai tariant, kuo plonesnė danga, tuo joje turėtų būti didesnė ZnO nanodalelių koncentracija.

Slovėnijos mokslininkai N. Veronovski, D. Verhovsek, J. Godnjavec [45] tyrė TiO<sub>2</sub> nanodaleles, kurios dengtos SiO<sub>2</sub> skirtingomis koncentracijomis – 5% ir 10%. TiO<sub>2</sub> nanodalelės dengiamos SiO<sub>2</sub> sluoksniu, kad būtų sumažintas titano dioksido fotokatalitinės savybės. Šios nanodalelės buvo įmaišomos į vandens pagrindo akrilinę apdailos medžiagą. Tyrimo rezultatai parodė, kad danga be nanodalelių išliko labiausiai skaidri, tačiau neatspari UV spinduliuotei. Akrilinė danga su TiO<sub>2</sub> dengta 10% SiO<sub>2</sub> pasižymėjo didesniu dangos skaidrumu, o danga su TiO<sub>2</sub> dengta 5% SiO<sub>2</sub> buvo atsparesnė UV spinduliuotei. TiO<sub>2</sub> dengta 5% SiO<sub>2</sub> turi mažesnę silicio dioksido, dėl šios priežasties, pirmojo tipo nanodalelės susikongravusios arčiau viena kitos ir blokuoja UV spindulius. Antro tipo nanodalelės (su 10% SiO<sub>2</sub>) didesnės, todėl tarp jų susidaro didesnės ertmės, per kurias gali prasiskverbti UV spinduliai.

Kanados mokslininkai S. Saha, D. Kocafe ir kiti [70] atliko tyrimą su kaitinta pušies mediena – tyrė, kaip apdailos medžiagos įsigeria į medieną, kas vyksta medienos paviršiuje kai ji veikiama UV spinduliais. Kaitintos pušies (210°C) bandiniai buvo padengiami keturiomis skirtingomis dangomis, kurių pagrindas – akrilinė-poliuretaninė apdailos medžiaga, o priedai – organiniai antioksidantai (žievės ekstraktais), neorganiniai UV stabilizatoriai (titano mikrodalelės, titano nanodalelės ir ZnO nanodalelės). Gauti rezultatai parodė, kad danga, su organiniais UV stabilizatoriais buvo mažiausiai atspari UV spinduliuotei. Atspariausia danga buvo su ZnO nanodalelėmis. Pastebėta, kad dangos su TiO<sub>2</sub> nanodalelėmis mažiau praranda savo svorio [70,71].

Irano mokslininkai S. M. Mirabedini, M. Sabzi ir kiti [71] tyrė apdailos medžiagų, turinčių TiO<sub>2</sub> nanodalelių, dangos topografiją. Dalis TiO<sub>2</sub> nanodalelių buvo modifikuojamos butilo acetatu ir metiloksipropilo acetatu. Šios nanodalelės įmaišomos skirtingomis koncentracijomis į poliuretaninę dangą. Mokslininkai fiksavo dangų topografiją prieš ir po 1000h trukusio dirbtinio sendinimo testo. Dangų šiurkštumas prieš testą buvo skirtingas. Didėjant nanodalelių kiekiui didėjo ir dangos šiurkštumas. Kuo nanodalelių daugiau apdailos medžiagoje, tuo didesnis polimerinės matricos su TiO<sub>2</sub> nanodalelėmis fotokatalitinis irimas, tuo danga tampa šiurkštesnė po sendinimo. TiO<sub>2</sub> nanodalelių paviršiaus modifikacija butilo acetatu, metiloksipropilo acetatu, siliciu, silanu, aliuminiu ar cirkoniu sumažina nanodalelių fotokatalitinį aktyvumą, sumažėja jų laisvoji paviršiaus energija, todėl nanodalelės mažiau linkusios sulipti, polimerinėje matricoje pasiskirsto tolygiau. Aglomeratų



formavimasis dangos paviršiui suteikia ne tik didesnę jos šiurkštumą, bet ir didesnę spalvos pokytį  $\Delta E$ . Danga be modifikuotų  $\text{TiO}_2$  nanodalelių turėjo didžiausią bendrą spalvos pokytį po 1000h sendinimo.

Mokslininkai V. Blanchard ir P. Blanchet [72] tarpusavyje sulyginavo organinius ir neorganinius UV sugėriklius. Standartiškai buvo tiriama kaip šių UV sugėriklių dydis, koncentracija ir forma (miltelių ir dispersijos) apdailos medžiagoje įtakoja spalvos pokyčius veikiant UV spinduliuotei. Cukrinio klevo mediena buvo apdailinama vandens pagrindu poliuretano/poliakrilato derva. Į šią apdailos medžiagą buvo įmaišomos  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CeO}_2$  ir organinės Tinuvin nanodalelės.

Po dirbtinio medienos sendinimo testo (400h) gauti rezultatai parodė, kad dangos su organiniais priedais turėjo polinkį šviesėti, o dangos su metalo oksido nanodalelėmis turėjo polinkį tamsėti ( $\Delta L$ ). Neorganinės medžiagos yra atsparesnės UV spinduliuotei nei organinės medžiagos. Lyginant  $\text{ZnO}$  nanodalelių dydžio įtaką UV atsparumui, testo metu buvo pastebėta, kad  $\text{ZnO}$  nanodalelės, kurių dydis buvo 40 nm, buvo efektyvesnės nei  $\text{ZnO}$  20 nm [71]. Tačiau kituose literatūros šaltiniuose minima, kad kuo mažesnis nanodalelių dydis, tuo danga yra geriau apsaugoma nuo UV spindulių [73]. Medienos bandiniai labiau patamsėjo, kai į jų apdailos medžiagą buvo dėtos nanodalelės miltelių pavidalu. Pagal šviesumo pokytį  $\Delta L$ , nanodalelės dispersijos pavidalu mažiau efektyvesnės nei miltelių pavidalo. Taip gali būti dėl to, kad naudojami cheminiai produktai stabilizuoti dispersiją gali sumažinti jos efektyvumą prieš UV spinduliuotę. Apdailos medžiaga, kurioje buvo organinės ir neorganinės medžiagos turėjo didžiausią spalvos stabilumą [72].

R. Cayton [40] tyrime buvo sendinama pušies mediena, apdailinta skaidria apdailos medžiaga, be priedų, su organiniais UVA ir HALS ir su 4%  $\text{ZnO}$  nanodalelėmis (60 nm). Rezultatai parodė, kad  $\text{ZnO}$  nanodalelės geriausiai apsaugojo medieną nuo UV spindulių. Didėjant  $\text{ZnO}$  nanodalelių koncentracijai apdailos medžiagoje, didėja absorbuotų UV spindulių kiekis dangoje ties 375 nm, tačiau taip pat didėja ir dangos balkšvumas (angl. *haze*). Pavyzdžiui, danga su 3 %  $\text{ZnO}$  sugeria daugiau nei 99% UV spindulių, tačiau balkšvumas siekia 5,7. Tuo tarpu danga su 1 %  $\text{ZnO}$  sugeria 81% UV spindulių, dangos balkšvumas tik – 1,4. Dangos balkšvumas atsiranda dėl metalų oksidų šviesos išsklaidymo savybių. Kuo mažesnės nanodalelės, tuo dangos balkšvumas mažesnis, taip pat kuo mažesnis nanodalelių koncentracija dangoje, tuo balkšvumas mažesnis. Lyginant  $\text{ZnO}$  nanodaleles su organiniais UV sugėrikliais, jos sugeria plačią UV spektro dalį, nepakeičia dangos spalvos, danga išlieka stabilesnė su minimaliu balkšvumo atspalviu.

Austrai B. Forsthuber ir G. Grüll [74] tyrė amino šviesos stabilizatorių HALS ir UV sugėriklių ( $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ) kombinacijos efektyvumą polimetilakrilato skaidrioje dangoje. Taip pat buvo tiriamas

lignino stabilizatoriaus, susidedančio iš monomerinių HALS, efektyvumas. Buvo sudaromos įvairios apdailos medžiagos su šiais minėtais priedais. Neorganiniai UV stabilizatoriai – TiO<sub>2</sub> nanodalelės turėjo pačią geriausią apsaugą nuo UV spinduliuotės. Apdailos medžiaga su ZnO nanodalelėmis turėjo didžiausią spalvos pokytį. Organiniai UV stabilizatoriai skaidrioje dangoje taip pat parodė gerus rezultatus – medienos paviršiaus spalva pakito mažiau, ypač  $\Delta a$  ir  $\Delta b$  skalėse.

Kombinuojant šias dviejų tipų medžiagas – UV ir HALS stabilizatorius – buvo gauti geri rezultatai. HALS dalelės slopino organinių UV stabilizatorių ir plėvelės fotooksidacijos procesą. Neorganinių nanodalelių kombinacija su HALS turėjo priešingus rezultatus. Pirmiausia, neorganinės nanodalelės neskykla dėl saulės šviesos poveikio. Todėl HALS priedai nėra būtini, kad slopintų jų fotooksidaciją, nes ji nevyksta. HALS priedai dangose su neorganinėmis nanodalelėmis nepakeitė plėvelės irimo mechanizmo. Lignino stabilizatoriaus įvedimas į gruntą stipriai sumažino medienos spalvos pokyčius. Tačiau ZnO kombinacija su lignino stabilizatoriumi parodė visiškai priešingą rezultatą – bendras medienos paviršiaus spalvos pokytis tik padidėjo. Autoriai priėjo išvados, kad skaidrios dangos su TiO<sub>2</sub> nanodalelėmis ir lignino stabilizatoriumi ar dangos su organiniais UV stabilizatoriais, HALS ir lignino stabilizatoriais gali labai pagerinti medienos spalvos stabilumą, prailginti eksploataavimo laikotarpį [74].

Šveicarai C. Schaller, D. Rogez [75] priėjo taip pat prie panašios išvados, kad vieni organiniai UV stabilizatoriai nėra tokie efektyvūs, kaip jų kombinacija su HALS ir lignino stabilizatoriais. Bandiniai apdailinti be jokių priedų buvo labiausiai pažeisti UV spinduliuotės. Bandiniai apdailinti su organiniu UV stabilizatoriumi ir su HALS parodė geresnį apsaugos lygį, tačiau vis tiek pastebimi spalvos pakitimai. Geriausiai buvo apsaugoti bandiniai, apdailinti su alkidine derva, kurioje įvesti organiniai UV stabilizatoriai, HALS junginiai ir lignino stabilizatoriai.

Norvegijos mokslininkai S. M. Fufa, B. P. Jelle [76] atliko tyrimą su nanomoliu ir TiO<sub>2</sub> nanodalelėmis. Kaip dangos pagrindas buvo pasirinkta akrilinė apdailos medžiaga. Į ją įmaišoma nanomolio dalelės ir TiO<sub>2</sub> nanodalelės. Buvo tiriamas eglės medienos bandinių spalvos pokytis, jų hidroskopiškumas. Rezultatai parodė, kad dangos su priedais nebuvo ypač atsparios UV spinduliuotei ir drėgmės poveikiui. Dangoje esantis nanomolis gali prisijungti vandens molekules, taip sumažindamas dangos atsparumą drėgmei.

S. M. Fufa ir kiti [77] toliau tęsė tyrimą su hidrofiliško bentonito nanomoliu ir TiO<sub>2</sub> nanodalelėmis. Rezultatai parodė, kad didinant TiO<sub>2</sub> nanodalelių kiekį nuo 1 iki 3%, didėja medienos dangos irimas, užuot jį stabdžius. Priežastis gali būti prasta nanodalelių dispersija arba silpna nanodalelių sąveika su akriline danga. Medienos bandinių, padengtų apdailos medžiaga, kurioje buvo nanomolio, dangos irimas buvo prislopintas. Medienos bandiniai padengti danga, kurioje buvo abiejų

priedų, parodė labai panašius rezultatus – didėjant nanodalelių kiekiui (nuo 1 iki 3 %), mažėjo medienos apdailos medžiagos irimas. Šiuo atveju hidrofiliškos nanomolio dalelės su TiO<sub>2</sub> veikia sinergetiškai bei yra efektyvios prieš atmosferinius poveikius.

S. M. Fufa [78] taip pat tyrė TiO<sub>2</sub> ir molio nanodalelių efektyvumą medienos impregnante. Rezultatai parodė, kad eglės medienos bandiniai, impregnuoti su šiomis nanodalelėmis buvo atsparesni dirbtiniam sendinimo testui.

F. Aloui su kolegomis [79] tyrė organinių ir neorganinių UV stabilizatorių efektyvumą prieš UV spindulius. Po 800h trukusio dirbtinio medienos sendinimo testo buvo pastebėta kad dangos su organiniais ir neorganiniais UV stabilizatoriais (TiO<sub>2</sub>/15 nm, TiO<sub>2</sub>/10 nm) parodė geresnę medienos paviršiaus fotostabilizaciją nei be jų. Taip pat buvo pastebėta, kad dangos su organiniais UV stabilizatoriais parodė žymiai mažesnius spalvos pokyčius ( $\Delta E$ ) nei dangos su neorganiniais UV stabilizatoriais. Taip pat buvo išsiaiškinta, kad neorganiniai UV stabilizatoriai medienos paviršių mažiau apsaugojo nuo įskilimų, paviršiaus šiurkštumo padidėjimo. Toks fenomenas nepasireiškė naudojant organinius Tinuvin UV stabilizatorius. Skaidrios dangos su organiniais UV stabilizatoriais yra labiau lankstesnės ir elastingesnės, o dangos su neorganiniais UV stabilizatoriais – trapesnės. Tai gali paaiškinti įskilimų atsiradimą dangose su neorganiniais UV stabilizatoriais.

S. Saha su kolegomis [80] atliko tyrimą, kurio tikslas buvo apsaugoti kaitintą medieną nuo spalvos pokyčių. Šiam tikslui buvo naudojamos dangos su TiO<sub>2</sub> nanodalelėmis, organiniais UV sugėrikliais bei lignino stabilizatoriumi. Neapdailintos medienos spalvos pokytis po sendinimo buvo mažesnis, nei apdailintos medienos. Tačiau apdailinta mediena su TiO<sub>2</sub>, organiniais UV stabilizatoriais ir lignino stabilizatoriais, buvo labiau apsaugota nuo žalingų UV spindulių. Dangų spalvų pokyčiai parodė, kad danga su TiO<sub>2</sub> ir organiniais UV sugėrikliais tinkamai neapsaugo medienos paviršiaus nuo žalingų UV spindulių. Tačiau į šią dangą įdėjus lignino stabilizatorių, dangos apsaugos efektyvumas stipriai išauga. Taip pat labai svarbus aspektas yra tai, kad apdailinimo metu mediena sugeria dalį apdailos medžiagos, todėl svarbu užtikrinti tinkamą plėvelės storį. Mediena, padengta plona danga, tampa greičiau pažeidžiama.

Schaller ir kiti [49] atliko tyrimą su organiniais ir neorganiniais UV sugėrikliais: 2-2-hidroksifenil-benzotriazolio (BTZ) ir 2-hidroksifenil-s-triazino (HPT) dariniais ir su neorganiniais UV sugėrikliais – titano dioksidu (TiO<sub>2</sub>), cinko oksidu (ZnO), cerio oksidu (CeO<sub>2</sub>). UV sugėrikliai buvo maišomi į akrilinį vandens pagrindo skaidrų laką. Bandiniai buvo sendinami 4000 h. Stebimas spalvos pokytis ir skaidrumas. Pastebėta, kad geriausiai nuo UV spindulių apsaugojo organiniai HPT dariniai. Neorganiniai UV sugėrikliai parodė skirtingus rezultatus, priklausomai nuo jų cheminės prigimties. Iš vizualaus įvertinimo buvo matyti, kad danga su CeO<sub>2</sub> nanodalelėmis tapo rusvos

spalvos,  $\text{TiO}_2$  – danga tapo baltesnė, o  $\text{ZnO}$  nanodalelės spalvos pokyčiui neturėjo įtakos. Danga su  $\text{CeO}_2$  jau po 2000 h parodė pirmuosius erozijos ženklus.  $\text{ZnO}$  po 3000 h, taip pat ir organiniai BTZ dariniai, o  $\text{TiO}_2$  ir HPT po 4000 h dangos liko nepažeistos.

Kadangi vieni metalo oksidai turi trūkumų (fotokatalitinės savybės, spalvos įtaka), Cui su kolegomis [61] sudarė metalų oksidų sistemas (mišinius):  $\text{CeO}_2\text{-SiO}_2$  ir  $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2\text{-SiO}_2$ , siekiant sumažinti atskirų metalų oksidų trūkumus. Gauti rezultatai parodė, kada  $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2\text{-SiO}_2$  metalų oksidų mišinys stipriai absorbuoja UV spindulius (290 – 350 nm), yra atsparesnis spalvos pokyčiui (geltonavimui) bei yra skaidrus matomos šviesos spektre.  $\text{CeO}_2\text{-SiO}_2$  mišinys parodė padidėjusią UV spindulių absorbciją (275–400 nm). Dangos išliko skaidrios matomos šviesos spektre (400–700 nm), išskyrus dangas, kurios buvo storesnės nei 2,5  $\mu\text{m}$ . Šios dangos pageltonavo dėl  $\text{CeO}_2$  poveikio. Tačiau šis spalvos pokytis yra žymiai mažesnis, nei grynos  $\text{CeO}_2$  dangos. Autoriai priėjo išvados, kad efektyviausias metalų oksidų mišinys prieš UV spindulius yra  $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2\text{-SiO}_2$  ( $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2\text{-SiO}_2 > \text{CeO}_2\text{-SiO}_2 > \text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ).

## 2. MEDŽIAGOS IR TYRIMO METODIKA

### Bandiniai

Tyrimams pasirinkta pušies mediena. Bandinių matmenys 50 x 50 x 20 mm. Tyrimui naudojami dviejų tipų paviršiaus bandiniai – spindulinis ir tangentinis. Tangentinis paviršius yra tada, kai pjovimo kryptis yra metinės rievės liestinė, o spindulinis paviršius – kai pjovimo kryptis yra statmena metinei rievei. Bandinių paviršius – obliuotas. Bandinių matmenys buvo išmatuoti slankmačiu,  $\pm 0,1$  mm tikslumu. Kiekvienam bandiniui buvo nustatytas rėvių skaičius centimetre. Bandinių masė buvo nustatyta elektroninėmis svarstyklėmis „Kern EW 3000-2M“  $\pm 0,01$  mm tikslumu. Bandinių tankis nustatytas pagal formulę:

$$\rho_w = \frac{m_w}{a_w b_w l_w} \quad (1)$$

čia:  $\rho_w$  - medienos tankis,  $\text{kg/m}^3$ ;  $m_w$  - bandinio masė, kg;  $a_w, b_w, l_w$  - bandinio matmenys, m

Bandinių apdailinimui naudojami vandens pagrindo skaidrūs lakai: akrilinis (AK) ir vienkomponentis poliuretalinis (PU) lakas. Į lakų sudėtį atitinkamomis koncentracijomis įmaišoma  $\text{CeO}_2$  nanodalelių dispersija.

Buvo sudarytos keturios bandinių grupės, kurių kiekvienoje buvo penkios skirtingos  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijos. Bandinių žymėjimas susideda iš 5 simbolių:

3 lentelė. Bandinių žymėjimas

Eiliškumas	Simbolis	Reikšmė
1	L	Sendinama lauke
	V	Sendinama UV stende
2	PU	Poliuretalinis lakas
	AK	Akrilinis lakas
3	0	Apdailos medžiaga be nanodalelių
	1	Apdailos medžiaga su 1 % $\text{CeO}_2$
	3	Apdailos medžiaga su 3 % $\text{CeO}_2$
	5	Apdailos medžiaga su 5 % $\text{CeO}_2$
	7	Apdailos medžiaga su 7 % $\text{CeO}_2$
4	T	Tangentinis paviršius
	S	Spindulinis paviršius
5	1, 2, 3, 4, 5	Bandinio numeris

Vienoje natūralaus sendinimo bandinių grupėje yra 5 bandiniai, dirbtinio sendinimo grupėje – 4 bandiniai. Iš viso tyrimui naudojama 200 medienos bandinių.

Tam, kad galėtume įvertinti pačios apdailos spalvos pokytį, veikiant UV spinduliams, buvo apdailinti skaidrūs stikliukai (75 x 25 mm). Bandiniai apdailinti vandens pagrindu akriliniu ir vienkomponenčiu poliuretaniniu laku su skirtingomis CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos koncentracijomis (0, 1, 3, 5, 7 %). Bandiniai apdailinami rankiniu būdu, teptuku, vienu apdailos sluoksniu. Stikliukai žymimi AK arba PU ir nurodoma nanodalelių koncentracija.

#### **Medienos bandinių apdailinimas**

Buvo paruošta 10 skirtingų lakų tipų. (4 lent.) Kiekvieno lako paruoštas kiekis – 100 ml. Į specialius indelius įpilama apdailos medžiaga ir reikiamas CeO<sub>2</sub> nanodalelių kiekis. Naudojama CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersija vandens pagrindu. CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracija dispersijoje yra 18 %, kur vidutinis CeO<sub>2</sub> nanodalelių dydis yra 10 nm. CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos techninės charakteristikos nurodytos 5 lentelėje. Apdailos medžiaga maišoma su maišykle „Eurostar power control-visc“, 10 min, 2000 aps./min. Po maišymo paruoštas lakas paliekamas nusistovėti 30 min.

**4 lentelė.** PU ir AK lakų tipai su skirtingomis CeO<sub>2</sub> koncentracijos

<b>Apdailos medžiaga</b>	<b>CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos koncentracija apdailos medžiagoje, %</b>				
Akrilinis	0	1	3	5	7
Poliuretaninis	0	1	3	5	7

Prieš sendinimą, medienos bandiniai impregnuojami nuo biologinių kenkėjų (grybų, pelėsių, vabzdžių). Impregnanto techninės charakteristikos nurodytos 6 lentelėje. Impregnuojami tiek lauko, tiek vidaus bandiniai. Impregnuojama įmirkymo būdu, bandinius impregnante išlaikius 20 s. Nors dirbtiniam sendinimui bandinių impregnuoti nereikia, tačiau tai daroma dėl spalvos vienodumo. Po impregnavimo bandiniai išlaikomi 7 dienas standartinėmis oro sąlygomis. Po to nulakuojami skaidriu akriliniu laku ir vienkomponenčiu poliuretaniniu laku su atitinkamomis CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijomis. Lakų techninės charakteristikos nurodytos 7 ir 8 lentelėje. Bandiniai apdailinami rankiniu būdu, teptuku, dviem lako sluoksniais. Lakuojamas priekinis paviršius, kuriame bus stebimi spalvos pokyčiai ir du šoniniai kraštai. Bandinio galai ir „blogoji“ pusė nelakuojama. Po lakavimo bandiniai kondicionuojami 7 standartinėmis oro sąlygomis. Lauko bandinių galai nudažomi baltais, gruntiniais dažais, tam, kad drėgmė į medieną skverbtųsi mažiau. Dažų techninės charakteristikos nurodytos 9 lentelėje. Bandinio „blogoji“ pusė lieka neapdailinta, dėl įtempių pasiskirstymo.

**5 lentelė.** CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos techninės charakteristikos

Nr.	Charakteristika	Reikšmė
1	Tankis g/ml 20°C	1,21
2	Sausosios medžiagos	23%
3	Nanodalelių kiekis	18%
4	Nanodalelių dydis D 50	10 nm
5	Pliūpsnio temperatūra	>100°C
6	Rekomenduojamas priedo kiekis	4-8%
7	Tirpiklis	Vanduo

**6 lentelė.** Impregnanto techninės charakteristikos

Nr.	Charakteristika	Reikšmė
1	Tipas	Akrilinė emulsija
2	Specifinis tankis	1,01 ± 0,010
3	Klampus	DIN4 10 s ±1 s
4	Spalva	Švelniai geltona
5	Būseną	Skystas
6	pH	6.4 – 7.5 (priklausomai nuo koncentracijos)

**7 lentelė.** Akrilinio lako techninės charakteristikos

Nr.	Charakteristika	Reikšmė
1	Sausos medžiagos	42%
2	Tankis , kg/l 20°C	1,04
3	Spalva	Bespalvis
4	Blizgesys	27±2
5	Klampus	Tiksotropinis
6	Skiediklis	Vanduo 3-5%

**8 lentelė.** Poliuretaninio lako techninės charakteristikos

Nr.	Charakteristika	Reikšmė
1	Dervų tipas	Aliejumi modifikuotas uretanas
2	Skiediklis	Vanduo
3	Sausos plėvelės storis	50,8 μm
4	Blizgesys	Mažiausiai 87%
5	Lakiosios medžiagos	Maks. 275 g/l
6	Sausos medžiagos	28.5 – 31.5%
7	Spalva	Bespalvis
8	Klampus	140-230
9	Sunaudojimas	10 m <sup>2</sup> /l

**9 lentelė.** Gruntinių dažų techninės charakteristikos

Nr.	Charakteristika	Reikšmė
1	Išėiga	80-100 ml/m <sup>2</sup>
2	Sudėtis	Alkidinė derva, vaitšpiritai, pigmentai, neorganiniai užpildai, priedai
3	Lakiosios medžiagos	Maks. 340 g/l
4	Spalva	Balta

Po apdailos, bandinių storis buvo matuojamas elektroniniu slankmačiu  $\pm 0,01$ mm tikslumu. Matavimai atlikti trejose bandinio vietose. Buvo nustatytas sausos plėvelės storis.

### **2.1. UV-VIS spektroskopija**

Siekiant nustatyti apdailos medžiagų (AK ir PU lako) UV spindulių sugertį, naudotas UV-VIS spektrofotometras Perkin Elmer Lambda 35. Difuzinio atspindžio spektrams registruoti naudotas integralinės sferos priedas. Spektrai registruoti 300-700 nm bangos ilgio ruože, 120 nm/min greičiu. UV-VIS spektroskopijai naudojamos akrilinio ir poliuretano lako su skirtingomis CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijomis 100  $\mu$ m storio plėvelės, kurios išlietos naudojant specialų dangos lyginimo prietaisą.

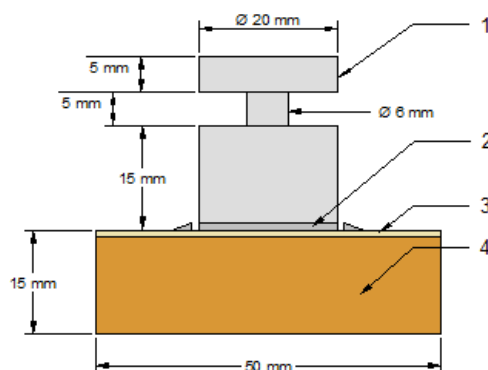
### **2.2. Apdailos adhezijos stiprio nustatymas**

Apdailos adhezijos stiprio nustatymui naudojami pušies bandiniai 20 x 50 x 50 mm, kurie apdailinti akriline ir poliuretanine danga su skirtingomis CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos koncentracijomis (0, 3, 7 %). Kiekvienai bandinių grupei pasirinktas bandinių skaičius – 5 bandiniai.

Adhezijos stipris nustatomas prieš bandinių sendinimą ir po 5 mėnesių natūralaus bandinių sendinimo. Iš viso adhezijos bandinių skaičius – 60.

Adhezijos stipris matuojamas naudojant nuplėšimo (angl. *pull-off*) metodą, pagal DIN EN ISO 4624 (2002) standartą. Principinė bandinio schema pavaizduota 14 paveiksle. Tyrimui naudojami plieno nutraukimo cilindrai ( $\varnothing$  20mm). Cilindrų priklijavimui prie apdailintų bandinių naudojami momentiniai ciano akriliniai klijai. Suklijuoti bandiniai veikiami prispaudimo jėga 24h. Prieš bandinių adhezijos stiprio matavimą, bandiniai apipjauti aplink nutraukimo cilindrą naudojant rėžtuvą, kad būtų išmatuotas adhezijos stipris tik priklijuoto cilindro plote.





**14 pav.** Bandinys: 1 – nutraukimo cilindras; 2 – sanklija; 3 – apdaila; 4 – mediena.

Cilindrų nuplėšimui naudojama tempimo mašina 2055-P-05 YXL, kur tempimo greitis 30mm/min. Bandinys tvirtinamas specialiuose griebtuose. Kiekvieno bandymo metu išmatuoti šie parametrai: jėga  $F$ , N; laikas  $t$ , s ir kelias  $L$ , mm. Adhezijos stipris  $\sigma$ , MPa apskaičiuotas iš formulės:

$$\sigma = F/A, \text{ MPa} \quad (2)$$

čia:  $F$  – suirties jėga, N;  $A$  – cilindro plotas, mm.

Po kiekvieno bandymo buvo įvertinta vizualinė bandinių suirties kokybė procentais, kur  $A$  – suirtis per medieną,  $A/B$  – suirtis per apdailą, –  $Y/Z$  suirtis per klijus (priedas Nr.2).

### 2.3. Dirbtinis bandinių sendinimas

Dirbtinis bandinių sendinimas vyksta specialiame sendinimo stende atsižvelgiant į BS EN 927-6 standartą (2006). UV stendas sudarytas iš 4 UV lempų (340 nm, 0,71 W/m<sup>2</sup>, 62°C), kurių spektras labiausiai atitinka saulės skleidžiamų UV spindulių spektrą. Šiame stende sendinama 80 pušies bandinių ir 20 apdailintų stikliukų bandinių. Bandiniai prieš sendinimą kondicionuojami 20 ± 2 °C temperatūroje, 65 ± 5 % drėgmėje (pagal ISO 554 standartą). Išviso sendinama 300 h, bandinių spalvos pokytis matuojamas po: 0, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250 ir 300 h. Bandiniai stende išdėstomi 3 eilėmis tarp lempų. Kas 24h bandinių eilės sukeičiamos vietomis, tam kad bandiniai gautų kuo vienodesnį UV spindulių spektro intensyvumą.

### 2.4. Natūralus bandinių sendinimas

Natūralus bandinių sendinimas atliekamas atsižvelgiant į EN 927-3 standartą (2000). Bandinių sendinimas vyksta lauke, specialiame stende, kuris pakreiptas 45° kampu į saulę, į pietų pusę (15 pav.). Stendas pagamintas iš medienos ir aliuminių profilių, į kuriuos dedami medienos bandiniai.



**15 pav.** Natūralaus bandinių sendinimo stendas

Šiame stende sendinami 100 bandinių (50x50x20 mm). Natūralaus sendinimo bandinių galai nudažyti specialiais baltais gruntiniais dažais, tam kad drėgmė skverbtųsi mažiau, bei tam, kad būtų eliminuotas bandinio ilgis.

Bandiniai sendinami 10 mėnesių. Bandinių spalvos ir drėgmės matavimai atlikti tokiu grafiku: 0, 3, 10, 20, 40, 60, 90 diena, 4 mėn., 5 mėn. ...10 mėn. Bandinių sendinimo pradžia – 2014 gegužės 12 diena, pabaiga – 2015 balandžio 27 diena. Kai bandiniai išimami iš stendo, bandiniai yra pasveriami, kad būtų galima įvertinti bandinių drėgmės pokytį. Išimti bandiniai kondicionuojami standartinėmis oro sąlygomis 3 dienas ir tik po atliekami bandinių spalvos matavimai su spektrofotometru.

## **2.5. Bandinių drėgmės pokyčio matavimas**

Ruošiant bandinius, iš pušies lentų, skirtingų jos vietų, buvo išpjautos 4 drėgnio sekcijos (115x40x8 mm). Jos pasveriamos (gaunama  $m_w$  reikšmė) elektroninėmis svarstyklėmis „Kern EW 3000-2M“  $\pm 0,01$  mm tikslumu ir džiovinamos iki nekintamos masės. Tokiu būdu gauta sausos medienos masė ( $m_0$ ). Turint šiuos parametrus, pagal formulę (3) galima nustatyti bandinių drėgnį.

$$\omega = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

čia:  $\omega$  – medienos drėgmė, %;  $m_w$  – šlapios medienos masė, g;  $m_0$  – visiškai sausos medienos masė,

Natūralaus sendinimo bandinių drėgnis matuojamas tokiu grafiku: 0, 3, 10, 20, 40, 60, 90 diena, 4 mėn., 5 mėn ...10 mėn.

## 2.6. Bandinių fotografavimas

Visi medienos bandiniai sendinimo metu fotografuojami vizualiam bandinių įvertinimui. Bandinių fotografavimo grafikas toks pats, kaip ir spalvų matavimo grafikas. Bandiniai fotografuojami specialiaame stende, kuriame tolygiai paskirstytas dienos šviesos apšvietimas. Stebimas bandinių spalvos pokytis, mikroįtrūkimų, pelėsio atsiradimas. Bandiniai prieš fotografavimą kondicionuojami 48 h.

## 2.7. Bandinių spalvos matavimas

Medienos ir stikliukų, apdailintų akriliniu ir poliuretaniniu lakais, bendras spalvos pokytis matuojamas su spektrofotometru X Rite (digital swatchbook DTP 22). Naudojama CIE Lab spalvų sistema. Spalvos pokytis matuojamas dvejuose medienos bandinio taškuose, o stikliukų bandinių – trijuose taškuose. Spalva matuojama visada tame pačiame taške. Matavimų metu gaunami trys parametrai:  $L$ ,  $a$  ir  $b$ .  $L$  žymi šviesą ( $L$  gali svyruoti nuo 100 (balta) iki 0 (juoda), tuo tarpu  $a$  ir  $b$  parametrai yra chromatiškumo koordinatės ( $+a$  žymi raudoną spalvą,  $-a$  - žalią,  $+b$  - geltoną ir  $-b$  - mėlyną spalvas). Turint šiuos parametrus galima apskaičiuoti bendrą spalvos pokytį  $\Delta E$ :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4)$$

čia:  $\Delta L = L_n - L_1$ ;  $\Delta a = a_n - a_1$ ;  $\Delta b = b_n - b_1$

## 2.8. Pradiniai bandinių parametrai

Tyrimo pradžioje buvo nustatytas bandinių vidutinis tankis, pradinis drėgnis, rievių skaičius centimetre bei matmenys. Rezultatai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Bandinių parametrai

Nr.	Parametras	Reikšmė	Variacija, %
1	Medienos tankis	432,90 kg/m <sup>3</sup>	9,39
2	Pradinis bandinių drėgnis	10±1 %	4,96
3	Rievių skaičius centimetre tangentinio pav. bandiniuose	2 rievės/cm	18,35
4	Rievių skaičius centimetre spindulinio pav. bandiniuose	5 rievės/cm	20,08
5	Bandinių vidutiniai matmenys	b=49,46 mm	0,62
		l=49,46 mm	0,31
		h=20,28 mm	2,27

Taip pat buvo nustatytas pušies medienos apdailintų bandinių sausos plėvelės storis (11 lentelė). Gauti rezultatai rodo, kad akrilinio ir poliuretalinio plėvelės storiai yra panašūs.

**11 lentelė.** Apdailos medžiagų sausos plėvelės storių vidurkis

Nr.	Apdailos medžiaga	Sausos plėvelės storis	Variacija, %
1	Akrilinis lakas	59,5μm	30,14
2	Poliuretalinis lakas	56,0μm	35,40

## 2.9. Eksperimentinių duomenų statistinis apdorojimas

Gauti eksperimentiniai duomenys apdoroti statistiškai, patikrintas rezultatų patikimumas. Rezultatai surašyti variacine eilute, didėjimo tvarka (nuo  $x_{\min}$  iki  $x_{\max}$ ). Pagal formulę apskaičiuotas variacinės eilutės plotis R:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (5)$$

Taip pat apskaičiuoti svarbiausi statistiniai rodikliai:

Aritmetinis vidurkis  $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (6)$$

Dispersija  $s^2$ :

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (7)$$

čia:  $x_i - \bar{x}$  – atskiro rezultato nuokrypis nuo aritmetinio vidurkio;  $n$  – rezultatų skaičius

Eksperimentinis standartinis nuokrypis:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (8)$$

Variacijos koeficientas  $v$ :

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100, \% \quad (9)$$

Jei variacijos koeficientas  $v \leq 5 - 10 \%$ , rezultatų sklaida nedidelė, jei  $15 - 20 \%$  – didelė, jei  $\geq 20 \%$  – labai didelė.

Atsitiktinė matavimo paklaida  $\Delta$ :

$$\Delta = t_{\beta} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}; \quad (10)$$

čia:  $t_{\beta}$  – koeficientas (Stjudento kriterijus), priklausantis nuo nustatytos pasiklovimo tikimybės  $\beta$  (dažniausiai  $\beta=0,95$ ).

Pasikliautinis intervalas  $I_{\beta}$ :

$$I_{\beta} = (x - \Delta; x + \Delta) \quad (11)$$

Šis intervalas apibūdina rezultato (aritmetinio vidurkio) tikslumą. Kuo intervalas mažesnis, tuo yra geriau.

Santykinė atsitiktinė paklaida  $\delta_{ats}$ :

$$\delta_{ats} = \frac{\Delta}{x} \cdot 100, \% \quad (12)$$

Bendroji matavimo rezultato santykinė paklaida  $\delta_b$ :

$$\delta_b = \sqrt{\delta_{ats}^2 + \delta^2} \quad (13)$$

čia:  $\delta$  – santykinė sisteminė paklaida

Statistiniai skaičiavimai pateikti prieduose.

### 3. TYRIMO REZULTATAI IR DISKUSIJA

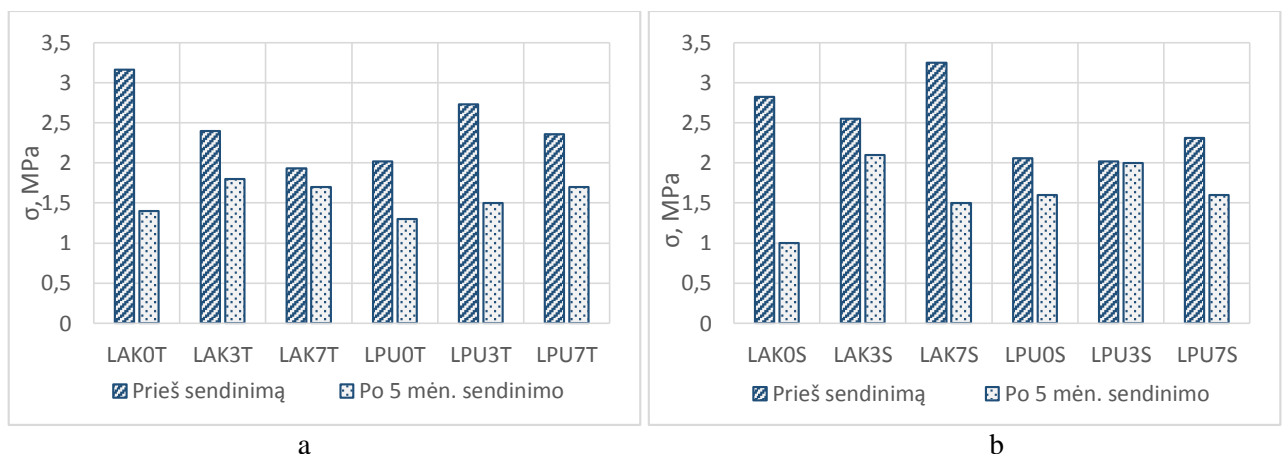
#### 3.1. Apdailos medžiagos adhezija

Bandiniai, eksploatuojami lauke, veikiami įvairių aplinkos veiksnių, tokių kaip temperatūra, santykinis oro drėgnis, UV spinduliai, vėjas, lietus. Atsiradę įtempiai dėl medienos nuodžiūvio ir išbrinkio paspartina dangos adhezijos sumažėjimą, danga atšoka ir pradeda luptis. Siekiant įvertinti tyrime naudojamų apdailos medžiagų patvarumą natūralioms sąlygoms, buvo nustatytas akrilinės ir poliuretalinės dangos adhezijos stipris prieš ir po 5 sendinimo mėnesių.

16 paveiksle (a) pateiktas tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu ir poliuretaniu laku su 0, 3 ir 7 %  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracija, adhezijos stipris prieš ir po 5 sendinimo mėnesių. Iš gautų rezultatų matome, kad bandiniai, apdailinti akriliniu laku prieš sendinimą be nanodalelių turi didžiausią adheziją (3,16 MPa), didėjant nanodalelių koncentracijai, adhezija mažėja (iki 1,93MPa). Po 5 mėnesių sendinimo, mažiausią adheziją turi LAK0T bandiniai (1,4 MPa). Bandinių LAK3T IR LAK7T adhezijos stipriai yra panašūs (atitinkamai 1,8 ir 1,7 MPa).

Bandinių, apdailintų poliuretaniu laku, adhezijos stipris prieš sendinimą apytiksliai vienodas,  $\text{CeO}_2$  koncentracijos įtaka beveik nepastebima. Po 5 mėnesių sendinimo, mažiausias adhezijos stiprio sumažėjimas pastebimas ant LPU7T bandinių (28,0 %), didžiausias – ant LPU3T (45,1%)

16 paveiksle (b) pateiktas spindulinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu ir poliuretaniu laku su 0, 3 ir 7 %  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracija, adhezijos stipris prieš ir po 5 sendinimo mėnesių. Iš gautų rezultatų matome, kad bandiniai, apdailinti akriliniu laku turi didesnę adhezijos stiprį, nei bandiniai, apdailinti poliuretaniu laku. Tačiau po 5 mėnesių sendinimo, mažesnis adhezijos stiprio pokytis pastebimas ant PU apdailintų bandinių.

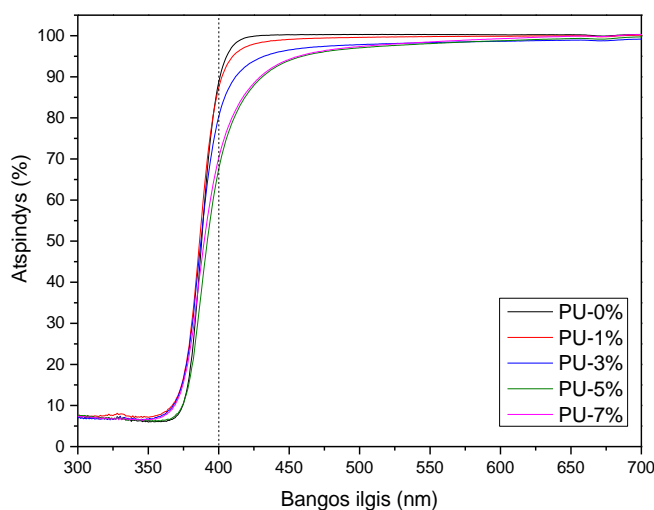


16 pav. Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK ir PU laku su 0, 3 ir 7 %  $\text{CeO}_2$ , adhezijos stipris prieš ir po 5 sendinimo mėnesių

Nors ir negalime išvelgti aiškios  $\text{CeO}_2$  koncentracijos ir adhezijos stiprio priklausomybės, tačiau dangos, su  $\text{CeO}_2$ , turi mažesnę adhezijos stiprio pokytį, nei be  $\text{CeO}_2$  nanodalelių. Tai reiškia, kad šios dangos yra stabilesnės, eksploatuojant natūraliomis sąlygomis.

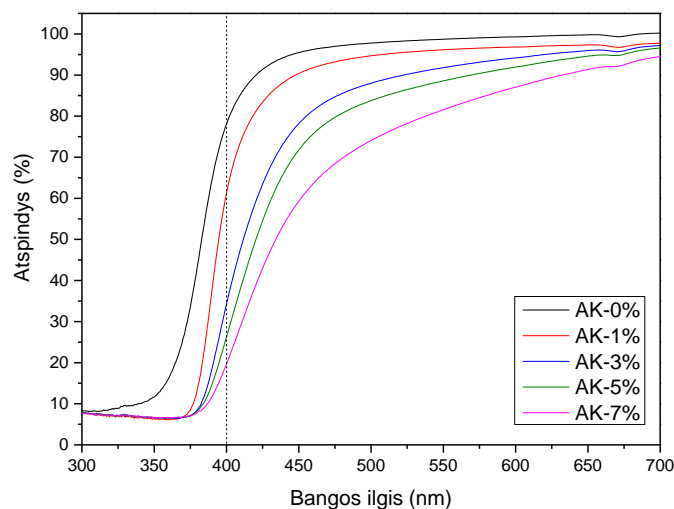
### 3.2. UV-VIS spektroskopija

UV-VIS spektroskopijos metodas leidžia nustatyti medžiagos ultravioletinių ir regimosios šviesos bangų sugertį. Iš sugerties spektro galima spręsti apie medžiagos savybes: atsparumą UV spinduliams, skaidrumą. Kai atspindys yra 0 % 280 – 380 nm spektro ruože, medžiaga yra idealiai atspari UV spinduliams. Kai atspindys yra 100 % 380 – 780 nm spektro ruože, medžiaga yra idealiai skaidri. Tačiau tokia medžiaga gamtoje neegzistuoja. Siekiant padidinti apdailos medžiagų atsparumą UV spinduliams, į apdailos medžiagų sudėtį dedamos neorganinės nanodalėlės ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ). Šiame tyrime buvo atlikta akrilinio ir poliuretalinio lako, su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  koncentracijomis, UV –VIS spektrinė analizė.



**17 pav.** PU lako plėvelių su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  koncentracijomis UV-VIS atspindžio spektrai

Tyrime buvo nustatyti akrilinio ir poliuretalinio lako, su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių dispersijos koncentracijomis (0, 1, 3, 5, 7 %) UV-VIS atspindžio spektrai. 17 paveiksle pateikti PU lako plėvelių atspindžio spektrai. Šiuose spektruose pastebima, kad didinant  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentraciją PU plėvelėje didėja sugertų UV spindulių kiekis. Taip pat pastebima, kad įvedant  $\text{CeO}_2$  nanodaleles į polimerines plėveles, sugertis didėja ir regimojo šviesos spektro dalyje (400-475 nm). Dėl šios priežasties plėvelės įgauna vizualiai matomą gelsvą spalvą. Lyginant gautus spektrus galima pastebėti, kad didinant  $\text{CeO}_2$  nanodalelių UV spindulių sugertis kinta nežymiai: PU1 % kreivė pasislenka apie 1%, PU3 % - apie 7 %, PU5 % - apie 25 %, o PU7 % - apie 22 %.



**18 pav.** AK lako plėvelių su skirtingomis CeO<sub>2</sub> koncentracijomis UV-VIS atspindžio spektrai

18 paveiksle pateikti AK lako plėvelių atspindžio spektrai. Spektuose pastebima, kad įvedant didesnę kiekį CeO<sub>2</sub> nanodalelių sugertis didėja 350-650 nm bangos ilgio ruože. Šiuo atveju įvedant tik 1% CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos, UV spindulių sugertis 350-400 nm ruože padidėja 45%. Kitų AK plėvelių UV spindulių sugertis didėja, didėjant CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijai: AK 3 % UV spindulių sugertis padidėja 60%; AK5 % - 74%, AK7 - 76%. Taip pat pastebima didesnė sugertis ir regimosios šviesos srityje (400 – 700 nm), todėl šios plėvelės turi gelsvesnę atspalvį.

Didėjant nanodalelių koncentracijai apdailos medžiagoje didėja sugeriamų UV spindulių kiekis. Organinė apdailos medžiaga tampa labiau atspari UV spindulių poveikiui. Tai patvirtina ir kitų autorių gauti rezultatai - M. S. Lowry [69], B. Forsthuber [74] ir kiti. Tačiau didėjant nanodalelių koncentracijai apdailos medžiagoje, gali mažėti dangos skaidrumas. Pavyzdžiui TiO<sub>2</sub> turi tendenciją į balkšvumą, CeO<sub>2</sub> – į geltonumą. Pasak F. Aloui [79] neorganiniai UV sugėrikliai turi didesnę sugertį regimojo spektro dalyje, nei organiniai UV sugėrikliai. Tai paaiškina dangų, su neorganiniais priedais, mažesnę skaidrumą.

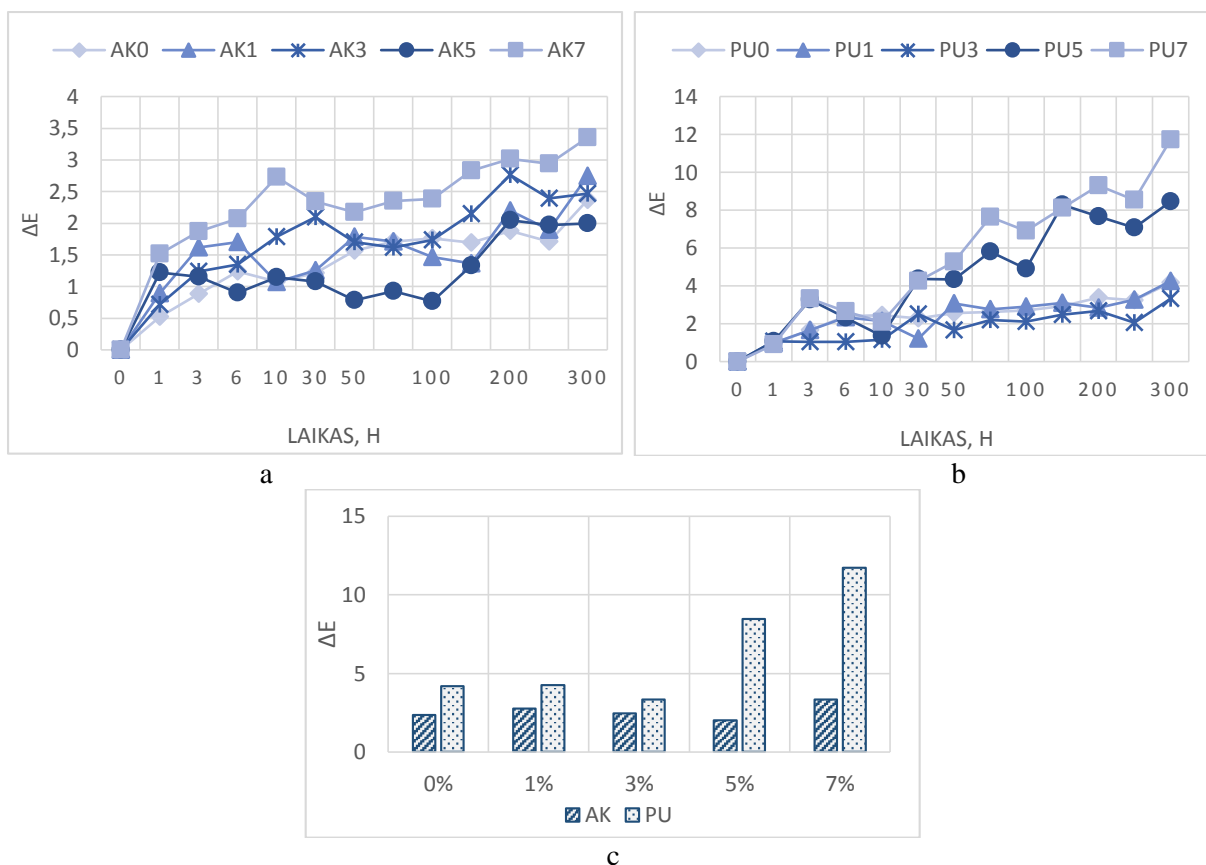
### 3.3. CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijos įtaka apdailos medžiagos spalvos stabilumui

Ultravioletiniai saulės spinduliai sukelia ne tik medienoje esančio lignino irimą, tačiau ir organinių polimerų – šiuo atveju akrilinės ir poliuretalinės apdailos medžiagos irimą. Senstant apdailos medžiagoms, jos turi tendenciją geltonuoti. Siekiant įvertinti kaip kinta dangų spalva sendinimo metu, buvo atliktas dangų sendinimo testas.



Skaidrūs stikliukai (75 x 25 mm) apdailinti AK ir PU lakais, su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių dispersijos koncentracijomis (0,1,3,5,7 %). Bandiniai sendinami 300 h specialiaame UV stende. Stebimas apdailos medžiagos spalvos pokytis.

Iš gautų rezultatų galima matyti, kad AK ir PU dangos, kurių sudėtyje yra 7 %  $\text{CeO}_2$  nanodalelių, turėjo didžiausią spalvos pokytį  $\Delta E$  – atitinkamai 3,35 ir 11,73 (19 pav. a, b). Dangos tapo geltonesnės.



**19 pav.** AK apdailos medžiagos bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  sendinant po UV lempomis (a); PU apdailos medžiagos bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  sendinant po UV lempomis (b); AK ir PU apdailos medžiagos bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  palyginimas tarpusavyje (c)

Cui [60] teigia, kad pagrindinis  $\text{CeO}_2$  trūkumas kaip UV sugėriklio yra tai, kad veikiant UV spinduliams pasireiškia stiprus medžiagos spalvos pokytis – geltonavimas. Be to, pasak Tessier [46] cerio oksidas šiek tiek sugeria matomos šviesos spindulius, dėl kurių taip pat gali susidaryti geltonos spalvos produktai. Lyginant tarpusavyje AK ir PU lakus, matomas aiškus skirtumas: PU lako bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  visais atvejais didesnis, nei AK lako (19 pav. c). Taip pat didėjant  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijai PU lake (5 ir 7 %) spalvos pokytis stipriai išauga. Tai galėjo įtakoti pačio lako sudėtis: aromatiniai izocianatai suteikia dangai kietumo, tačiau šviesa sukelia aromatinių žiedų fotooksidaciją, kurios metu formuojasi chinono junginiai. Šis procesas įtakoja dangos geltonavimą.

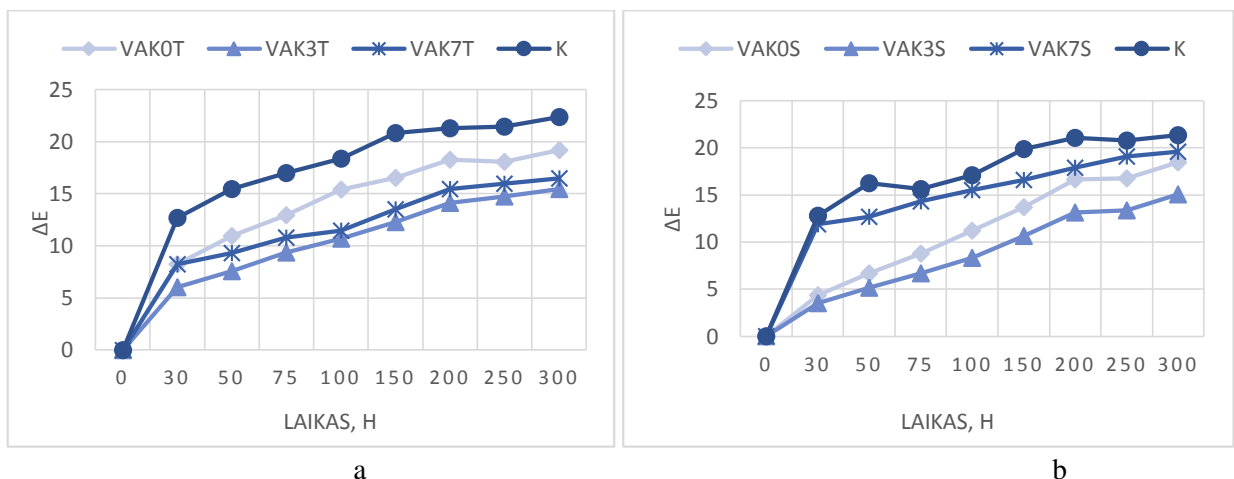
### 3.4. Dirbtinis bandinių sendinimas

Dirbtinis bandinių sendinimas su UV lempomis yra vienas iš metodų patikrinti dangų atsparumą UV spinduliams. Tačiau šis metodas nėra skirtas spręsti šviesos stabilumo, medienos drėgno, santykinio oro drėgno, metų ciklo įtakos problemų. Dirbtinio sendinimo naudingumas yra tai, kad šis metodas gali duoti santykinus medienos rodiklius, pagal konkrečias sąlygas.

Šio tyrimo metu buvo sendinami pušies medienos bandiniai (50 x 50 x 20 mm), apdailinti AK ir PU lakais su skirtingomis CeO<sub>2</sub> nanodalelių dispersijos koncentracijomis. Naudojamas dirbtinio sendinimo stendas su UV lempomis, kuriame bandiniai sendinami 300 h. Matuojamas bandinių spalvos pokytis  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta L$  skalėse, apskaičiuojamas bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ . Rezultatai vaizduojami grafikuose (20-28 pav.). Pagal gautus rezultatus ir vizualų įvertinimą, bandinius galima skirti į tris grupes pagal CeO<sub>2</sub> koncentracijos kiekį lake: I – 0 ir 1 %, II – 3 %, III – 5 ir 7 %. Todėl grafikuose vaizduojamos trys lakų koncentracijos (0, 3, 7 %), kurios labiausiai atspindi gautus rezultatus.

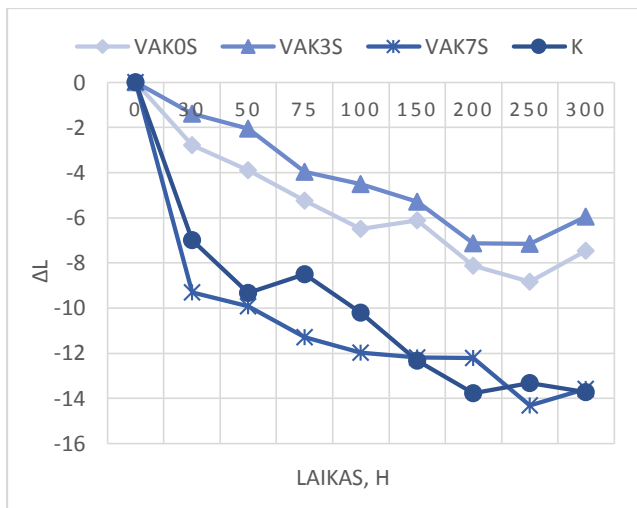
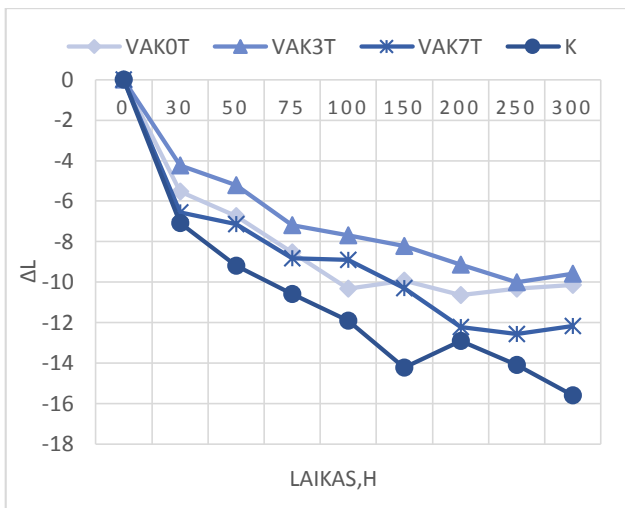
#### 3.4.1. CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijos įtaka bandinių ilgaamžiškumui

Bandinių, apdailintų AK laku su skirtingomis CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), spalvos pokytis  $\Delta E$  pavaizduotas (20 pav. a, b). Didžiausią bendrą spalvos pokytį  $\Delta E$  turi neapdailinta mediena (K), tangentinio paviršiaus – 22,36; spindulinio paviršiaus – 21,35. Tangentinio paviršiaus bandiniai, apdailinti AK laku be nanodalelių turėjo didesnę spalvos pokytį, nei bandiniai, apdailinti su 3 ir 7 % CeO<sub>2</sub> (20 pav. a). Šiuo atveju, mažiausią spalvos pokytį  $\Delta E$  turi bandiniai, apdailinti su 3 % (15,47). Spindulinio paviršiaus bandiniai, apdailinti AK laku su 7 % turėjo didesnę spalvos pokytį, nei bandiniai apdailinti be CeO<sub>2</sub> nanodalelių ar su 3 %. Bandiniai apdailinti su 3% CeO<sub>2</sub> nanodalelių turi mažiausią spalvos pokytį (15,04).

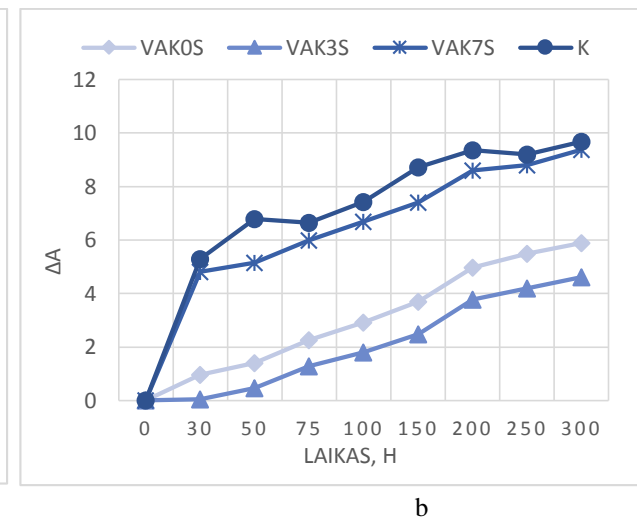
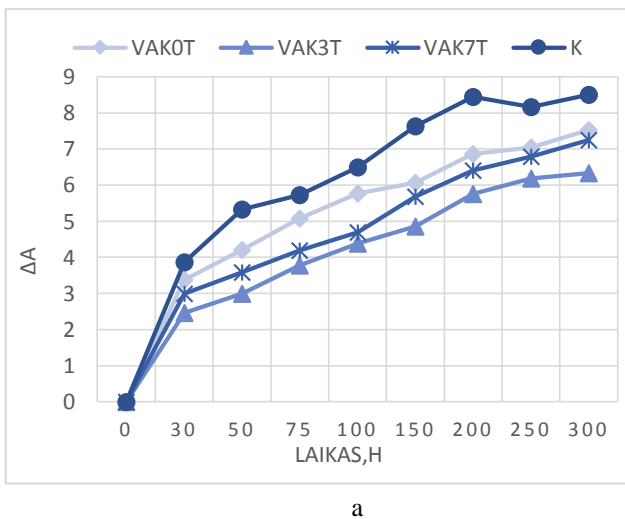


20 pav. Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ , K- neapdailinti bandiniai

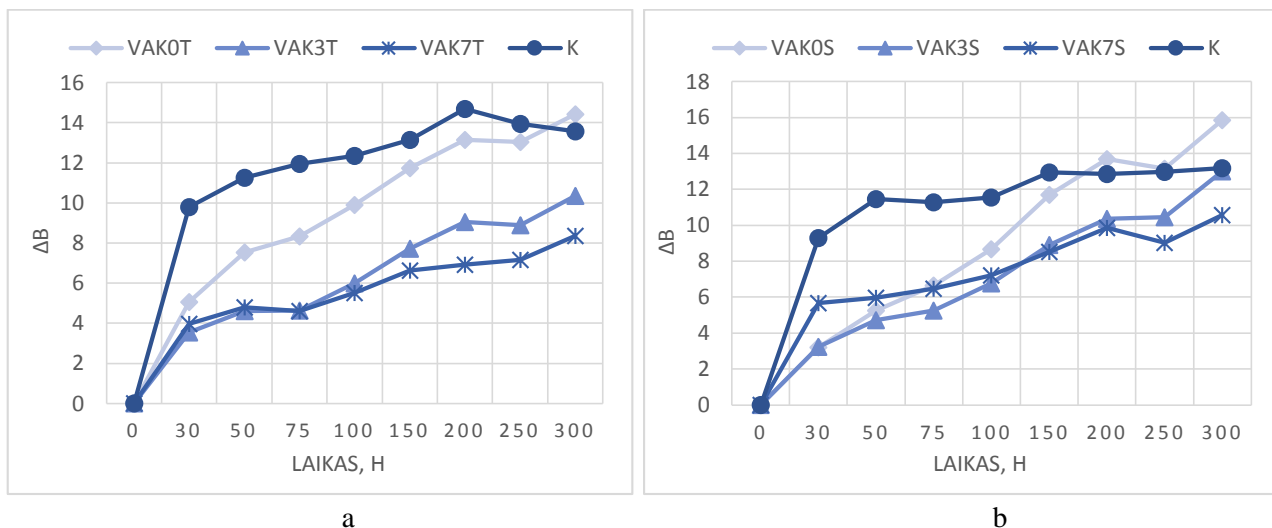
Bandiniai, apdailinti AK laku su 7 % CeO<sub>2</sub> turi tendenciją tamsėti (21 pav. a, b). Bandiniai, apdailinti su 3 % CeO<sub>2</sub> išliko šviesiausi, taip pat šios bandinių grupės spalvos pokytis  $\Delta a$  skalėje išliko mažiausias (22 pav. a, b). Gauti rezultatai rodo, kad skalėje  $\Delta b$  (geltonavimas) bandiniai, apdailinti be nanodalelių linę labiau geltonuoti, o danga su 7 % CeO<sub>2</sub> išliko mažiausiai pakitusi (23 pav. a, b).



**21 pav.** Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, šviesumo pokytis  $\Delta L$ , K-neapdailinti (kontroliniai) bandiniai

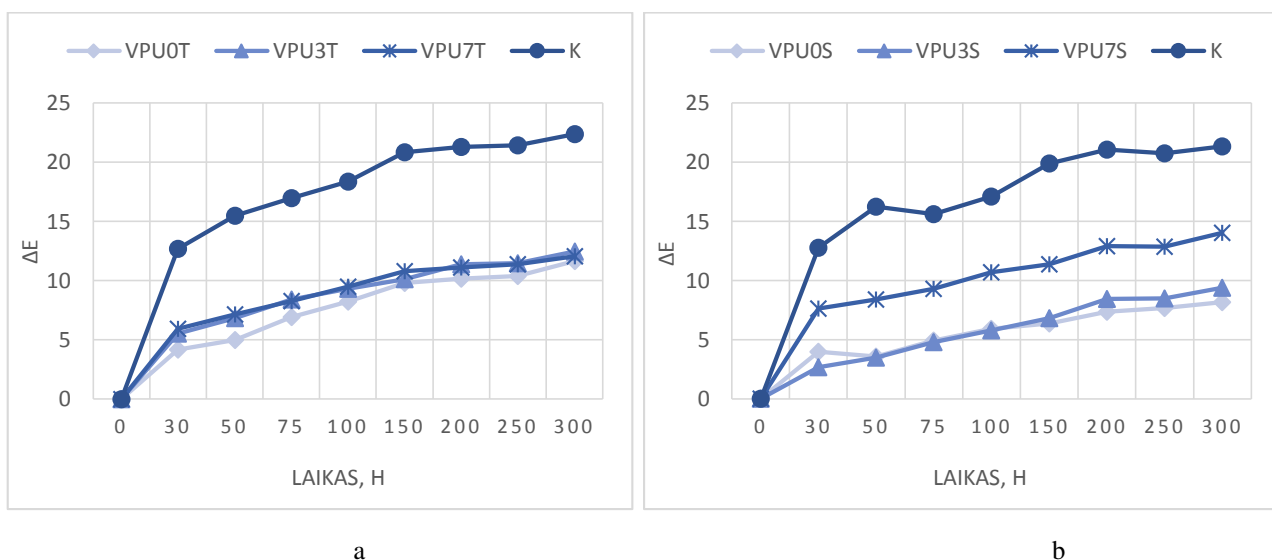


**22 pav.** Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, spalvos pokytis  $\Delta a$ , K-neapdailinti (kontroliniai) bandiniai



**23 pav.** Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, spalvos pokytis  $\Delta b$ , K - neapdailinti (kontroliniai) bandiniai

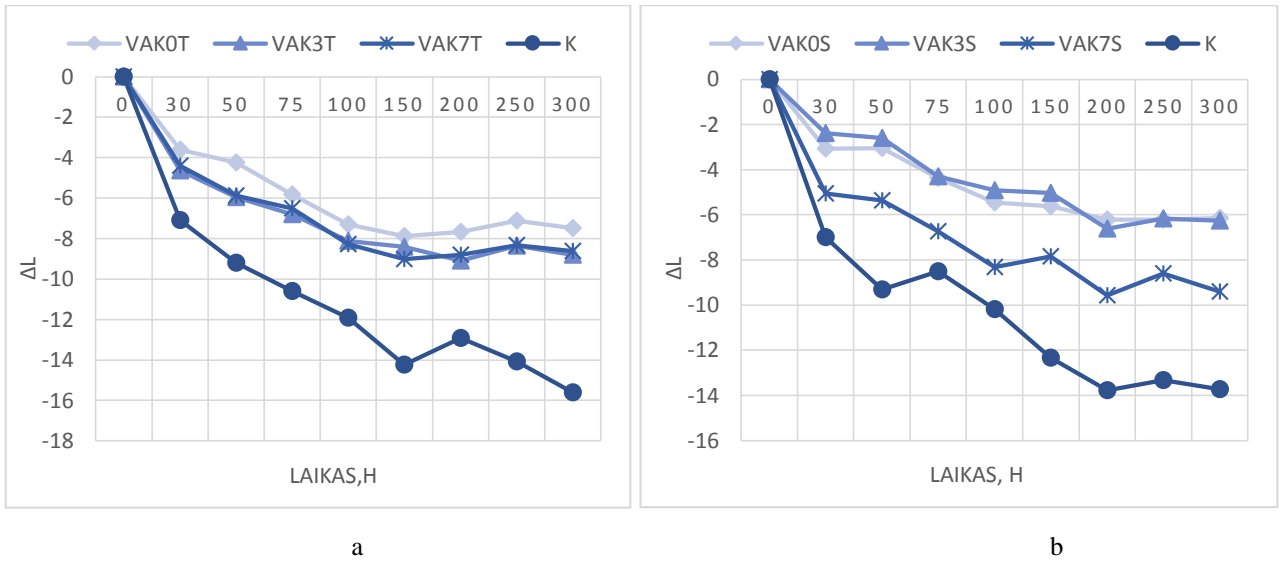
Bandinių, apdailintų PU laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  pavaizduotas (24 pav. a, b). Didžiausią bendrą spalvos pokytį  $\Delta E$  turi neapdailinta mediena (K), tangentinio paviršiaus – 22,36; spindulinio paviršiaus – 21,35. Tangentinio paviršiaus bandiniai, apdailinti PU laku su 0, 3, 7 %  $\text{CeO}_2$  koncentracijomis, turi labai panašias  $\Delta E$  reikšmes. Spindulinio paviršiaus bandiniai, apdailinti PU laku su 7 % turėjo didesnę spalvos pokytį, nei bandiniai apdailinti be  $\text{CeO}_2$  nanodalelių ar su 3 %.



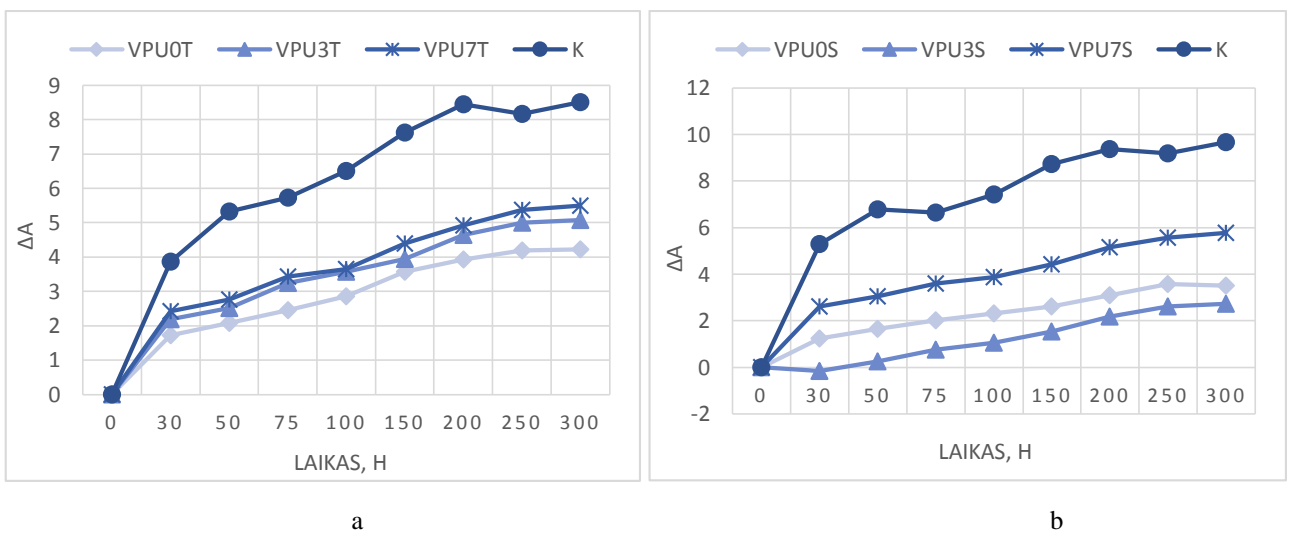
**24 pav.** Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ , K - neapdailinti bandiniai

Bandiniai, apdailinti PU laku su  $\text{CeO}_2$  nanodalelėmis turi tendenciją tamsėti (25 pav. a, b). Taip pat kuo didesnė  $\text{CeO}_2$  koncentracija, tuo didesnis pokytis  $\Delta a$  (raudonavimas) (26 pav. a, b). Chromatinės koordinatės  $\Delta b$  pokyčiai pavaizduoti 27 paveiksle. Šiuo atveju tangentinio paviršiaus

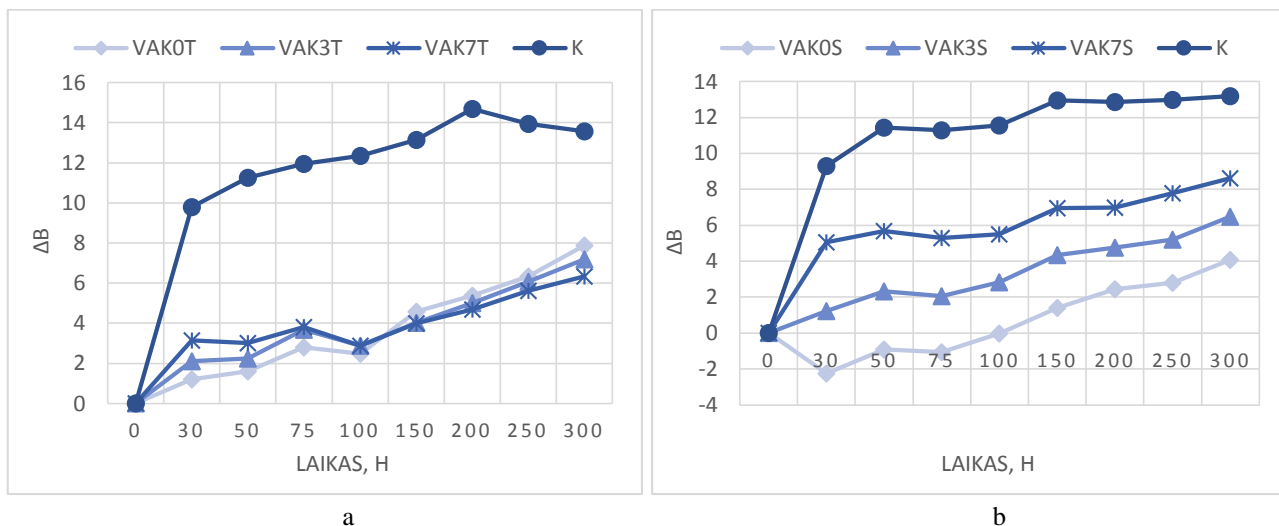
bandinių  $\Delta b$  pokyčiai panašūs, spindulinio – ryškiai skiriasi. Didėjant  $\text{CeO}_2$  koncentracijai,  $\Delta b$  pokytis didėja. Bandiniai, apdailinti be  $\text{CeO}_2$  nanodalelių išliko šviesiausi, chromatiškumo koordinacių reikšmės taip pat mažiausios.



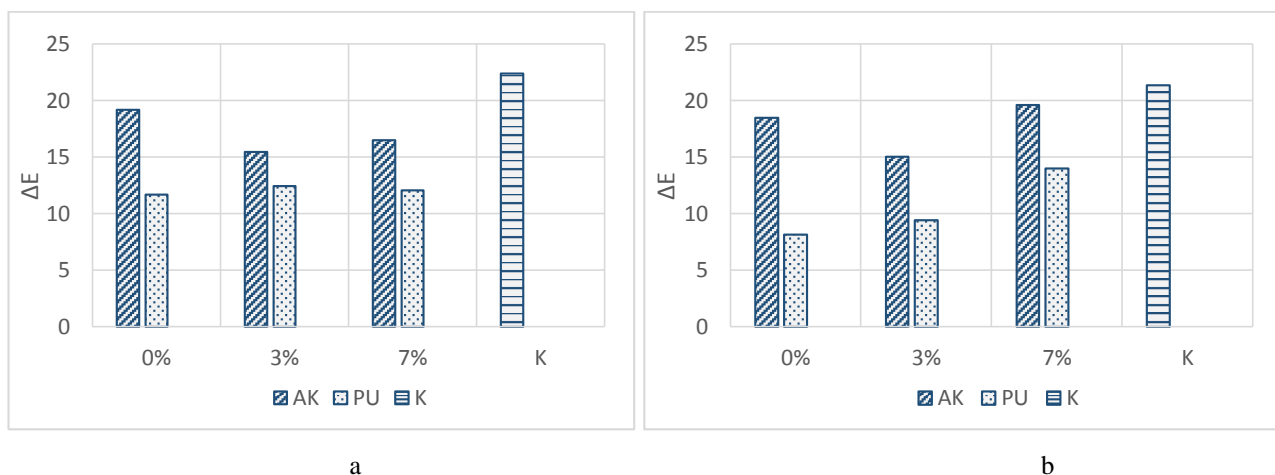
**25 pav.** Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, šviesumo pokytis  $\Delta L$ , K - neapdailinti bandiniai



**26 pav.** Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis  $\Delta a$ , K - neapdailinti bandiniai



27 pav. Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis  $\Delta b$ , K- neapdailinti bandiniai



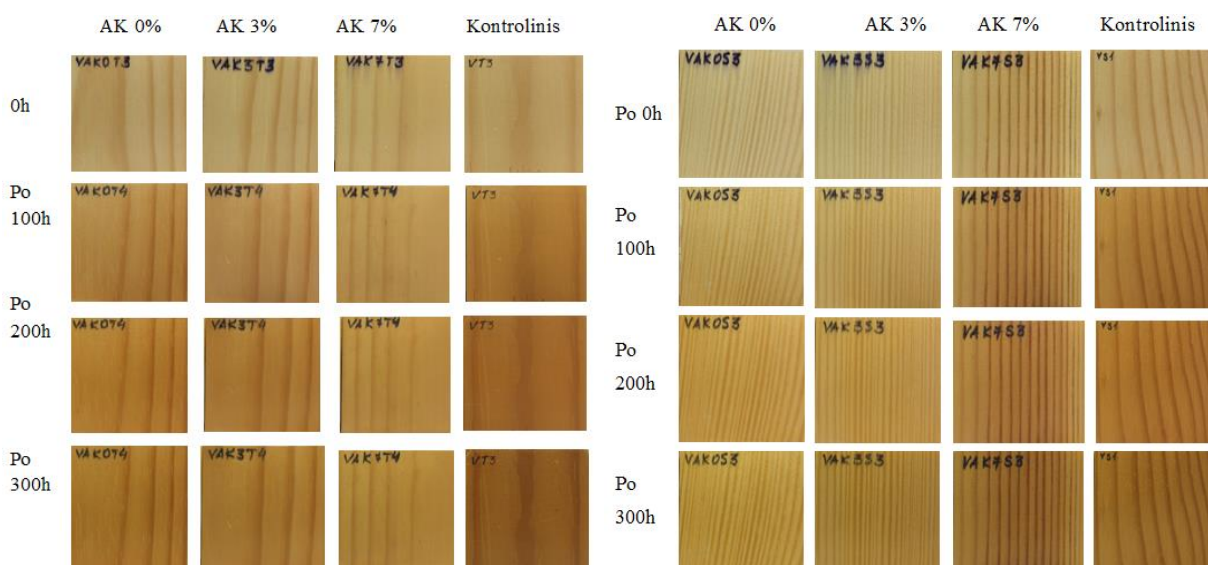
28 pav. Tangentinio (a) ir spindulinio (b) paviršiaus bandinių, apdailintų PU ir AK laku, bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  po 300h sendinimo. K – neapdailinti bandiniai

Tarpusavyje lyginant bandinius, apdailintus su AK ir PU lakais, matomas ryškus skirtumas: PU lakas medienos bandinius apsaugojo geriau nuo UV spindulių, nei AK lakas (28 pav. a, b). PU apdailinti bandiniai po 300 h sendinimo išliko žymiai šviesesni, bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  mažesnis apie 30 %.

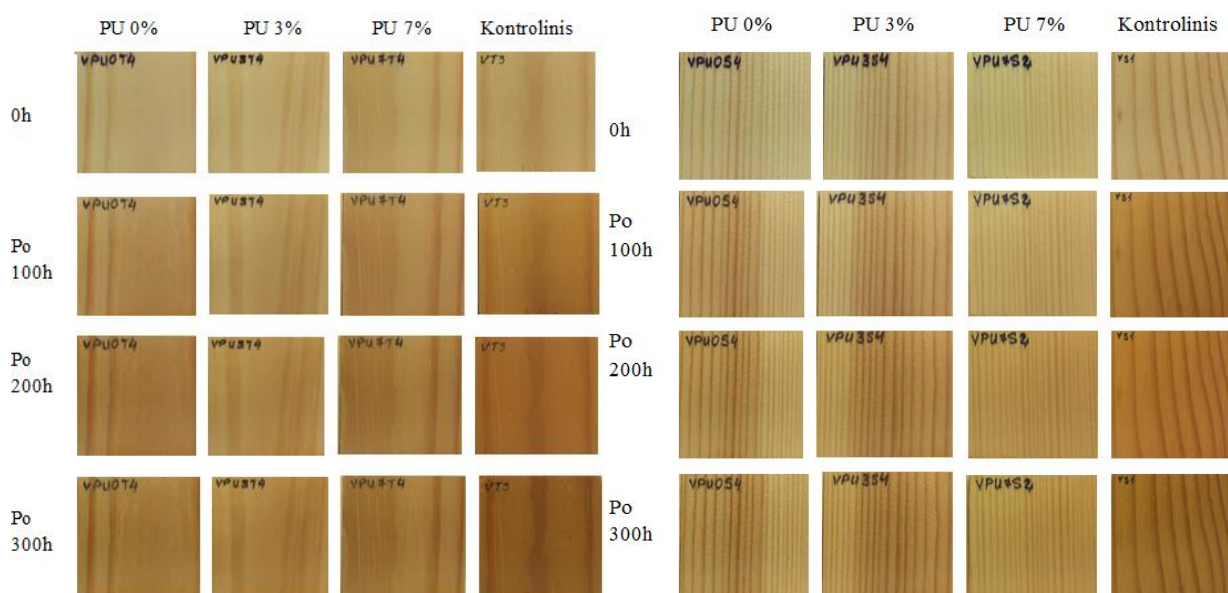
### 3.4.2. Vizualus bandinių įvertinimas

Bandinių sendinimo metu pastebėta, kad ilgėjant sendinimo laikui, visi bandiniai tamsėja (geltonuoja) (29-30 pav.). Tačiau jau po 200 h sendinimo, bandinius, apdailintus tiek su akriliniu, tiek su poliuretaniu laku, buvo galima išskirti į tris grupes pagal  $CeO_2$  koncentraciją. Bandiniai su 5 ir 7 %  $CeO_2$  tapo tamsesni ir blankesni (angl. *haze*), bandiniai su 0 ir 1 % tapo tamsesni, bet labiau

geltoni, o bandiniai, apdailinti su 3 % CeO<sub>2</sub>, buvo tarpiniai tarp šių dviejų grupių. Sendinimo metu jokių kitų medienos paviršiaus pakitimų nepastebėta.



**29 pav.** Tangentinio ir spindulinio paviršiaus bandiniai, apdailinti AK laku su skirtingomis CeO<sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 3, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 100 h, 200 h ir 300 h sendinimo.



**30 pav.** Tangentinio ir spindulinio paviršiaus bandiniai, apdailinti PU laku su skirtingomis CeO<sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 3, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 100 h, 200 h ir 300 h sendinimo.

Įdomu tai, kad sendinant AK ir PU dangas ant stiklo bandinių, pastebėta, kad PU danga turi žymiai didesnę spalvos pokytį. Kai sendinami medienos bandiniai, poliuretalinė danga medieną nuo spalvos pokyčio apsaugo geriau nei akrilinė danga. Tai galėtų reikšti, kad poliuretalinė danga geltonuoja labiau, nei akrilinė, tačiau geriau apsaugo medieną nuo žalingų UV spindulių. Bandinių,

apdailintų akriliniu laku, paviršius tapo geltonesnis, nes akrilinė danga prasčiau apsaugojo nuo UV spindulių.

Pagal gautus rezultatus, negalima išskirti aiškios tendencijos tarp CeO<sub>2</sub> koncentracijų. Tai galėjo įtakoti netolygus UV spindulių intensyvumo pasiskirstymas sendinimo metu. A. Tracton [20] teigia, kad dirbtini šviesos šaltiniai su trumpomis UV bangomis duoda greitus rezultatus, tačiau ne visada tikslius. Naudojant dirbtinius sendinimo metodus, yra daug parametrų, kurie turi būti tinkamai nustatyti: UV spektras, santykinis oro drėgnis, medienos drėgnis, temperatūra ir sendinimo ciklas. Dirbtinio sendinimo metu gautų rezultatų negalima prilyginti natūraliam bandinių sendinimui, nes dirbtinis sendinimas duoda rezultatus esant tik tam tikroms sąlygomis.

### 3.5. Natūralus bandinių sendinimas

Natūralus bandinių sendinimas yra tinkamiausias ir realiausias metodas, norint patikrinti dangų atsparumą aplinkos veiksniams, kurie veikia medieną eksploatuojant lauke.

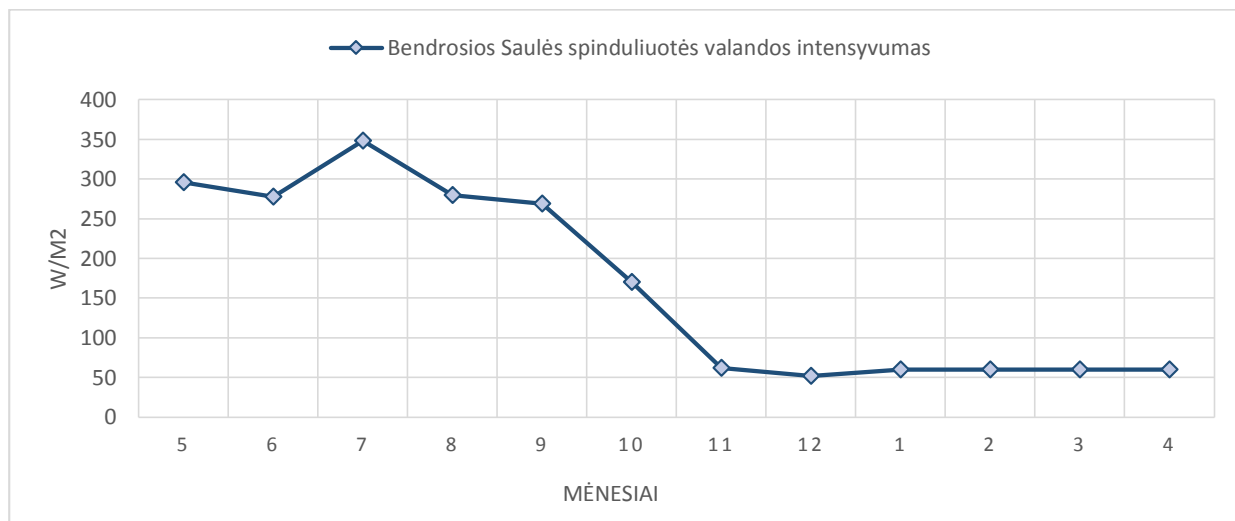
Aplinkos veiksniai nėra pastovūs parametrai. Dėl skirtingų oro masių, metų laikų, debesuotumo, užterštumo ir kitų faktorių, natūralus UV spindulių spektro intensyvumas nėra vienodas. Žiemą ir vasarą saulės padėtis yra skirtinga, dėl to kinta ir jos intensyvumas. Kritulių kiekis, drėgmės kiekis esantis ore, temperatūra taip pat kinta, keičiantis metų laikams. Tokie aplinkos pokyčiai tik paspartina medienos irimą. Siekiant kuo tiksliau nustatyti fizinių ir biologinių veiksnių poveikį medienai ir apdailai, bandinių sendinimo metu stebėti hidrometeorologiniai parametrai: bendrosios Saulės spinduliuotės intensyvumas (31 pav.), saulėtų valandų skaičius, kritulių kiekis, santykinis oro drėgnis, temperatūra (12 lentelė).

12 lentelė. Hidrometeorologiniai parametrai

Mėnesis	Vidutinė oro temperatūra, °C	Santykinė oro drėgmė, %	Saulėtų val. skaičius (per mėn.)	Krituliai, mm (suma per mėn.)
<b>Gegužė (nuo 12 d.)</b>	8,8	64	64,5	60,4
<b>Birželis</b>	14,7	75	117,2	56,3
<b>Liepa</b>	20,6	66	313,4	70,7
<b>Rugpjūtis</b>	17,7	73	186,3	111,3
<b>Rugsėjis</b>	13,5	76	192,4	20,7
<b>Spalis</b>	7,4	78	131,7	90,3
<b>Lapkritis</b>	2,8	88	37,8	29,5
<b>Gruodis</b>	-0,9	90	39,3	49,3
<b>Sausis</b>	-0,4	90	32,3	74,4
<b>Vasaris</b>	0,0	85	12,8	63,3
<b>Kovas</b>	4,6	73	119,0	45,7
<b>Balandis (iki 27 d.)</b>	7,1	72	164,2	46



Iš meteorologinių parametru galima matyti, kad liepos mėnesis buvo šilčiausias ( $20,6^{\circ}\text{C}$ ) bei turėjo daugiausiai saulėtų valandų (313,4 h). Lietingiausias mėnesis – rugpjūtis, per kurį iškrito 111,3 mm kritulių. Drėgniausias laikotarpis – nuo lapkričio iki vasario.



**31 pav.** Kauno miesto bendrosios Saulės spinduliuotės valandos intensyvumas,  $\text{W/m}^2$  (vidutinės reikšmės)

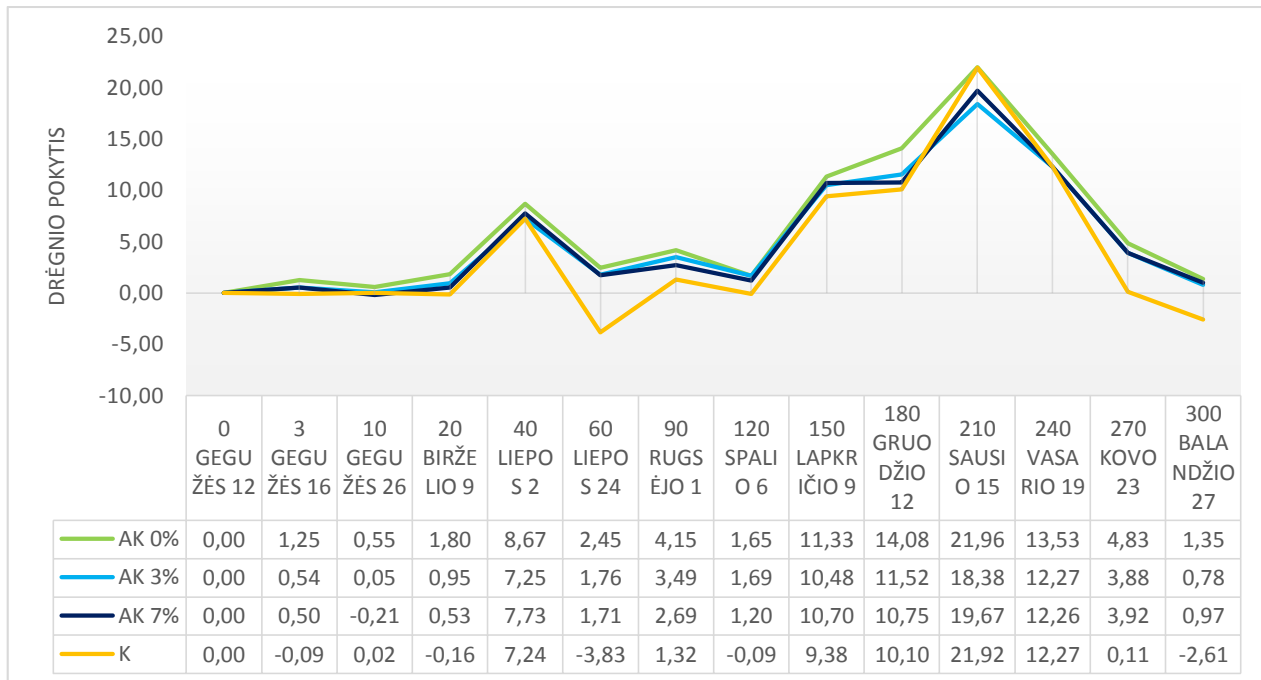
Saulės intensyvumas nurodo ant kvadratinio metro patenkančių saulės spindulių galios tankį. Iš grafiko matome, kad saulės intensyvumas didžiausias nuo gegužės iki rugsėjo mėnesio (31 pav.). Saulės intensyvumo pikas – liepos mėnesį ( $348 \text{ W/m}^2$ ). Spalio mėnesį saulės intensyvumas sumažėja perpus – iki  $170 \text{ W/m}^2$ . Nuo lapkričio mėnesio iki balandžio, saulės intensyvumas vidutiniškai siekia tik  $60 \text{ W/m}^2$ . Iš meteorologinių parametru galima spręsti, kad nuo gegužės iki rugsėjo mėnesio bandinių paviršius buvo labiausiai veikiamas UV spinduliais. Todėl per šį laikotarpį vyko sparčiausias medienos bandinių paviršiaus irimas.

### 3.5.1. Bandinių drėgnio pokyčiai

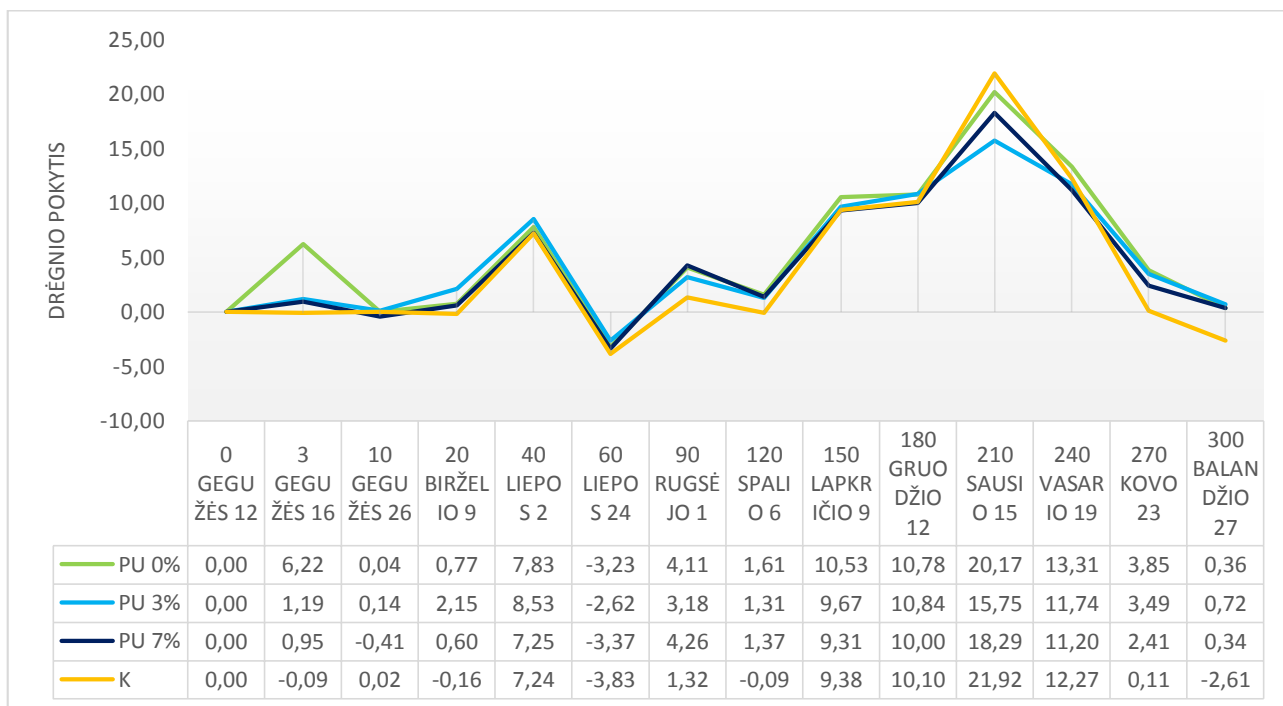
Dėl drėgmės poveikio kinta medienos matmenys, atsiranda įtempiai, kurie įtakoja medienos įskilimus ir deformacijas. Tyrimo metu buvo stebimas apdailintų bandinių drėgmės pokytis, iš kurio galima spręsti apie dangų patvarumą. Kuo medienos drėgnis stabilesnis – tuo danga geriau apsaugo nuo drėgmės poveikio.

32 ir 33 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu laku (32 pav.) ir poliuretaniū laku (33 pav.) su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), drėgnio pokytis natūralaus sendinimo metu. Palyginimui taip pat vaizduojamas neapdailintos medienos (K) drėgnio pokytis. Bandiniai sendinami nuo 2014 gegužės 12 dienos iki 2015 balandžio 27 dienos. Iš viso sendinama 10 mėnesių (atmetus kondicionavimo dienas tarpinių matavimų metu).

Iš gautų rezultatų matome, kad gegužės mėnesį bandinių drėgnis buvo stabilus. Liepos pradžioje visų bandinių drėgnis padidėjo, nes buvo labai lietingos dienos. Didžiausią drėgnį bandiniai įgavo žiemos laikotarpiu (gruodį, sausį) – 6 ir 7 sendinimo mėnesį. Bandinių, apdailintų akriliniu ir poliuretanišku laku su 3 ir 7 % CeO<sub>2</sub> (AK3T, AK7T, PU3T, PU7T), drėgnis viso sendinimo metu yra stabilesnis, nei neapdailintos medienos (K) ar apdailintos medienos be priedų (AK0T, PU0T).

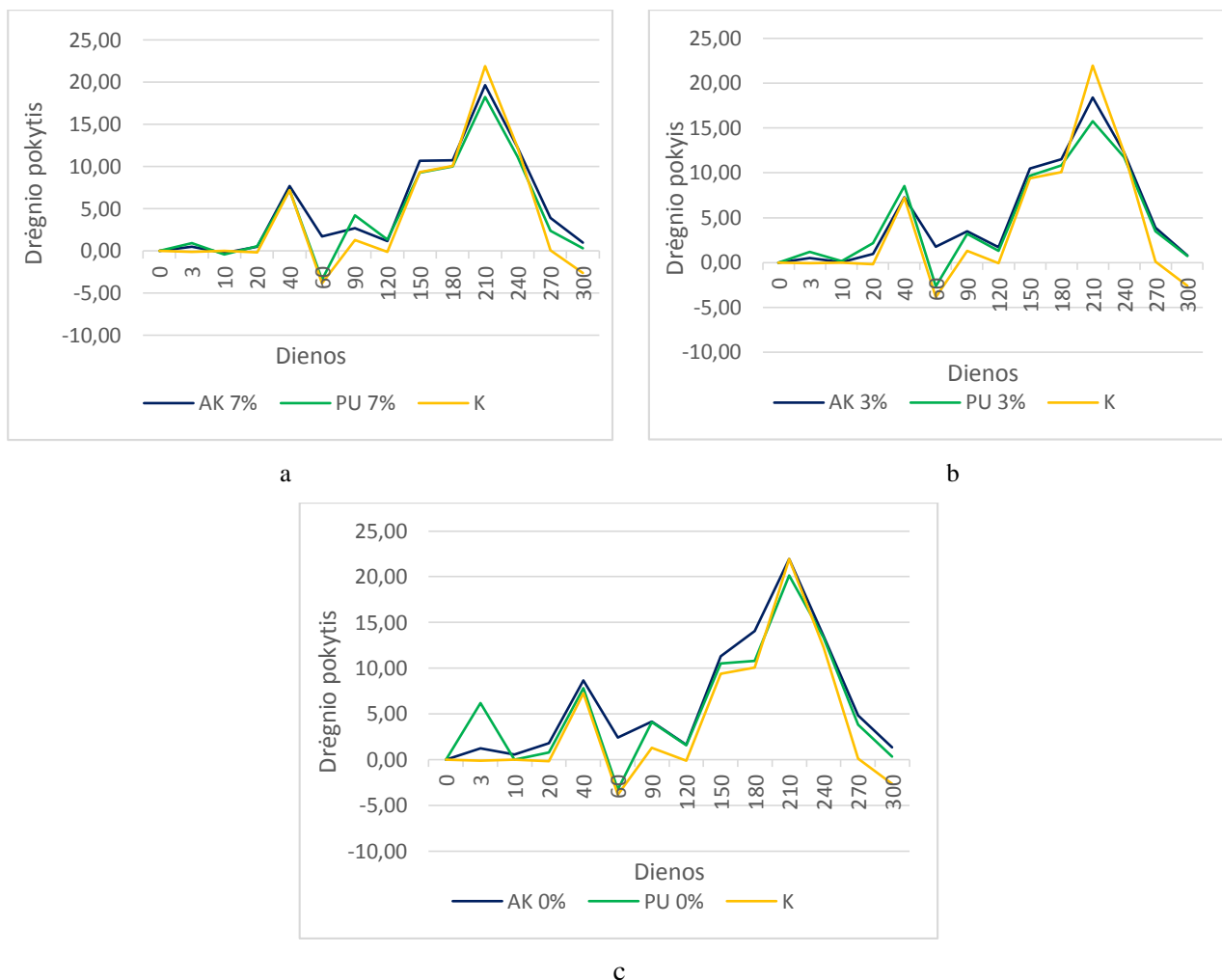


**32 pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku su 0, 3, 7 % CeO<sub>2</sub>, drėgnio pokytis natūralaus sendinimo metu, K - neapdailinti bandiniai



**33 pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku su 0, 3, 7 % CeO<sub>2</sub>, drėgnio pokytis natūralaus sendinimo metu, K - neapdailinti bandiniai

Tarpusavyje lyginant akrilinį ir poliuretanių laką, pastebima, kad poliuretaniškas lakas bandinius geriau apsaugo nuo drėgmės pokyčių sendinimo metu. 34 paveiksle pavaizduota bandinių, apdailintų akriliniu ir poliuretanišku laku, drėgmės pokyčiai: a – danga su 7 % CeO<sub>2</sub>, b – su 3 % CeO<sub>2</sub>, c – 0 % CeO<sub>2</sub>. Visais šiais atvejais poliuretaniškas dangas yra pranašesnis nei akrilinis dangas.

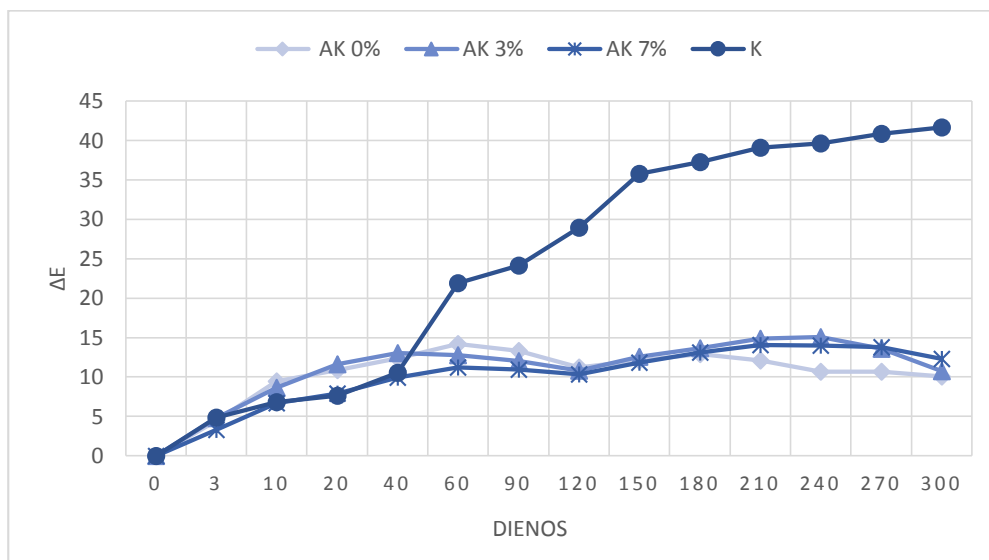


**34 pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK ir PU laku, drėgmės pokyčių palyginimas: a – danga su 7 % CeO<sub>2</sub>, b – su 3 % CeO<sub>2</sub>, c – 0 % CeO<sub>2</sub>; K - neapdailinti bandiniai

### 3.5.2. Bandinių spalvos pokytis natūralaus sendinimo metu

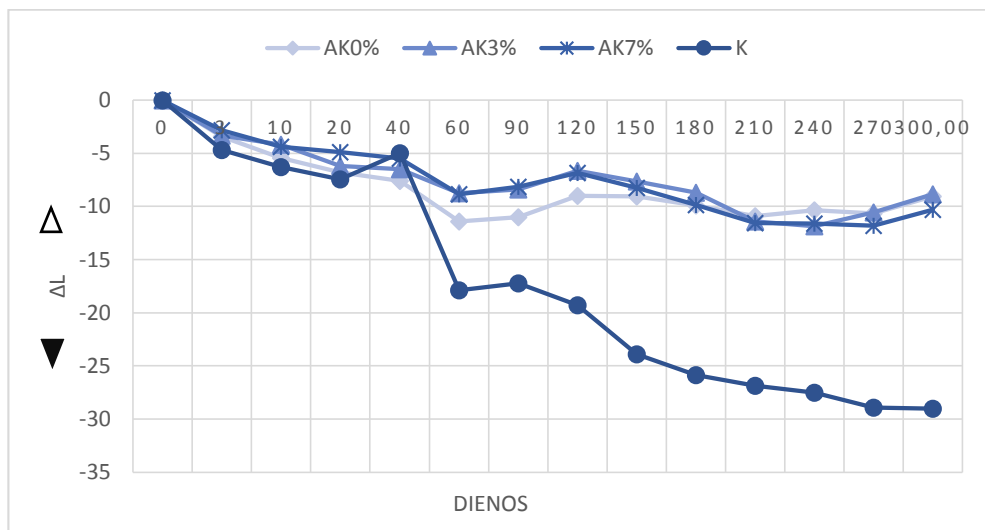
Pušies medienos bandiniai sendinami 10 mėnesių – nuo gegužės 12d. iki balandžio 27 d. Matuojamas bandinių spalvos pokytis  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta L$  skalėse, apskaičiuojamas bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ . Rezultatai vaizduojami grafikuose (17-25 pav.). Pagal gautus rezultatus ir vizualų įvertinimą, bandinius galima skirti į tris grupes pagal CeO<sub>2</sub> koncentracijos kiekį lake: I – 0 ir 1 %, II – 3 %, III – 5 ir 7 %. Todėl grafikuose vaizduojamos trys lakų koncentracijos (0, 3, 7 %), kurios labiausiai atspindi gautus rezultatus.

35 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ . Palyginimui taip pat vaizduojamas neapdailintos medienos (K) paviršiaus spalvos pokytis  $\Delta E$ . Iš gautų rezultatų matome, kad didėjant  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijai lake, medienos paviršius spalvos pokytis  $\Delta E$  didėja. Tačiau skirtumas tarp  $\text{CeO}_2$  koncentracijų (3 ir 7 %) spalvos pokyčio atžvilgiu nėra labai žymus (atitinkamai 10,73 ir 12,32).



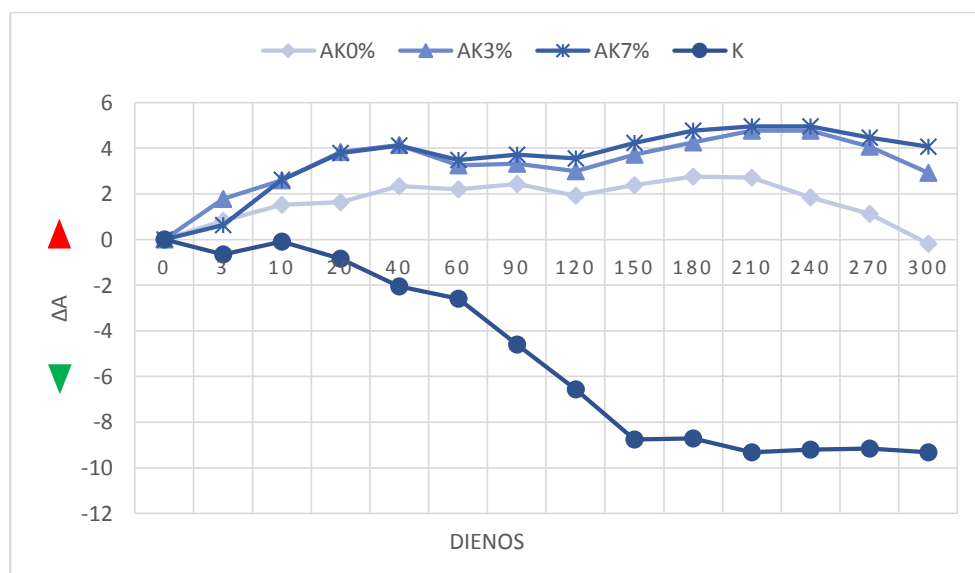
**35 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ , K - neapdailinti bandiniai

36 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), paviršiaus šviesumo/tamsumo pokytis  $\Delta L$ . Palyginimui taip pat vaizduojamas neapdailintos medienos (K) paviršiaus  $\Delta L$  pokytis. Iš gautų rezultatų matome, danga be  $\text{CeO}_2$  nanodalelių (AK 0 %), turėjo didesnę  $\Delta L$  pokytį iki 180 dienų (6 mėn.). Po šio laikotarpio bandiniai tapo šviesesni už bandinius, apdailintus su 3 ir 7 %  $\text{CeO}_2$  (AK 3% ir AK 7%). Taip atsitiko todėl, nes šios grupės bandinių paviršius buvo pažeistas UV spindulių bei drėgmės poveikio, apdailos medžiaga pradėjo luptis, medienos paviršiuje esantis ligninas pradėjo irti ir šviesėti. Bandiniai, apdailinti su 3%  $\text{CeO}_2$  (AK 3%), po 270 dienų (9 mėn.) taip pat pradėjo šviesėti ir pasiekė AK 0% bandinių grupės  $\Delta L$  reikšmę. Šiuo atveju geriausiai išsilaikė bandiniai, kurie apdailinti su 7%  $\text{CeO}_2$ . Neapdailinti bandiniai (K) nuo sendinimo pradžios intensyviai geltonavo iki 20 dienos. Vėliau mediena išbluko ir pradėjo pilkėti.



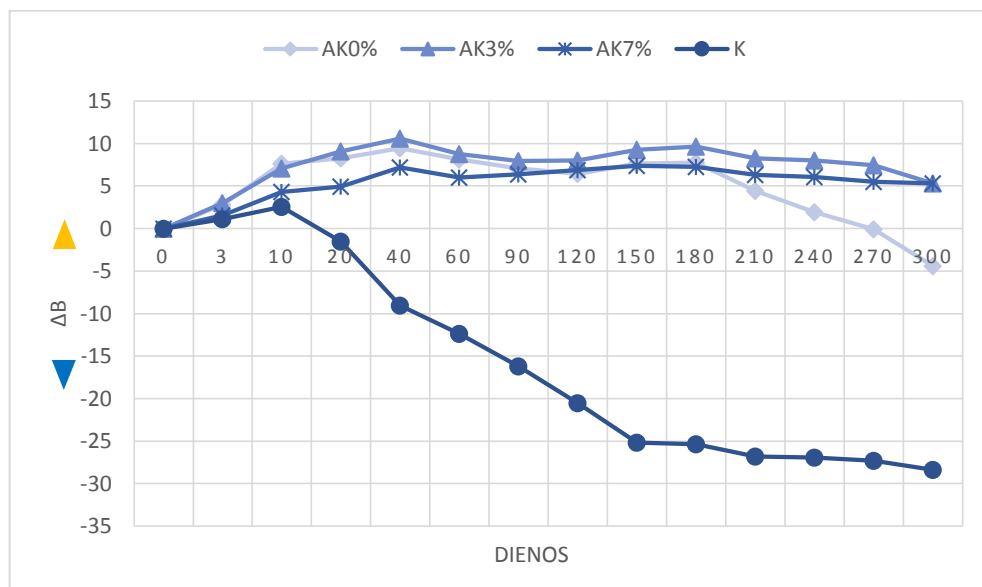
**36 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, šviesumo pokytis  $\Delta L$ , K - neapdailinti bandiniai

37 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), paviršiaus  $\Delta a$  pokytis. Ilgėjant bandinių sendinimo laikui, bandiniai, apdailinti akriliniu laku su  $\text{CeO}_2$  nanodalelėmis ir be jų turi spalvos tendenciją į raudonumą ( $+\Delta a$ ), kuo daugiau  $\text{CeO}_2$  nanodalelių lake, tuo didesnė  $\Delta a$  reikšmė. Neapdailinti bandiniai taip pat turi  $\Delta a$  spalvos pokytį, tačiau priešingai – bandiniai įgauna žalią atspalvį ( $-\Delta a$ ). Tai reikštų, jei dangos spalvos pokytis nuo raudonumo tendencijos pereitų į žalią spalvą, bandinio paviršius būtų pažeistas UV spindulių ir drėgmės poveikio. Pastebima, kad po 7 mėnesių AK0 % bandinių  $\Delta a$  reikšmė pradeda mažėti, o bandinių AK3 % ir AK7 %  $\Delta a$  pradeda nežymiai mažėti tik nuo 8 mėnesio.



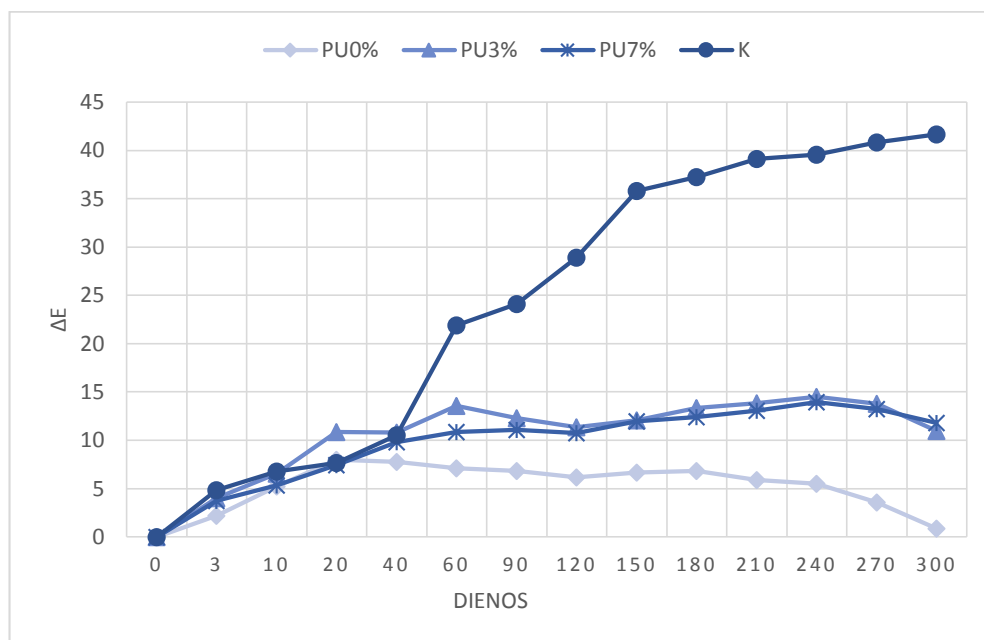
**37 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų AK laku, spalvos pokytis  $\Delta a$ , K - neapdailinti bandiniai

38 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), paviršiaus  $\Delta b$  pokytis. Ilgėjant sendinimo laikui, bandinių, apdailintų akriliniu laku, spalvos pokytis  $\Delta b$  turi tendenciją į geltonumą, o neapdailinti bandiniai – į mėlynumą. Po 6 mėnesių natūralaus bandinių sendinimo, bandinių grupė, apdailinta be  $\text{CeO}_2$  nanodalelių, ėmė keisti  $\Delta b$  tendenciją iš geltonos į mėlyną. Šis pokytis reiškia, kad danga ir medienos paviršius pradėjo irti. Šiuo atveju stabiliausiai išsilaikė AK7 % bandinių grupė.



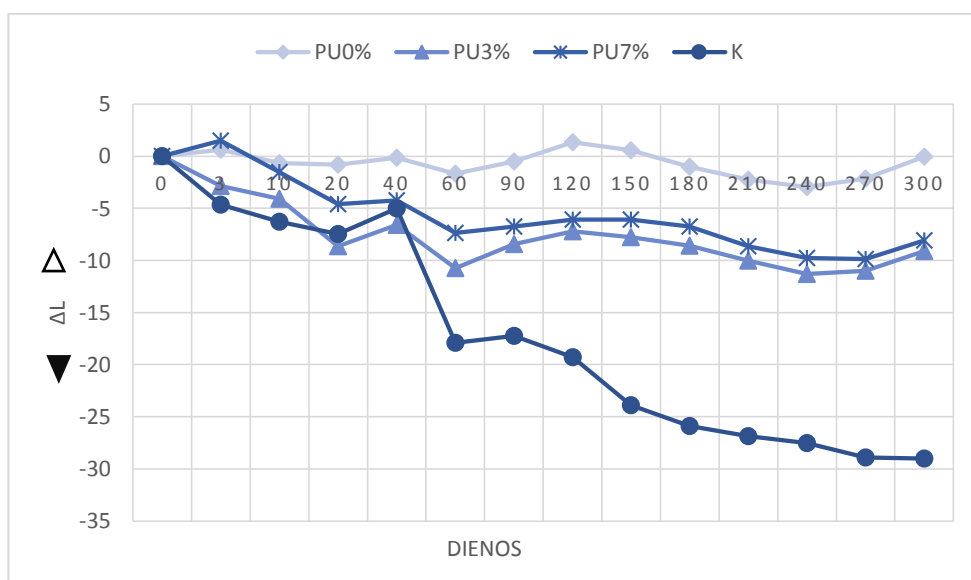
**38 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis  $\Delta b$ , K - neapdailinti bandiniai

39 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų poliuretaniniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ . Palyginimui taip pat vaizduojamas neapdailintos medienos (K) paviršiaus spalvos pokytis  $\Delta E$ . Iš gautų rezultatų matome, kad neapdailintos medienos bendras spalvos pokytis  $\Delta E$  yra didžiausias (41,68). Kaip jau minėta, neorganiniai priedai polimerinėms medžiagoms suteikia tamsumo, tad bandiniai, apdailinti su  $\text{CeO}_2$  nanodalelėmis turi didesnę spalvos pokytį  $\Delta E$ , nei be nanodalelių. PU3 % ir PU7 % bandinių spalvos pokyčio tendencija supanašėjo po 4 sendinimo mėnesių. PU0 % bandiniai po 6 sendinimo mėnesių pradėjo šviesėti,  $\Delta E$  reikšmė artėja prie 0.



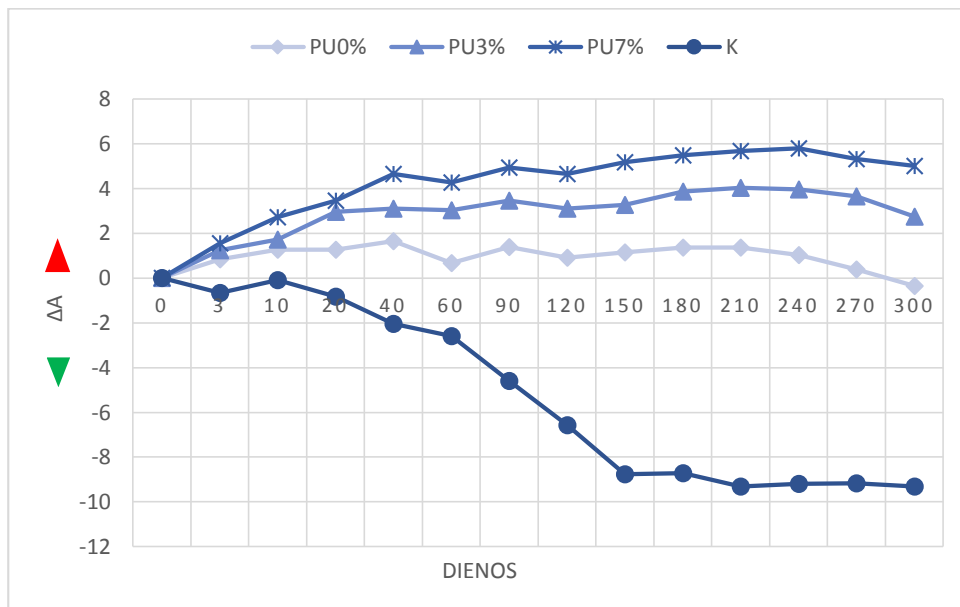
**39 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, bendras spalvos pokytis  $\Delta E$ , K - neapdailinti bandiniai

40 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų poliuretaniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), šviesumo/tamsumo pokytis  $\Delta L$ . Palyginimui taip pat vaizduojamas neapdailintos medienos (K) pokytis  $\Delta L$ . Natūralaus sendinimo metu pastebėta, kad bandinių paviršius, apdailintas poliuretaniu laku su  $\text{CeO}_2$  nanodalelėmis, taip pat turi tendenciją tamsėti, kaip ir kita bandinių grupė, apdailinta akriliniu laku. Pastebima, kad po 8 sendinimo mėnesių PU0, PU3 ir PU7 bandiniai pradeda šviesėti. Neapdailinti bandiniai (K) toliau tamsėja.



**40 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, šviesumo pokytis  $\Delta L$ , K - neapdailinti bandiniai

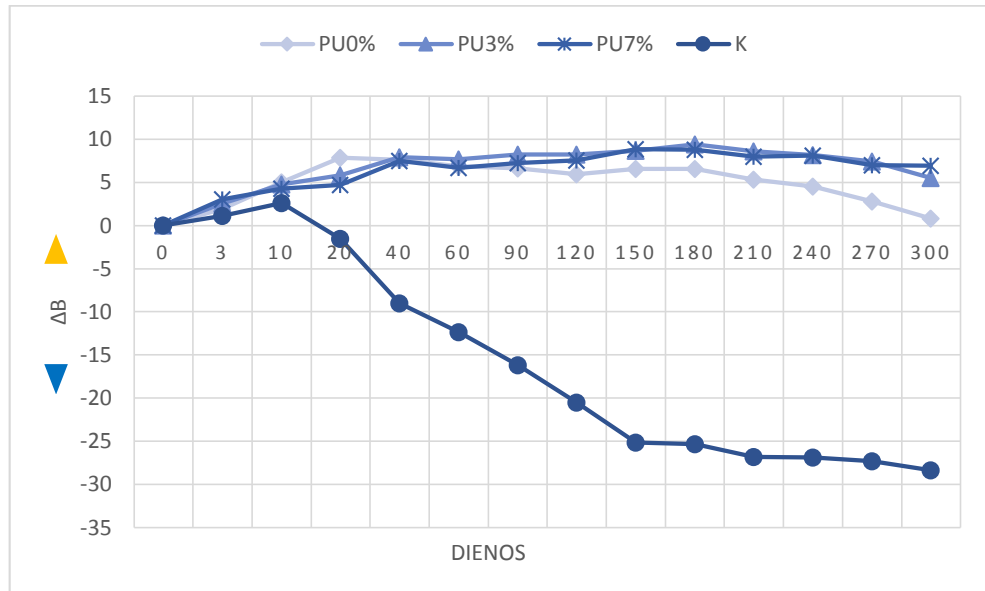
41 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų akriliniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), paviršiaus  $\Delta a$  pokytis. Ilgėjant bandinių sendinimo laikui, bandiniai, apdailinti poliuretaniu laku su  $\text{CeO}_2$  nanodalelėmis ir be jų turi spalvos tendenciją į raudonumą ( $+\Delta a$ ), kuo daugiau  $\text{CeO}_2$  nanodalelių lake, tuo didesnė  $\Delta a$  reikšmė. Neapdailinti bandiniai taip pat turi  $\Delta a$  spalvos pokytį, tačiau priešingai – bandiniai įgauna žalią atspalvį ( $-\Delta a$ ). Apdailintų bandinių  $\Delta a$  reikšmės po 8 mėnesių sendinimo pradėjo nežymiai mažėti.



**41 Pav.** Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis  $\Delta a$ , K - neapdailinti bandiniai

42 paveiksle pateikta tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų poliuretaniu laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijomis (0, 3, 7 %), paviršiaus  $\Delta b$  pokytis. Ilgėjant sendinimo laikui, bandinių, apdailintų akriliniu laku, spalvos pokytis  $\Delta b$  turi tendenciją į geltonumą, o neapdailinti bandiniai – į mėlynumą. Po 6 mėnesių natūralaus bandinių sendinimo, visos apdailintos bandinių grupės (PU0 %, PU3 %, PU7 %) nežymiai ėmė keisti  $\Delta b$  tendenciją iš geltonos į mėlyną. Tačiau ryškiausias pokytis iš šių trijų dangų tenka PU0 % bandinių grupei.

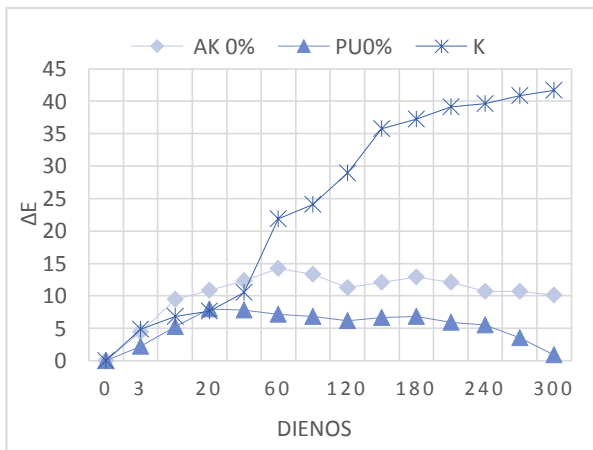




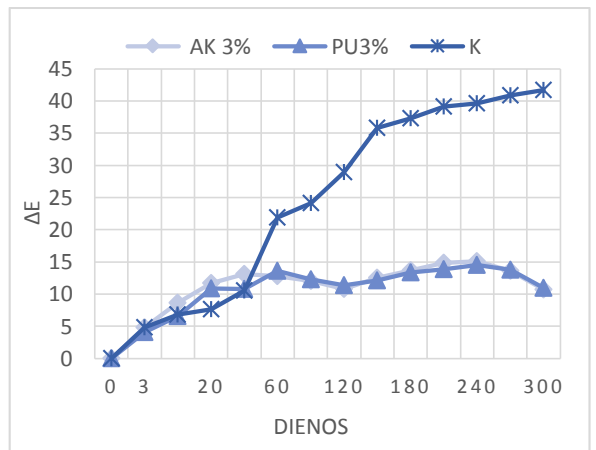
42 Pav. Tangentinio paviršiaus bandinių, apdailintų PU laku, spalvos pokytis  $\Delta b$ , K - neapdailinti bandiniai

Gauti rezultatai sutampa su kitų autorių rezultatais. Į polimerines apdailos medžiagas įvedant neorganines metalo oksidų daleles, danga turi polinkį tamsėti. B.Forsthuber darbe [74] pastebimi panašūs  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta L$  parametrų kitimai. Ilgėjant sendinimo laikui, dangos su ZnO nanodalelėmis turi tendenciją į raudonumą ( $+\Delta a$ ), bei į geltonumą ( $+\Delta b$ ). Taip pat didėjant ZnO nanodalelių koncentracijai dangoje,  $\Delta L$  turi polinkį į tamsumą. Kiti autoriai [65,71,72] gauna taip pat labai panašius rezultatus.

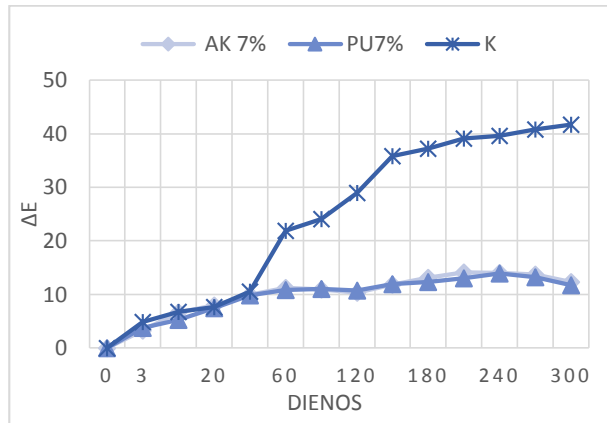
Lyginant tarpusavyje akrilinį ir poliuretalinį lako efektyvumą prieš UV spindulius, pastebėta, kad dangos be  $\text{CeO}_2$  priedo, turi skirtingas savybes. Poliuretalinė danga PU0 % (43 pav. a) turi mažesnę spalvos pokytį  $\Delta E$ , lyginant su AK0 %. Tačiau įdėjus į šias apdailos medžiagas  $\text{CeO}_2$  nanodalelių, rezultatai tampa beveik tapatūs (43 pav. b, c).



a



b



c  
43 pav. AK7 ir PU7 bandinių spalvos pokytis per 10 sendinimo mėnesių

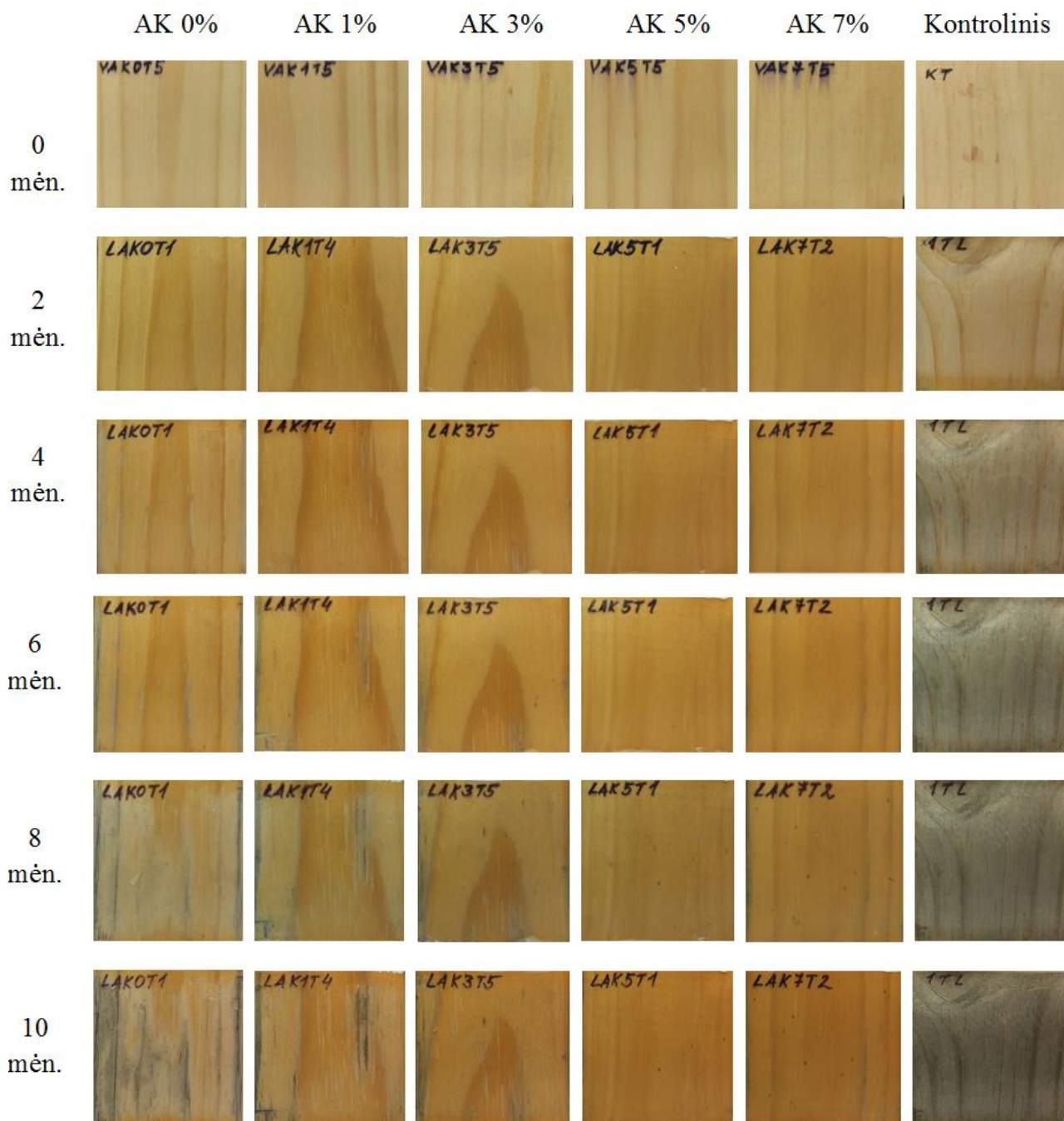
### 3.5.3. Vizualus bandinių įvertinimas

Norint įvertinti bandinių būklę sendinimo metu, bandiniai buvo fotografuojami specialiame stende, kuriame tolygiai paskirstytas dienos šviesos apšvietimas. Visi bandiniai pirmosiomis sendinimo dienomis intensyviai geltonavo iki 40 dienos (iki liepos 2d) (44, 45 pav.). Šį laikotarpį nuo gegužės 12 d. iki liepos 2 d. galima priskirti pirmajam sendinimo etapui, kadangi visi bandiniai tapo geltonesni. Jau po 40 sendinimo dienų ant neapdailintų bandinių matosi pelėsio žymės. Po 3 sendinimo mėnesių, ant AK0 % ir PU0 % bandinių paviršiaus pastebimi pirmi mikroįtrūkimai, kurie jau išbalinti saulės spindulių. Ant akrilinės dangos matomas didesnis mikroįtrūkimų kiekis. Taip pat ant AK1 % bandinių grupės pastebimi mikroįtrūkimai, tačiau jų kiekis labai nedidelis.

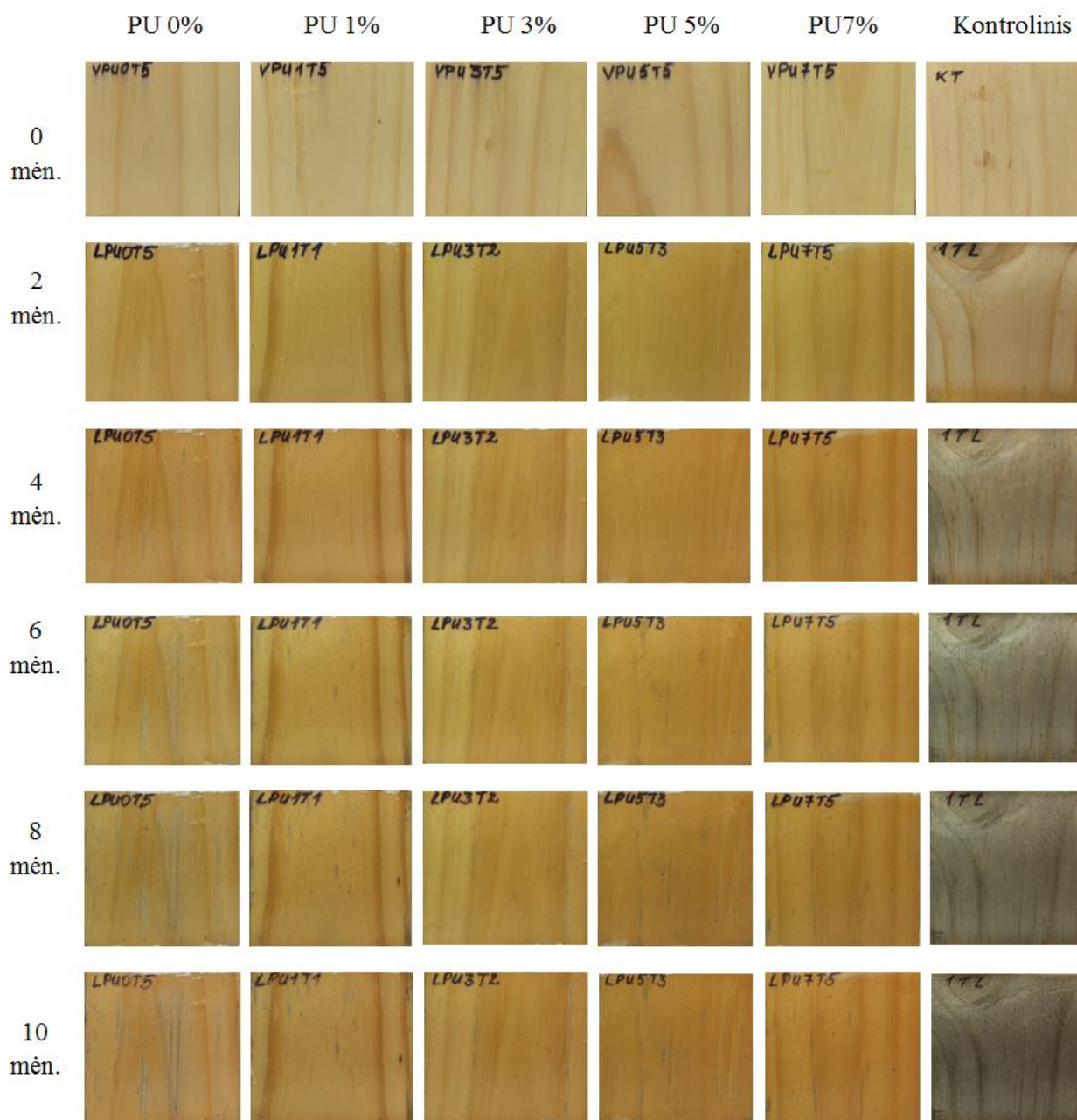
Po 4 sendinimo mėnesių pavienių mikroįtrūkimų atsiranda ir ant PU1 % grupės bandinių. Lyginant bandinių spalvas, AK0 % ir AK1 % yra šviesesni, AK5 % ir AK7 % tamsesni, o AK3 % – per vidurį. AK5 % ir AK7 % turi mažiausiai mikroįtrūkimų. PU bandinių spalvos tendencijos taip pat panašios – daugėjant  $\text{CeO}_2$  nanodalelių kiekiui, medienos paviršius tamsėja. Po 6 sendinimo mėnesių ant bandinių pavieniui atsirado pelėsio. AK0% bandinių danga atšoko ir pradėjo luptis. Pastebima, kad mažėjant  $\text{CeO}_2$  nanodalelių kiekiui akrilinėje dangoje, paviršius šviesėja ir pilkėja. Po 7 mėnesių AK1 % bandinių danga taip pat pradėjo luptis. AK3 % bandiniai turi šiek tiek papildėjusių vietų. Visos kitos bandinių grupės išsilaikiusios geriau.

Po 10 sendinimo mėnesių pastebima  $\text{CeO}_2$  nanodalelių koncentracijos įtaka akrilinei dangai: didėjant koncentracijai, dangos būklė gerėja. Akrilinė danga be nanodalelių prarado adheziją su medienos paviršiumi ir pradėjo luptis. Akrilinė danga su 1%  $\text{CeO}_2$  taip pat atšoko nuo paviršiaus, tačiau šiek tiek mažiau nei AK0 % bandinių grupė. AK3 % bandinių grupėje pastebima mikroįtrūkimų, medienos papilkėjimų, tačiau pati danga dar nesilupa. Bandiniai AK5 % ir AK7 % išsilaikę geriausiai, danga nepraradusi adhezijos su medienos paviršiumi. Bandinių grupė, apdailinta

su PU laku, sendinimo metu išsilaikė geriau, nei bandiniai apdailinti AK laku. Prasčiausiai iš PU bandinių grupės išsilaikė PU0 % bandiniai. Danga po 10 mėnesių dar nesilupa, tačiau yra paviršiaus nušviesėjimas, papildėjimas. Visose kitose bandinių grupėse – PU1 %, PU3 %, PU5 % ir PU7 % – paviršius išsilaikęs labai panašiai. Pagrindinis skirtumas tarp šių grupių yra tai, kad didėjant CeO<sub>2</sub> koncentracijai, paviršius labiau geltonuoja/tamsėja.



**44 pav.** Tangentinio paviršiaus bandiniai, apdailinti AK laku su skirtingomis CeO<sub>2</sub> koncentracijomis – 0, 1, 3, 5, 7 %. Bandiniai prieš sendinimą, po 2, 4, 6, 8, 10 mėnesių sendinimo.



**45 pav.** Tangentinio paviršiaus bandiniai, apdailinti PU laku su skirtingomis  $\text{CeO}_2$  koncentracijomis – 0, 1, 3, 5, 7 %.  
Bandiniai prieš sendinimą, po 2, 4, 6, 8, 10 mėnesių sendinimo.

Vizualiai įvertinus bandinius pastebima, kad poliuretaninis lakas medienos paviršių apsaugojo geriau, nei akrilinis lakas. PU danga be nanodalelių neprarado adhezijos su medienos paviršiumi iki tyrimo pabaigos (10 mėn.), kai AK danga be nanodalelių pradėjo luptis jau po 6 sendinimo mėnesių.  $\text{CeO}_2$  nanodalelės žymiai pagerino AK lako būklę. AK danga su 5 ir 7 % nanodalelių išliko stabilesnė, turi mažiau mikroįtrūkimų bei pakitusios spalvos vietų.  $\text{CeO}_2$  nanodalelės PU dangai suteikia atsparumo UV spinduliams jau nuo 1 %. Pati poliuretaninė danga yra atsparesnė UV spinduliuotei, nei akrilinė danga, todėl šiai danga reikia mažiau  $\text{CeO}_2$  nanodalelių. Tam, kad apdailintos medienos

paviršiaus spalva, dangos būklė liktų išsaugota 10 mėnesių, PU dangai reikia 1 % CeO<sub>2</sub>, tuo tarpu AK – 5 % CeO<sub>2</sub>.

## REKOMENDACIJOS

Cerio oksido (CeO<sub>2</sub>) nanodalelės padidina vandens pagrindo skaidrių akrilinių ir poliuretaninių medienos apdailos medžiagų atsparumą drėgmei bei UV spinduliams. Šio tyrimo duomenys galėtų būti panaudojami medienos apdailos srityje, kai apdailinami eksterjero medienos gaminiai.

## IŠVADOS

1. Didinant CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentraciją PU ir AK dangose didėja sugertų UV spindulių kiekis. Tačiau įvedant CeO<sub>2</sub> nanodaleles į polimerines dangas, UV spindulių sugertis didėja ir regimojo šviesos spektro dalyje. Dėl šios priežasties dangos įgauna gelsvą spalvą. PU dangos UV spindulių sugertis didėjant CeO<sub>2</sub> koncentracijai didėja nežymiai, tuo tarpu AK dangos UV spindulių sugertis stipriai išauga.
2. PU ir AK dangų adhezijos tyrimas parodė, kad nėra aiškios CeO<sub>2</sub> koncentracijos ir adhezijos stiprio priklausomybės, tačiau dangos su CeO<sub>2</sub> po 5 sendinimo mėnesių turi mažesnę adhezijos stiprio pokytį, nei be CeO<sub>2</sub> nanodalelių.
3. Bandinių drėgnis viso sendinimo metu yra stabilus, kai bandiniai apdailinti su AK ir PU laku, kuriuose yra CeO<sub>2</sub> nanodalelių. PU lakas bandinius apsaugojo nuo drėgmės pokyčių geriau, nei AK lakas.
4. Ilgėjant bandinių sendinimo laikui, bandiniai, apdailinti AK ir PU laku su CeO<sub>2</sub> nanodalelėmis ir be jų, turi spalvos tendenciją į raudonumą (+ $\Delta a$ ). Kuo daugiau CeO<sub>2</sub> nanodalelių lake, tuo didesnė ( $\Delta a$ ) reikšmė. Kai medienos paviršius pažeidžiamas UV spindulių ir drėgmės, (- $\Delta a$ ) tendencija keičiasi į žalią spalvą.
5. Ilgėjant sendinimo laikui, bandinių, apdailintų AK ir PU laku su CeO<sub>2</sub> nanodalelėmis ir be jų, turi spalvos tendenciją į geltonumą (+ $\Delta b$ ). Kai medienos paviršius pažeidžiamas, ši tendencija pakinta į mėlyną spalvą (- $\Delta b$ ).
6. Natūralaus sendinimo metu pastebima, kad mažėjant CeO<sub>2</sub> nanodalelių kiekiui AK ir PU dangose, paviršius šviesėja ir pilkėja. Po 10 sendinimo mėnesių geriausiai išsilaikę bandiniai, apdailinti AK laku su 5 ir 7 % bei bandiniai, apdailinti PU laku su 1, 3, 5, 7 %. Didėjant CeO<sub>2</sub> nanodalelių koncentracijai, didėja dangos patvarumas.

## NAUDOTA LITERATŪRA

1. **Dawson B. S. W., Singh A. P., Kroese H. W, Schwitzer M. A., Gallagher S., Riddiough S. J., Wu S.** Enhancing Exterior Performance of Clear Coatings Through Photostabilization of Wooden Surfaces. Part 1: Treatment and Characterization, *J. Coat. Technol. Res.*, 5 (2) 193–206, 2008.
2. **Singh A. P., Park B., Nuryawan A., Kazayawoko M.** Advances in Probing Wood-Coating Interface by Microscopy: A Review, *J. Mat. And Technol.*, 2013, 3, 49-54.
3. **Yildiz S., Yildiz U. C., Tomak E. D.** The Effects of Natural Weathering on the Properties of Heat-treated Alder Wood, *BioResources* 6(3), 2504-2521, 2011.
4. **American Painting Contractor**, Best of Both Worlds -Clear Exterior Finishes, Exterior Wood Care guide, 2000.
5. **Daniel T., Hirsch M. S., McClelland K., Ross A. S., Williams S.** Clear Exterior finishes: Finding the Balance Between Aesthetics and Durability, *JCT Coatings Tech*, 2004.
6. **Jakimavičius Č.**, Medienotyra, Technologija, Kaunas, 2008
7. **Chemical Composition of Wood** - prieiga per internetą:  
[http://www.ipst.gatech.edu/faculty/ragauskas\\_art/technical\\_reviews/Chemical%20Overview%20of%20Wood.pdf](http://www.ipst.gatech.edu/faculty/ragauskas_art/technical_reviews/Chemical%20Overview%20of%20Wood.pdf) [žiūrėta 2015 01 16]
8. **Gražulevičius J. V., Kavaliūnas R.**, Medienos cheminė technologija KTU Cheminės technologijos fakultetas, 2012
9. **Fengel D., Wegener G.**, Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions *Walter de Gruyter*, Berlin 1989.
10. **Williams R. S.**, Weathering of Wood USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
11. **Chen H.**, Biotechnology of Lignocellulose. Theory and Practice *Chemical Industry Press*, Beijing and Springer Science Business, 2014.
12. **Stark N. M.**, Photo degradation and Photostabilization of Weathered Wood Flour Filled Polyethylene Composites, Michigan Technological University, 2003.
13. **Rowell R. M.** Handbook of Wood Chemistry and Wood Composities, Taylor & Francis Group, 2013.

14. **Sundar S. T.**, Chemical Modification of Wood Fiber to Enhance the Interface Between Wood and Polymer in Wood Plastic Composites, 2005.
15. **Forsthuber B., Schaller C., Grull G.** Evaluation of the Photo Stabilising Efficiency of Clear Coatings Comprising Organic UV Absorbers and Mineral UV Screeners on Wood Surfaces, *Wood Sci Technol* 47:281–297, 2013.
16. **Pettersen R. C.** The Chemical Composition of Wood U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI 53705.
17. **Peng P., Bian J., Sun R.C.** Chemistry, Extractives, Lignins, Hemicelluloses and Cellulose *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels*, Pages 49–72, 2010.
18. **Bulian F., Graystone J.A.** Wood Coatings. Theory and Practice, *Elsiever*, Hungary, 2009.
19. **U.S. Forest Products Laboratory** Wood finishing: Weathering of Wood, 1975.
20. **Tracton A.** Coatings Technology Handbook *Taylor & Francis Group*, 2006..
21. **Hon D., Shiraishi N.** Wood and Cellulosic Chemistry, Second Edition, Copyright 2001 by Marcel Dekker, Inc.
22. **Donaldson L.**, Delamination of Wood at the Microscopic Scale: Current Knowledge and Methods, *Springer*, 2011.
23. **Bucur V.**, Delamination in Wood, Wood Products and Wood –Based Composities, *Springer*, 2011.
24. **Winkelaar A.**, Coating Basics *European Coatings Tech Files*, 2009.
25. **Talbert R.** Paint technology handbook, *Fl, U.S.A.: Taylor & FrancisGroup*, 2008.
26. **Desch H.E, Dinwoodie J.M.**, Timber: Structure, Properties, Conversion and Use, Building Research Establishment, 7th edition.
27. **Ali M.F.**, Paints, Pigments, and Industrial Coatings, In Handbook of industrial chemistry, McGraw-Hill, pp. 201-257, 2005.
28. **Wicks Z.W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A.** Organic Coatings. Science and Technology, Third edition, *Wiley Interscience*, 2007.
29. **Sharmin E., Zafar F.**, Polyurethane, 2012.

30. **MacLeod, I. T., Scully, A. D., Ghiggino, K. P., Ritchie, P. J. A., Paravagna, O. M. Leary, B.** Photodegradation at the Wood-Clearcoat Interface, *Wood Sci and Technol.*, 29(3), 183-189, 1995.
31. **Andrady A. L.** Ultraviolet Radiation and Polymers, *Camille Dreyfus Laboratory*, Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC 27709.
32. **Brock T., Groteklaes M., Mischke P.** European Coatings Handbook, *European Coatings Tech Files*, 2010.
33. **Saadat-Monfareda A., Mohsenia M., Tabatabaei M. H.** Polyurethane Nanocomposite Films Containing Nano-Cerium Oxide as UV Absorber. Part 1. Static and Dynamic Light Scattering, Small Angle Neutron Scattering and Optical Studies, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 408, 64– 70, 2012.
34. **Wang Z., Pan Y., Song Y. Cui H.** Ambient Temperature Sol–Gel Synthesis of CeO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub>–CeO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> Films With High Efficiency of UV Absorption and Without Destructive Oxidation on Heat Sensitive Organic Substrate, *J Sol-Gel Sci Technol* 50:261–266, 2009.
35. **Haacke G., Longordo E., Andrawes F.F., Brinen J.S., Campbell BH,** Chemisorption and Physical Adsorption of Light Stabilizers on Pigment and Ultrafine Particles in Coatings. *J. Coat. Technol.*, 71 (888) 87–94, 1999.
36. **Cavaleiro A., De Hosson J. Th. M.** Nanostructured Coatings *Springer Sci. Business Media*, LLC, 2006.
37. **Faure B., Salazar-Alvarez G., Ahniyaz A., Villaluenga I., Berriozabal G., De Miguel Y. R and Bergstrom L.** Dispersion and Surface Functionalization of Oxide Nanoparticles for Transparent Photocatalytic and UV-Protecting Coatings and Sunscreens *Sci. Technol. Adv. Mater.* 14 023001 (23pp), 2013.
38. **Khan S. B., Faisal M., Rahman M. M., Akhtar K., Asiri A. M., Khan A., Alamry K. A.** Effect of Particle Size on the Photocatalytic Activity and Sensing Properties of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8 7284 – 7297, 2013.
39. **Jalilpour M., Fathalilou M.** Effect of Aging Time and Calcination Temperature on the Cerium Oxide Nanoparticles Synthesis via Reverse Co-precipitation Method, *Int. J. Physic- Sci.* Vol. 7(6), pp. 944 - 948, 2 February, 2012.
40. **Cayton R., Murray P.G, Nelson D., Ostrowski R.** Improved Weatherability of Outdoor Wood Stains using Nanotechnology, *Nano. Technol. Corp.*, USA.



41. **Ansell M. P.** Multi-functional Nano-materials for Timber in Construction, Proceedings of the ICE - Construction Materials, Volume 166, pages 248 – 256, 2013.
42. **Fufa S. M., Hovde P. J.** Nano-based Modifications of Wood and Their Environmental Impact: Review, *World Conferencion Timber Eng.*, 2010.
43. **Khrenov V., Klapper M., Koch M., Mullen K.** Surface Functionalized ZnO Particles Designed for the Use in Transparent Nanocomposites, *Macromol. Chem. Phys.*, 206, 95–101, 2005.
44. **Lima J. F., Martins R. F., Neri C. R., Serra O. A.** ZnO: CeO<sub>2</sub>-Based Nanopowders with Low Catalytic Activity as UV Absorbers, *Applied Surf. Sci.* 255, 9006–9009, 2009.
45. **Veronovski N., Verhovsek D., Godnjavec J.** The Influence of Surface-Treated Nano-TiO<sub>2</sub> (Rutile) Incorporation in Water-Based Acrylic Coatings on Wood Protection, *Springer-Verlag* 2012.
46. **Tessier F., Chevire F., Munoz F., Merdrignac-Conanec O., Marchand R., Bouchard M., Colbeau-Justin C.** Powder Preparation and UV Absorption Properties of Selected Compositions in the CeO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> System, *J. State Chem.* 181,1204-1212, 2008.
47. **Forsthuber B., Müller U., Teischinger A., Grill G.** Chemical and Mechanical Changes During Photooxidation of an Acrylic Clear Wood Coat and its Prevention Using UV Absorber and Micronized TiO<sub>2</sub>, *Polymer Degradation and Stability* 98, 1329-1338, 2013.
48. **Edge M., Ortega A., Liauw C. M., Stratton J., McIntyre R. B.** Behaviour of Nanoparticle (ultrafine) Titanium Dioxide Pigments and Stabilisers on the Photooxidative Stability of Water Based Acrylic and Isocyanate Based Acrylic Coatings, *Polymer Degradation and Stability* 78, 467–478, 2002.
49. **Schaller C., Rogez D., Braig A.** Organic vs Inorganic Light Stabilizers for Waterborne Clear Coats: a Fair Comparison, *J. Coat. Technol. Res.*, 9 (4) 433–441, 2012.
50. **Vaseem M., Umar A., Hahn Y.** ZnO Nanoparticles: Growth, Properties, and Applications.
51. **Hong R.Y., Li J.H. Chen L.L, Liu D.Q., Li H.Z., Zheng Y., Ding J.** Synthesis, Surface Modification and Photocatalytic Property of ZnO Nanoparticles, *Powder Technol.* 189 426–432, 2009.
52. **Wang J., Tsuzuki T., Sun L., Wang X.** Reducing the Photocatalytic Activity of Zinc Oxide Quantum Dots by Surface Modification, *J. Am. Ceram. Soc.*, 92 [9] 2083–2088, 2009.
53. **Wetchakun N., Chaiwichain S., Inceesungvorn B., Pingmuang K., Phanichphant S., Minett A. I., Chen J.** BiVO<sub>4</sub>/CeO<sub>2</sub> Nanocomposites with High Visible-Light-Induced Photocatalytic Activity, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 4, 3718–3723, 2012.

54. **Berkei M.** Small but Smart: Additives Based on Nanoparticles for Functional Coatings, 2012.
55. **Lima J. F., Martins R. F., Serra O. A.** Transparent UV-Absorbers Thin Films of Zinc Oxide: Ceria System Synthesized via Sol–Gel Process, *Optical Mat.* 35, 56–60, 2012.
56. **Herrling T., Seifert M., Jung K.** Cerium Dioxide: Future UV-filter in Sunscreen? *SOFW-Journal* 139-5, 2013.
57. **Zholobak N. M., Ivanov V. K., Shcherbakov A. B., Shaporev A. S., Polezhaeva O. S., Baranchikov A. Ye., Spivak N. Ya., Tretyakov Yu. D.** UV-Shielding Property, Photocatalytic Activity and Photocytotoxicity of Ceria Colloid Solutions, *J. Photochemistry and Photobiology* 102, 32–38, 2011.
58. **Goubin F., Rocquefelte X., Whangbo M., Montardi Y., Brec R., Jobic S.** Experimental and Theoretical Characterization of the Optical Properties of CeO<sub>2</sub>, SrCeO<sub>3</sub>, and Sr<sub>2</sub>CeO<sub>4</sub> Containing Ce<sup>4+</sup> (f<sub>0</sub>) Ions, *Chem. Mater.* 16, 662-669, 2004.
59. **Qi X., Flytzani-Stephanopoulos M.** Activity and Stability of Cu-CeO<sub>2</sub> Catalysts in High-Temperature Water-Gas Shift for Fuel-Cell Applications, *Ind. Eng. Chem. Res.* 43, 3055-3062, 2004.
60. **Cui H., Zayat M., Parejo P. G., Levy D.** Highly Efficient Inorganic Transparent UV-Protective Thin-Film Coating by Low Temperature Sol-Gel Procedure for Application on Heat-Sensitive Substrates, *Adv. Mater.* 20, 65–68, 2008.
61. HALS, prieiga per internetą: [https://www.dispersions-pigments.basf.com/portal/basf/ien/dt.jsp?setCursor=1\\_556325](https://www.dispersions-pigments.basf.com/portal/basf/ien/dt.jsp?setCursor=1_556325) [žiūrėta 2015 02 17]
62. **Marrion A. R.** The Chemistry and Physics of Coatings, 2nd Edition, *Royal Soc. of Chem.*, Great Britain, 2004.
63. **Schaller C., Rogez D., Braig A.** Hindered Amine Light Stabilizers in Pigmented Coatings, *J. Coat. Technol. Res.*, 6 (1) 81–88, 2009.
64. **Pizzi A.** Wood Waterproofing And Lignin Crosslinking by Means of Chromium Trioxide/Guajacyl units Complexes, *J. Pol. Sci.* 25, pages 2547-2553, 1980.
65. **Cristea M. V., Riedl B., Blanchet P.** Enhancing the Performance of Exterior Waterborne Coatings for Wood by Inorganic Nanosized UV Absorbers, *Progress in Org. Coat.* 69, 432–441, 2010.
66. **Cristea M. V., Riedl B., Blanchet P., Jimenez-Pique E.** Nanocharacterization Techniques for Investigating the Durability of Wood Coatings *Eur. Pol. J.* 48, 441–453, 2012.

67. **Cristea M. V., Riedl B., Blanchet P.**, Effect of Addition of Nanosized UV Absorbers on the Physico-Mechanical and Thermal Properties of an Exterior Waterborne Stain for Wood, *Progress in Org. Coat.* 72, 755–762, 2011.
68. **Salla J., Pandey K. K., Srinivas K.** Improvement of UV Resistance of Wood Surfaces by Using ZnO Nanoparticles, *Pol. Degr. and Stab.*97, 2012.
69. **Lowry M. S., Hubble D. R., Wressell A. L., Vratsanos M. S., Pepe F. R., Hegedus C. R.** Assessment of UV-Permeability in Nano-ZnO Filled Coatings via High Throughput Experimentation, *J. Coat. Technol. Res.*, 5 (2) 233–239, 2008.
70. **Saha S., Kocaeefe D., Krause C., Larouche T.** Effect of Titania and Zinc oxide Particles on Acrylic Polyurethane Coating Performance, *Progress in Org. Coat.*70, 170–177, 2011.
71. **Mirabedini S. M., Sabzi M., Mehr J. Z., Atai M., Behzadnasab M.** Weathering Performance of the Polyurethane Nanocomposite Coatings Containing Silane Treated TiO<sub>2</sub> Nanoparticles *Applied Surface Sci.* 257, 4196–4203, 2011.
72. **Blanchard V., Blanchet P.** Color Stability for Wood Products During use: Effects of Inorganic Nanoparticles, *BioResources* 6(2) 1219, 1229, 2011.
73. **Rodriguez J. A., Fernández-García M.** Synthesis, Properties, and Applications of Oxide Nanomaterials *John Wiley & Sons*, 2007.
74. **Forsthuber B., Grill G.** The effects of HALS in the Prevention of Photo-degradation of Acrylic Clear Topcoats and Wooden Surfaces, *Polymer Degradation and Stability* 95, 746-755, 2010.
75. **Schaller C., Rogez D.** New Approaches in Wood Coating Stabilization, *J. Coat. Technol. Res.*, 4 (4) 401–409, 2007.
76. **Fufaa S. M., Jelle B. P., Hovde P. J., Rorvik P. M.** Coated Wooden Claddings and the Influence of Nanoparticles on the Weathering Performance, *Progress in Org. Coat.* 75, 72–78, 2012.
77. **Fufaa S. M., Jelle B. P., Hovde P. J.** Effects of TiO<sub>2</sub> and Clay Nanoparticles Loading on Weathering Performance of Coated Wood, *Progress in Org. Coat.* 76, 1425–1429, 2013.
78. **Fufaa S. M., Jelle B. P., Hovde P. J. Rorvik P. M** Impregnated Wooden Claddings and the Influence of Nanoparticles on the Weathering Performance *Wood Mat. Sci. and Eng.*, 7: 186-195, 2012.

79. **Aloui F., Ahajji A., Irmouli Y., George B., Charrier B., Merlin A.** Inorganic UV Absorbers for the Photostabilisation of Wood-Clearcoating Systems: Comparison with Organic UV Absorbers *Applied Surf. Sci.* 253, 3737–3745, 2007.
80. **Saha S., Kocaeffe D., Sarkar D. K., Boluk Y, Pichette A.** Effect of TiO<sub>2</sub>-Containing Nano-coatings on the Color Protection of Heat-treated Jack Pine *J. Coat. Technol. Res.*, 2010

## PRIEDAI

### 1 PRIEDAS. PRADINIAI MATAVIMAI, STATISTINĖS REIKŠMĖS

1 lentelė. Bandinių rėvių skaičius centimetre

	1	2	3	4	5
LPU0T	3	3	3	2	2
LPU1T	3	3	2	2	2
LPU3T	2	2	2	3	2
LPU5T	2	2	2	2	2
LPU7T	2	2	2	2	2
LPU0S	4	5	5	6	5
LPU1S	4	5	4	4	4
LPU3S	4	5	4	5	4
LPU5S	5	4	5	4	4
LPU7S	6	3	5	4	5
LAK0T	2	2	2	2	2
LAK1T	3	1,5	2	2	2
LAK3T	2	2	2	2	2
LAK5T	2	2	2	3	2
LAK7T	3	2	2	2	2
LAK0S	4	6	4	4	4
LAK1S	5	7	4	4	6
LAK3S	6	4	4	6	5
LAK5S	6	4	4	4	5
LAK7S	4	5	7	3	4
VPU0T	2	2	2	2	2
VPU1T	2	2	2	3	2
VPU3T	2	1	2	2	2
VPU5T	2	2	2	2	2
VPU7T	1	2	2	2	2
VPU0S	4	6	5	4	4
VPU1S	5	5	4	4	3
VPU3S	5	4	4	4	4
VPU5S	6	6	5	4	6
VPU7S	6	6	4	6	6
VAK0T	2	2	2	2	2
VAK1T	2	1,5	2	1,5	3
VAK3T	2	2	2	2	1,5
VAK5T	2	2	2	2	2
VAK7T	2	1,5	2	2	1,5
VAK0S	5	5	5	5	5
VAK1S	4	5	7	5	7
VAK3S	5	6	6	3	3
VAK5S	5	6	5	5	6
VAK7S	6	4	4	4	5

2 lentelė. Adhezijos bandinių rėvių skaičius centimetre

	1A	2A	3A	4A	5A
LPU0T	2,5	2	2	3	1,5
LPU3T	1,5	2	2	2	2
LPU7T	2	1,5	2	2	1,5
LPU0S	3	4	3	3	5
LPU3S	5	5	6	3	6
LPU7S	3	3	3	3	3
LAK0T	2	3	2	2	1,5
LAK3T	3	2	2	2	1,5
LAK7T	2	2	2	2	2
LAK0S	4	4	4	5	4
LAK3S	4	3	3	3	4
LAK7S	3	3	5	4	3
	1B	2B	3B	4B	5B
LPU0T	2	2	2	1,5	2
LPU3T	1,5	2	1,5	2,5	2
LPU7T	2	2	2	2	1,5
LPU0S	6	5	3	6	5
LPU3S	5	3	5	6	4
LPU7S	6	5	5	6	5
LAK0T	2	1,5	2	2	1,5
LAK3T	2	2	2	2	2
LAK7T	2	2	2	2	2
LAK0S	5	4	6	6	4
LAK3S	4	4	4	4	5
LAK7S	5	7	4	5	5

3 lentelė. Medienos bandinių rėvių skaičiaus centimetre statistiniai duomenys

Paviršius	R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	l <sub>β</sub>	l <sub>β</sub>	σ <sub>ats</sub>
Tang.	2,00	2,06	0,14	0,38	18,35	0,04	2,02	2,10	1,74
Spind.	4,00	4,78	0,92	0,96	20,08	0,09	4,69	4,87	1,91

4 lentelė. Pradinis bandinių drėgnis

B 50X50X20 mm	1	2	3	4	5	6
Šlapios medienos masė, g	18,25	19,61	21,3	24,18	22,51	19,36
Sausos medienos masė, g	16,5	17,88	19,42	21,89	20,49	17,47
Skirtumas, g	1,75	1,73	1,88	2,29	2,02	1,89
Medienos drėgnis, %	10,61	9,68	9,68	10,46	9,86	10,82

5 lentelė. Pradinio bandinių drėgnio statistiniai duomenys

R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	l <sub>β</sub>	l <sub>β</sub>	σ <sub>ats</sub>
1,14	10,18	0,26	0,51	4,96	0,20	9,99	10,38	1,92

6 lentelė. Bandinių matmenys, tankis (1)

nr.	b,mm	l,mm	h,mm	Tūris, cm <sup>3</sup>	Masė, g	Tankis, kg/m <sup>3</sup>
LPU0T1	49,60	49,20	20,00	48,81	20,05	410,81
LPU0T2	49,00	49,62	20,70	50,33	21,35	424,20
LPU0T3	49,30	49,42	20,50	49,95	21,01	420,65
LPU0T4	49,12	49,3	20,70	50,13	18,67	372,45
LPU0T5	49,32	49,62	19,80	48,46	18,12	373,95
LPU1T1	49,22	49,30	20,80	50,47	21,54	426,77
LPU1T2	49,22	49,32	20,10	48,79	20,25	415,02
LPU1T3	49,00	49,46	20,00	48,47	18,73	386,42
LPU1T4	49,32	49,10	20,90	50,61	20,21	399,31
LPU1T5	49,20	49,40	20,60	50,07	20,21	403,65
LPU3T1	49,22	49,40	20,90	50,82	21,36	420,33
LPU3T2	49,10	49,22	19,56	47,27	19,21	406,38
LPU3T3	49,36	49,42	20,56	50,15	20,10	400,77
LPU3T4	49,42	49,30	21,20	51,65	21,51	416,44
LPU3T5	49,42	49,62	20,30	49,78	19,20	385,70
LPU5T1	49,62	49,62	20,20	49,74	19,66	395,29
LPU5T2	49,42	49,52	20,00	48,95	18,83	384,71
LPU5T3	50,00	49,30	19,80	48,81	18,26	374,13
LPU5T4	49,00	49,80	20,60	50,27	21,39	425,52
LPU5T5	49,20	49,30	20,60	49,97	21,23	424,88
LPU7T1	49,12	49,40	20,00	48,53	18,31	377,29
LPU7T2	49,22	49,42	20,00	48,65	18,00	370,00
LPU7T3	49,36	49,60	20,90	51,17	19,72	385,39
LPU7T4	49,60	49,26	19,70	48,13	18,98	394,32
LPU7T5	49,54	49,44	19,54	47,86	18,30	382,38

6 lentelė. Bandinių matmenys, tankis (2)

nr.	b,mm	l,mm	h,mm	Tūris, cm <sup>3</sup>	Masė,g	Tankis, kg/m <sup>3</sup>
LAK0T1	49,62	49,62	20,00	49,24	19,49	392,45
LAK0T2	49,00	49,44	20,50	49,66	19,7	385,03
LAK0T3	49,30	49,42	21,00	51,16	19,83	397,84
LAK0T4	49,00	49,38	20,60	49,84	20,19	416,58
LAK0T5	49,48	49,42	19,82	48,47	19,62	386,57
LAK1T1	49,42	49,28	20,84	50,75	21,59	451,68
LAK1T2	50,00	49,38	19,36	47,80	17,9	357,84
LAK1T3	49,58	49,70	20,30	50,02	19,96	405,04
LAK1T4	49,14	49,40	20,30	49,28	19,48	395,91
LAK1T5	49,60	49,60	20,00	49,20	18,86	377,53
LAK3T1	49,60	49,42	20,38	49,96	19,55	391,76
LAK3T2	49,72	49,20	20,40	49,90	19,23	401,34
LAK3T3	49,72	49,42	19,50	47,91	18,14	354,69
LAK3T4	49,40	49,30	21,00	51,14	19,98	412,71
LAK3T5	49,00	49,40	20,00	48,41	19,55	410,65
LAK5T1	49,00	49,52	19,62	47,61	18,88	376,54
LAK5T2	50,00	49,40	20,30	50,14	18,04	357,61
LAK5T3	50,00	49,70	20,30	50,45	19,8	388,05
LAK5T4	49,50	49,32	20,90	51,02	22,91	468,83
LAK5T5	49,44	49,42	20,00	48,87	19,66	399,41
LAK7T1	49,82	49,40	20,00	49,22	20,18	411,90
LAK7T2	49,00	49,40	20,24	48,99	18,66	386,97
LAK7T3	49,50	49,40	19,72	48,22	18,38	377,17
LAK7T4	49,62	49,50	19,84	48,73	18,24	367,28
LAK7T5	49,18	49,50	20,40	49,66	22,08	449,20



6 lentelė. Bandinių matmenys, tankis (3)

nr.	b,mm	l,mm	h,mm	Tūris, cm <sup>3</sup>	Masė, g	Tankis, kg/m <sup>3</sup>
VAK0T1	49,50	49,20	20,00	48,71	19,21	394,39
VAK0T2	49,52	49,28	20,00	48,81	19,74	404,45
VAK0T3	49,12	49,52	20,40	49,62	20,19	406,88
VAK0T4	49,42	49,62	20,10	49,29	19,2	389,53
VAK0T5	49,42	49,60	20,00	49,02	19,15	390,62
VAK1T1	49,52	49,60	19,64	48,24	20,12	417,08
VAK1T2	49,60	49,46	20,50	50,29	19,6	389,73
VAK1T3	49,22	49,42	20,62	50,16	19,82	395,16
VAK1T4	49,60	49,42	20,40	50,01	18,95	378,96
VAK1T5	49,52	49,50	20,00	49,02	19,28	393,27
VAK3T1	49,62	49,08	20,00	48,71	19,48	399,94
VAK3T2	49,28	49,54	20,68	50,49	20,4	404,07
VAK3T3	49,50	49,50	19,50	47,78	20,29	424,66
VAK3T4	49,12	49,72	20,30	49,58	20,48	413,09
VAK3T5	49,18	49,40	21,70	52,72	22,36	424,13
VAK5T1	49,82	49,42	20,00	49,24	18,81	381,99
VAK5T2	50,00	49,52	20,40	50,51	18,31	362,50
VAK5T3	50,00	49,40	20,00	49,40	19,07	386,03
VAK5T4	49,62	49,40	19,60	48,04	17,86	371,74
VAK5T5	49,08	49,50	20,70	50,29	20,35	404,65
VAK7T1	49,48	49,52	20,38	49,94	19,11	382,69
VAK7T2	49,40	49,62	20,82	51,03	21,09	413,25
VAK7T3	49,18	49,62	20,60	50,27	20,21	402,03
VAK7T4	49,40	49,00	20,40	49,38	18,59	376,47
VAK7T5	49,18	49,60	21,00	51,23	20,63	402,73
VAK0S1	49,60	49,50	21,70	53,28	24,09	452,16
VAK0S2	49,20	49,72	20,00	48,92	22,25	454,78
VAK0S3	49,62	49,72	20,00	49,34	23,8	482,35
VAK0S4	49,60	49,40	20,90	51,21	24,3	474,52
VAK0S5	49,50	49,40	20,46	50,03	24,48	489,30
VAK1S1	50,00	49,40	20,10	49,65	21,94	441,92
VAK1S2	49,72	49,50	20,90	51,44	24,71	480,39
VAK1S3	49,60	49,50	19,70	48,37	23,36	482,97
VAK1S4	49,70	49,10	19,80	48,32	23,61	488,64
VAK1S5	49,30	49,30	20,80	50,55	23,61	467,02
VAK3S1	49,24	49,50	20,46	49,87	24,29	487,08
VAK3S2	50,00	49,40	20,00	49,40	21,98	444,94
VAK3S3	49,46	49,30	20,00	48,77	23,49	481,67
VAK3S4	50,00	49,50	20,00	49,50	21,43	432,93
VAK3S5	49,80	49,40	20,00	49,20	21,48	436,56
VAK5S1	49,60	49,50	21,00	51,56	24,49	474,99
VAK5S2	49,60	49,50	20,00	49,10	23,83	485,30
VAK5S3	49,40	49,50	20,70	50,62	23,79	469,99
VAK5S4	49,50	49,80	19,60	48,32	23,13	478,72
VAK5S5	49,20	49,50	20,60	50,17	23,89	476,19
VAK7S1	49,12	49,20	20,00	48,33	22,12	457,65
VAK7S2	50,00	49,30	19,80	48,81	22,38	458,54
VAK7S3	49,86	49,60	20,00	49,46	25,06	506,66
VAK7S4	49,68	49,70	20,70	51,11	24,55	480,33
VAK7S5	49,22	49,80	20,00	49,02	23,51	479,57

6 lentelė. Bandinių matmenys, tankis (4)

nr.	b,mm	l,mm	h,mm	Tūris, cm <sup>3</sup>	Masė, g	Tankis, kg/m <sup>3</sup>
VPU0T1	49,22	49,22	20,60	49,91	19,43	389,33
VPU0T2	49,22	49,42	19,72	47,97	17,91	373,37
VPU0T3	49,24	49,28	20,30	49,26	18,75	380,64
VPU0T4	49,00	49,30	19,82	47,88	20,36	425,24
VPU0T5	49,28	49,30	19,82	48,15	18,86	391,67
VPU1T1	49,60	49,40	19,62	48,07	18,26	379,83
VPU1T2	49,52	49,50	20,00	49,02	19,57	399,19
VPU1T3	49,20	49,40	20,00	48,61	18,09	372,15
VPU1T4	49,28	49,42	20,38	49,63	19,86	400,13
VPU1T5	49,70	49,60	20,20	49,80	19,94	400,44
VPU3T1	49,72	49,50	20,00	49,22	19,42	394,53
VPU3T2	49,40	49,50	20,38	49,84	19,33	387,88
VPU3T3	49,72	49,50	21,28	52,37	20,61	393,52
VPU3T4	50,00	49,46	20,00	49,46	19,97	403,76
VPU3T5	49,30	49,40	20,10	48,95	18,88	385,68
VPU5T1	49,50	49,46	20,00	48,97	19,16	391,30
VPU5T2	49,50	49,40	20,00	48,91	19,39	396,47
VPU5T3	49,00	50,00	21,38	52,38	21,02	401,29
VPU5T4	49,20	49,58	20,00	48,79	20,59	422,04
VPU5T5	49,28	49,24	20,30	49,26	19,87	403,38
VPU7T1	49,40	49,38	20,22	49,32	20,83	422,31
VPU7T2	49,50	49,28	20,10	49,03	19,73	402,40
VPU7T3	49,30	49,30	20,16	49,00	20,38	415,93
VPU7T4	49,10	49,38	20,20	48,98	20,39	416,33
VPU7T5	49,18	49,50	20,00	48,69	19,21	394,55
VPU0S1	49,82	49,30	19,90	48,88	23,66	484,07
VPU0S2	49,60	49,46	20,00	49,06	23,9	487,12
VPU0S3	50,00	49,50	20,00	49,50	22,25	449,49
VPU0S4	49,70	49,38	20,00	49,08	22,63	461,05
VPU0S5	49,40	49,52	20,20	49,42	22,46	454,52
VPU1S1	49,70	49,42	20,82	51,14	22,29	435,88
VPU1S2	49,40	49,70	20,00	49,10	24,16	492,02
VPU1S3	49,72	49,40	20,30	49,86	22,8	457,28
VPU1S4	49,90	49,30	20,00	49,20	22,66	460,56
VPU1S5	49,88	49,50	20,18	49,83	21,8	437,53
VPU3S1	49,70	49,30	21,18	51,90	24,46	471,33
VPU3S2	50,00	49,50	20,00	49,50	23	464,65
VPU3S3	49,30	49,52	20,30	49,56	24,63	496,98
VPU3S4	50,00	49,42	20,00	49,42	22,18	448,81
VPU3S5	49,62	49,52	20,00	49,14	21,31	433,63
VPU5S1	49,40	49,40	21,00	51,25	24,42	476,51
VPU5S2	49,44	49,42	21,28	51,99	24,64	473,90
VPU5S3	49,80	49,50	21,00	51,77	24,73	477,72
VPU5S4	49,70	49,42	20,00	49,12	22,56	459,25
VPU5S5	49,00	49,70	20,20	49,19	22,69	461,24
VPU7S1	49,42	49,62	20,70	50,76	24,31	478,91
VPU7S2	49,30	49,40	20,90	50,90	24,65	484,28
VPU7S3	49,62	49,44	20,00	49,06	23,4	476,93
VPU7S4	49,26	49,50	20,60	50,23	24,02	478,20
VPU7S5	49,42	49,62	20,60	50,52	24,54	485,79

7 lentelė. Medienos bandinių matmenų ir tankio statistiniai duomenys

Parametrai	R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σats
b,mm	2,00	49,46	0,10	0,31	0,62	0,02	49,44	49,48	0,03
l,mm	1,00	49,46	0,02	0,15	0,31	0,01	49,45	49,46	0,02
h,mm	2,48	20,28	0,21	0,46	2,27	0,02	20,26	20,31	0,12
Tankis, kg/m <sup>3</sup>	153,52	432,90	1653,91	40,67	9,39	2,73	430,17	435,64	0,63

8 lentelė. Dangos storio matavimai, mm

Variacinė eilutė	
PU	AK
0,038	0,041
0,039	0,042
0,04	0,043
0,041	0,043
0,042	0,043
0,042	0,044
0,045	0,047
0,046	0,047
0,046	0,047
0,047	0,048
0,047	0,049
0,048	0,05
0,048	0,051
0,049	0,051
0,05	0,054
0,052	0,056
0,053	0,057
0,057	0,061
0,057	0,062
0,057	0,063
0,058	0,065
0,059	0,069
0,061	0,069
0,064	0,071
0,064	0,074
0,064	0,075
0,066	0,075
0,067	0,076
0,069	0,081
0,074	0,081
0,074	0,084
0,078	0,085

9 lentelė. Dangos storio duomenų statistiniai skaičiavimai

Polimeras	R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σats
PU	0,0370	0,0560	0,000393	0,02	35,40	0,00	0,0532	0,0588	4,98
AK	0,0440	0,0595	0,0003215	0,02	30,14	0,00	0,0570	0,0620	4,24

## 2 PRIEDAS. ADHEZIJOS STIPRIS, STATISTINĖS REIKŠMĖS

10 lentelė. Adhezijos stipris  $\sigma$ , MPa prieš bandinių sendinimą

Bandinys	Adhezijos stipris $\sigma$ , MPa	A (per medieną), %	A/B (per apdailą), %	Y/Z (per klijus), %
LPU0T1	1,34	30	60	10
LPU0T2	2,44	80	10	10
LPU0T3	1,89	20	70	10
LPU0T4	1,52	35	50	15
LPU0T5	2,91	75	15	10
LPU3T1	2,36	55	15	30
LPU3T2	2,27	60	20	20
LPU3T3	2,96	80	15	5
LPU3T4	2,97	85	10	5
LPU3T5	3,09	70	20	10
LPU7T1	2,45	60	25	15
LPU7T2	2,23	45	15	40
LPU7T3	2,28	75	5	20
LPU7T4	1,80	80	5	15
LPU7T5	3,01	70	25	5
LPU0S1	2,73	50	25	25
LPU0S2	1,94	30	20	50
LPU0S3	2,04	25	10	65
LPU0S4	1,56	60	20	10
LPU0S5	2,04	20	65	15
LPU3S1	2,03	40	20	40
LPU3S2	2,28	55	10	35
LPU3S3	1,74	55	30	15
LPU3S4	1,86	75	10	20
LPU3S5	2,19	55	30	15
LPU7S1	2,43	85	5	10
LPU7S2	2,42	70	10	20
LPU7S3	2,15	88	5	7
LPU7S4	1,71	83	5	12
LPU7S5	2,84	70	15	15
LAK0T1	3,25	50	35	15
LAK0T2	3,10	80	5	15
LAK0T3	3,17	70	10	20
LAK0T4	3,82	80	10	10
LAK0T5	2,46	40	10	50
LAK3T1	3,06	70	20	10
LAK3T2	0,44	10	0	90

LAK3T3	3,61	70	10	20
LAK3T4	2,08	45	5	50
LAK3T5	2,79	55	10	35
LAK7T1	1,91	45	20	35
LAK7T2	0,51	15	15	70
LAK7T3	4,16	90	0	10
LAK7T4	1,12	10	20	70
LAK7T5	1,97	25	15	60
LAK0S1	2,29	35	20	45
LAK0S2	3,30	70	10	20
LAK0S3	2,92	30	20	50
LAK0S4	3,27	50	20	30
LAK0S5	2,32	45	20	35
LAK3S1	3,42	75	5	20
LAK3S2	1,67	40	0	60
LAK3S3	1,84	40	0	600
LAK3S4	2,89	80	5	15
LAK3S5	2,93	30	20	50
LAK7S1	2,76	80	10	10
LAK7S2	3,41	90	0	10
LAK7S3	3,34	90	0	10
LAK7S4	3,33	65	15	20
LAK7S5	3,41	95	0	5

11 lentelė. Adhezijos stipris  $\sigma$ , MPa po 5 mėnesių sendinimo

Bandinys	Adhezijos stipris $\sigma$ , MPa	A (per medieną)	A/B(per apdailą)	Y/Z(per klijus)
LPU0T1	1,69	75	20	5
LPU0T2	1,64	50	0	50
LPU0T3	1,20	20	0	80
LPU0T4	0,82	10	5	85
LPU0T5	1,20	35	5	60
LPU3T1	1,96	85	0	15
LPU3T2	1,61	90	0	10
LPU3T3	1,37	70	0	30
LPU3T4	0,89	75	0	25
LPU3T5	1,80	40	10	50
LPU7T1	1,59	90	0	10
LPU7T2	1,74	95	0	5
LPU7T3	1,82	90	0	10
LPU7T4	1,65	30	30	40

LPU7T5	1,60	100	0	0
LPU0S1	1,96	100	0	0
LPU0S2	1,32	65	5	30
LPU0S3	2,17	95	0	5
LPU0S4	1,48	80	5	15
LPU0S5	0,89	70	5	25
LPU3S1	1,98	90	5	5
LPU3S2	2,02	100	0	0
LPU3S3	2,13	100	0	0
LPU3S4	1,99	100	0	0
LPU3S5	1,83	100	0	0
LPU7S1	0,16	100	0	0
LPU7S2	1,78	100	0	0
LPU7S3	2,09	100	0	0
LPU7S4	1,39	100	0	0
LPU7S5	2,54	100	0	0
LAK0T1	1,32	10	90	0
LAK0T2	1,79	5	85	10
LAK0T3	1,00	15	80	5
LAK0T4	1,21	10	85	5
LAK0T5	1,61	50	50	0
LAK3T1	1,85	95	0	5
LAK3T2	2,33	80	0	20
LAK3T3	1,25	100	0	0
LAK3T4	1,63	95	0	5
LAK3T5	2,14	100	0	0
LAK7T1	1,79	90	5	5
LAK7T2	1,45	85	5	10
LAK7T3	1,51	95	0	5
LAK7T4	2,09	85	0	15
LAK7T5	1,77	100	0	5
LAK0S1	0,99	60	40	0
LAK0S2	0,76	95	0	5
LAK0S3	0,92	70	30	0
LAK0S4	1,14	100	0	0
LAK0S5	1,09	90	10	0
LAK3S1	1,55	95	0	5
LAK3S2	2,24	90	10	0
LAK3S3	2,50	50	0	50
LAK3S4	1,54	50	0	50
LAK3S5	2,52	90	5	5
LAK7S1	1,53	90	0	10

LAK7S2	1,70	95	0	5
LAK7S3	1,32	90	0	10
LAK7S4	1,53	95	0	5
LAK7S5	1,53	95	0	5

12 lentelė. Adhezijos stipris prieš sendinimą, statistiniai duomenys

	Variacinė eilutė					R	x	s2	s	v	Δ	Iβ	Iβ	oats	
	Prieš sendinimą	LPU0T	1,3	1,5	1,9	2,4	2,9	1,58	2,19	0,41	0,64	29,36	0,31	1,89	2,50
	LPU3T	1,7	1,8	2,9	2,9	3,4	1,75	2,77	0,51	0,71	25,68	0,34	2,43	3,11	12,20
	LPU7T	2,5	3,1	3,2	3,2	3,8	1,36	3,16	0,24	0,49	15,38	0,21	2,95	3,37	6,52
	LPU0S	0,4	2,1	2,8	3,1	3,6	3,17	2,89	0,72	0,85	29,32	0,40	2,48	3,29	13,93
	LPU3S	2,8	3,3	3,3	3,4	3,4	0,65	3,25	0,08	0,27	8,45	0,12	3,13	3,37	3,58
	LPU7S	1,6	1,9	2,0	2,0	2,7	1,17	2,06	0,18	0,42	20,50	0,18	1,88	2,24	8,70
	LAK0T	1,8	2,2	2,3	2,5	3,0	1,21	2,36	0,19	0,44	18,58	0,19	2,17	2,54	7,88
	LAK3T	1,7	2,1	2,4	2,4	2,8	1,14	2,31	0,17	0,42	18,12	0,18	2,13	2,49	7,68
	LAK7T	2,3	2,4	3,0	3,0	3,1	0,82	2,73	0,15	0,39	14,13	0,16	2,57	2,89	5,99
	LAK0S	2,3	2,3	2,9	3,3	3,3	1,01	2,82	0,24	0,49	17,49	0,21	2,61	3,03	7,42
	LAK3S	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	0,54	2,02	0,05	0,22	11,13	0,10	1,92	2,11	4,72
	LAK7S	0,5	1,1	1,9	2,0	4,2	3,65	2,29	1,88	1,37	59,86	0,65	1,64	2,94	28,43

13 lentelė. Adhezijos stipris po 5 mėnesių sendinimo, statistiniai duomenys

	variacinė eilutė					R	x	s2	s	v	Δ	Iβ	Iβ	oats	
	Po 5 sendinimo mėnesių	LPU0T	0,82	1,20	1,20	1,64	1,69	0,87	1,43	0,09	0,31	21,33	0,15	1,29	1,58
	LPU3T	0,89	1,37	1,61	1,80	1,96	1,06	1,69	0,10	0,31	18,39	0,15	1,54	1,83	8,73
	LPU7T	1,59	1,60	1,65	1,74	1,82	0,23	1,68	0,01	0,10	5,91	0,04	1,64	1,72	2,51
	LPU0S	0,89	1,32	1,48	1,96	2,17	1,27	1,73	0,19	0,44	25,32	0,21	1,52	1,94	12,02
	LPU3S	1,83	1,98	1,99	2,02	2,13	0,30	1,99	0,01	0,11	5,44	0,05	1,94	2,03	2,31
	LPU7S	0,16	1,39	1,78	2,09	2,54	2,38	1,95	0,41	0,64	32,89	0,31	1,65	2,26	15,62
	LAK0T	1,00	1,21	1,32	1,61	1,79	0,79	1,48	0,08	0,29	19,35	0,14	1,35	1,62	9,19
	LAK3T	1,25	1,63	1,85	2,14	2,33	1,08	1,99	0,13	0,36	17,90	0,17	1,82	2,16	8,50
	LAK7T	1,45	1,51	1,77	1,79	2,09	0,64	1,72	0,06	0,25	14,80	0,11	1,61	1,83	6,28
	LAK0S	0,76	0,92	0,99	1,09	1,14	0,38	0,98	0,02	0,15	15,21	0,06	0,92	1,04	6,45
	LAK3S	1,54	1,55	2,24	2,50	2,52	0,97	2,20	0,23	0,48	21,65	0,23	1,98	2,43	10,29
	LAK7S	1,32	1,53	1,53	1,53	1,70	0,39	1,52	0,02	0,14	9,06	0,06	1,46	1,58	3,84

### 3 PRIEDAS. NATŪRALAUS IR DIRBTINIO SENDINIMO BANDINIŲ SPALVOS DUOMENYS, STATISTINĖS REIKŠMĖS

14 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių spalvos reikšmės ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ), spalvos pokyčio reikšmės ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) bei bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  reikšmės (vidutinės reikšmės) (1)

Kodas	0h			30h					50h								
	L	a	b	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
VPU0T	72,99	5,38	25,68	69,38	7,11	26,87	-3,61	1,73	1,20	4,18	68,75	7,46	27,29	-4,24	2,07	1,61	4,99
VPU1T	73,62	4,02	27,28	69,55	6,86	27,45	-4,06	2,84	0,18	4,96	68,45	7,41	28,10	-5,16	3,38	0,82	6,23
VPU3T	73,31	4,92	25,98	68,68	7,11	28,10	-4,63	2,19	2,12	5,54	67,36	7,43	28,21	-5,95	2,52	2,24	6,84
VPU5T	72,26	5,24	27,85	67,33	8,09	29,78	-4,93	2,85	1,93	6,01	66,45	8,48	30,01	-5,81	3,24	2,17	6,99
VPU7T	72,10	4,91	27,33	67,69	7,34	30,48	-4,41	2,43	3,15	5,93	66,23	7,67	30,33	-5,88	2,76	3,00	7,16
VPU0S	74,18	3,44	26,45	71,11	4,69	24,20	-3,07	1,25	-2,24	4,00	71,12	5,11	25,53	-3,06	1,66	-0,92	3,60
VPU1S	74,14	4,34	24,82	69,85	4,96	25,83	-4,29	0,62	1,01	4,45	70,07	5,37	27,25	-4,08	1,03	2,44	4,86
VPU3S	73,91	4,29	25,49	71,52	4,14	26,72	-2,39	-0,15	1,23	2,69	71,32	4,56	27,82	-2,59	0,26	2,33	3,49
VPU5S	75,15	2,17	26,60	71,38	4,34	28,33	-3,78	2,16	1,74	4,69	70,85	4,71	29,06	-4,30	2,53	2,46	5,57
VPU7S	75,50	2,16	24,81	70,45	4,78	29,87	-5,05	2,63	5,06	7,62	70,14	5,21	30,49	-5,36	3,05	5,68	8,38
VAK0T	72,10	5,58	26,65	66,58	8,97	31,71	-5,52	3,38	5,06	8,22	65,36	9,79	34,17	-6,74	4,21	7,52	10,95
VAK1T	70,19	6,50	26,72	67,54	8,58	31,71	-2,65	2,08	4,99	6,03	64,44	9,39	33,14	-5,75	2,89	6,42	9,09
VAK3T	71,74	5,52	26,79	67,51	7,99	30,32	-4,23	2,46	3,53	6,04	66,53	8,51	31,40	-5,21	2,99	4,62	7,57
VAK5T	70,30	6,09	28,30	68,35	7,19	30,91	-1,94	1,10	2,61	3,44	68,07	7,86	32,22	-2,23	1,77	3,91	4,84
VAK7T	72,88	5,45	27,65	66,33	8,45	31,62	-6,55	3,00	3,97	8,22	65,75	9,03	32,44	-7,13	3,58	4,79	9,31
VAK0S	75,34	2,46	23,96	72,56	3,42	27,18	-2,78	0,96	3,22	4,36	71,44	3,85	29,22	-3,90	1,40	5,27	6,70
VAK1S	65,64	7,29	27,54	71,56	4,79	28,41	5,91	-2,51	0,87	6,48	69,79	5,27	30,28	4,15	-2,03	2,75	5,37
VAK3S	72,05	4,94	25,18	70,66	4,99	28,42	-1,39	0,06	3,24	3,53	70,00	5,41	29,89	-2,05	0,47	4,71	5,16
VAK5S	74,82	2,67	26,49	70,96	3,91	29,18	-3,85	1,23	2,69	4,85	70,57	4,37	30,33	-4,25	1,69	3,84	5,98
VAK7S	75,56	2,26	25,40	66,25	7,08	31,06	-9,31	4,82	5,66	11,91	65,65	7,41	31,38	-9,91	5,15	5,97	12,66
KT	74,16	6,64	24,03	67,08	10,50	33,84	-7,08	3,87	9,81	12,70	64,96	11,96	35,28	-9,20	5,32	11,25	15,47
KS	75,64	4,29	23,66	68,65	9,58	32,97	-6,99	5,29	9,30	12,78	66,32	11,07	35,11	-9,32	6,78	11,45	16,25



14 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių spalvos reikšmės ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ), spalvos pokyčio reikšmės ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) bei bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  reikšmės (vidutinės reikšmės) (2)

Kodas	75h							100h							150h						
	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
VPU0T	67,18	7,84	28,47	-5,82	2,45	2,79	6,90	65,69	8,24	28,15	-7,30	2,86	2,47	8,22	65,11	8,95	30,26	-7,88	3,57	4,58	9,79
VPU1T	67,40	7,66	28,88	-6,22	3,64	1,61	7,38	65,49	8,19	28,47	-8,13	4,17	1,20	9,21	65,56	8,60	29,93	-8,06	4,58	2,65	9,64
VPU3T	66,52	8,17	29,67	-6,79	3,25	3,69	8,39	65,19	8,48	28,86	-8,12	3,56	2,88	9,32	64,90	8,87	30,01	-8,41	3,95	4,03	10,13
VPU5T	64,99	9,15	31,12	-7,27	3,91	3,27	8,87	63,48	9,54	30,42	-8,78	4,30	2,57	10,10	62,32	10,28	31,79	-9,94	5,04	3,95	11,82
VPU7T	65,59	8,35	31,13	-6,51	3,44	3,80	8,28	63,82	8,57	30,21	-8,28	3,66	2,88	9,50	63,09	9,31	31,33	-9,01	4,40	4,00	10,80
VPU0S	69,81	5,45	25,40	-4,37	2,01	-1,05	4,92	68,72	5,76	26,44	-5,46	2,31	-0,01	5,93	68,56	6,05	27,84	-5,62	2,61	1,40	6,35
VPU1S	68,00	5,82	26,84	-6,14	1,48	2,02	6,63	67,10	6,21	27,94	-7,04	1,87	3,12	7,93	67,16	6,52	29,53	-6,98	2,18	4,71	8,70
VPU3S	69,62	5,04	27,55	-4,29	0,75	2,06	4,82	68,99	5,36	28,32	-4,92	1,07	2,83	5,78	68,88	5,83	29,83	-5,03	1,54	4,34	6,82
VPU5S	68,34	5,06	28,39	-6,81	2,89	1,79	7,61	68,18	5,48	29,07	-6,98	3,31	2,47	8,10	67,51	6,00	30,27	-7,64	3,83	3,67	9,30
VPU7S	68,76	5,75	30,10	-6,73	3,59	5,30	9,29	67,18	6,04	30,32	-8,31	3,88	5,51	10,71	67,66	6,59	31,75	-7,84	4,43	6,94	11,37
VAK0T	63,58	10,66	34,97	-8,52	5,07	8,32	12,94	61,78	11,35	36,54	-10,32	5,77	9,89	15,42	62,17	11,65	38,39	-9,93	6,06	11,74	16,53
VAK1T	62,95	10,29	34,11	-7,24	3,79	7,39	11,02	61,93	10,81	35,99	-8,26	4,31	9,27	13,14	61,66	11,79	38,78	-8,53	5,29	12,06	15,70
VAK3T	64,55	9,30	31,42	-7,19	3,77	4,63	9,34	64,05	9,91	32,78	-7,68	4,39	5,99	10,69	63,51	10,38	34,50	-8,22	4,86	7,71	12,28
VAK5T	65,93	8,66	32,19	-4,37	2,57	3,88	6,39	65,10	9,30	33,28	-5,19	3,21	4,98	7,88	64,40	9,94	34,82	-5,89	3,85	6,52	9,59
VAK7T	64,05	9,65	32,25	-8,83	4,19	4,60	10,81	63,97	10,15	33,17	-8,91	4,70	5,52	11,48	62,58	11,13	34,28	-10,30	5,68	6,63	13,50
VAK0S	70,10	4,71	30,62	-5,23	2,26	6,67	8,77	68,85	5,37	32,63	-6,49	2,91	8,67	11,21	69,23	6,15	35,64	-6,10	3,70	11,69	13,69
VAK1S	68,51	6,07	31,21	2,87	-1,22	3,67	4,82	67,99	6,88	33,30	2,35	-0,42	5,77	6,24	67,13	7,57	35,71	1,48	0,28	8,17	8,31
VAK3S	68,10	6,22	30,43	-3,95	1,28	5,25	6,70	67,55	6,74	31,95	-4,51	1,81	6,77	8,33	66,76	7,43	34,09	-5,29	2,49	8,91	10,66
VAK5S	69,15	5,04	30,65	-5,67	2,37	4,16	7,42	68,34	5,61	31,77	-6,47	2,94	5,28	8,86	67,84	6,60	33,71	-6,97	3,93	7,22	10,78
VAK7S	64,26	8,26	31,87	-11,30	6,00	6,47	14,34	63,59	8,96	32,62	-11,97	6,70	7,22	15,50	63,38	9,67	33,92	-12,18	7,41	8,51	16,61
KT	63,57	12,36	35,98	-10,59	5,72	11,95	16,96	62,26	13,14	36,39	-11,90	6,50	12,35	18,34	59,93	14,27	37,19	-14,23	7,63	13,16	20,83
KS	67,13	10,94	34,95	-8,51	6,65	11,28	15,62	65,45	11,71	35,20	-10,19	7,42	11,54	17,09	63,30	13,02	36,60	-12,34	8,73	12,94	19,89

14 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių spalvos reikšmės ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ), spalvos pokyčio reikšmės ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) bei bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  reikšmės (vidutinės reikšmės) (3)

Kodas	200h							250h							300h						
	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L^2$	$\Delta a^2$	$\Delta b^2$	$\Delta E$
VPU0T	65,33	9,32	31,05	-7,66	3,93	5,37	10,15	65,88	9,58	32,01	-7,11	4,19	6,34	10,41	65,50	9,61	33,57	-7,49	4,23	7,89	11,67
VPU1T	65,20	9,19	30,96	-8,41	5,17	3,69	10,54	64,53	9,35	31,37	-9,09	5,33	4,10	11,30	65,82	9,46	33,19	-7,80	5,44	5,91	11,20
VPU3T	64,22	9,57	30,97	-9,10	4,65	5,00	11,37	64,96	9,91	32,04	-8,35	4,99	6,06	11,46	64,50	10,00	33,17	-8,81	5,08	7,19	12,45
VPU5T	61,86	10,77	32,26	-10,39	5,53	4,42	12,57	63,72	11,13	33,68	-8,53	5,88	5,84	11,89	62,67	11,17	34,39	-9,59	5,93	6,55	13,04
VPU7T	63,29	9,84	32,02	-8,81	4,93	4,69	11,13	63,77	10,28	32,95	-8,33	5,37	5,62	11,39	63,47	10,41	33,68	-8,63	5,50	6,35	12,04
VPU0S	67,97	6,54	28,89	-6,21	3,10	2,45	7,36	67,98	7,03	29,24	-6,20	3,59	2,80	7,69	68,04	6,95	30,52	-6,14	3,51	4,08	8,16
VPU1S	65,29	7,21	30,23	-8,85	2,87	5,42	10,76	66,25	7,43	30,50	-7,89	3,09	5,68	10,20	66,20	7,53	31,96	-7,94	3,19	7,14	11,15
VPU3S	67,29	6,48	30,24	-6,62	2,19	4,75	8,44	67,75	6,91	30,68	-6,16	2,61	5,20	8,47	67,66	7,01	31,96	-6,25	2,72	6,47	9,40
VPU5S	66,58	6,56	30,59	-8,57	4,39	3,99	10,42	66,59	7,01	31,05	-8,56	4,83	4,45	10,79	66,48	7,21	32,13	-8,67	5,04	5,53	11,46
VPU7S	65,93	7,31	31,78	-9,57	5,15	6,97	12,92	66,89	7,74	32,59	-8,61	5,58	7,78	12,88	66,10	7,94	33,44	-9,40	5,78	8,63	14,01
VAK0T	61,46	12,45	39,80	-10,64	6,87	13,15	18,26	61,78	12,63	39,69	-10,33	7,04	13,05	18,07	61,96	13,12	41,06	-10,14	7,53	14,41	19,16
VAK1T	60,84	12,62	39,91	-9,35	6,12	13,18	17,28	60,61	12,83	39,94	-9,59	6,33	13,22	17,52	60,25	13,28	41,09	-9,94	6,78	14,37	18,74
VAK3T	62,59	11,27	35,84	-9,15	5,75	9,05	14,09	61,73	11,70	35,68	-10,01	6,18	8,89	14,74	62,15	11,85	37,15	-9,58	6,33	10,36	15,47
VAK5T	62,18	10,82	35,46	-8,12	4,73	7,15	11,81	63,24	11,20	36,30	-7,06	5,11	8,00	11,83	62,82	11,56	37,04	-7,48	5,47	8,74	12,73
VAK7T	60,67	11,85	34,56	-12,21	6,40	6,91	15,42	60,31	12,24	34,81	-12,57	6,78	7,16	15,98	60,71	12,71	36,02	-12,17	7,25	8,37	16,46
VAK0S	67,21	7,42	37,64	-8,12	4,97	13,68	16,67	66,51	7,95	37,10	-8,83	5,49	13,15	16,76	67,88	8,34	39,81	-7,46	5,88	15,85	18,48
VAK1S	66,54	8,60	37,43	0,90	1,31	9,89	10,01	65,38	8,90	36,75	-0,26	1,61	9,21	9,36	66,61	9,33	39,20	0,96	2,03	11,66	11,88
VAK3S	64,92	8,71	35,55	-7,13	3,77	10,37	13,13	64,89	9,14	35,63	-7,16	4,20	10,45	13,35	66,10	9,56	38,19	-5,96	4,62	13,02	15,04
VAK5S	68,31	7,98	35,88	-6,50	5,31	9,39	12,59	66,56	8,49	35,25	-8,26	5,81	8,76	13,37	66,39	8,87	36,93	-8,42	6,20	10,44	14,78
VAK7S	63,35	10,87	35,26	-12,21	8,61	9,86	17,89	61,23	11,06	34,43	-14,32	8,80	9,03	19,08	61,97	11,64	35,98	-13,59	9,37	10,58	19,61
KT	61,25	15,09	38,71	-12,91	8,45	14,68	21,30	60,07	14,81	37,98	-14,09	8,17	13,94	21,44	58,56	15,14	37,60	-15,60	8,51	13,57	22,36
KS	61,87	13,66	36,52	-13,77	9,37	12,86	21,04	62,31	13,49	36,65	-13,33	9,20	12,99	20,76	61,92	13,97	36,85	-13,72	9,68	13,19	21,35

15 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 30h)

	Bandinys	Variacinė eilutė								R	x	s2	s	v	$\Delta$	$\beta$	$\beta$	$\sigma_{ats}$
Po 30h UV sendinimo	VAK0T	71,19	73,26	73,47	73,96	74,38	74,80	75,65	77,90	6,71	74,33	3,80	1,95	2,62	0,65	73,67	74,98	0,88
	VAK1T	71,33	71,66	73,00	75,16	76,05	76,69	78,00	79,36	8,03	75,16	8,62	2,94	3,91	0,99	74,17	76,14	1,31
	VAK3T	71,22	72,94	73,11	74,58	75,17	75,71	76,07	76,73	5,51	74,44	3,49	1,87	2,51	0,63	73,81	75,07	0,84
	VAK5T	73,67	74,14	74,36	74,72	75,42	75,48	76,90	78,36	4,69	75,38	2,44	1,56	2,07	0,53	74,86	75,91	0,70
	VAK7T	70,21	71,13	72,49	73,72	74,00	75,65	76,80	77,99	7,78	74,00	7,35	2,71	3,66	0,91	73,09	74,91	1,23
	VAK0S	75,38	76,13	76,69	76,72	77,63	77,87	79,67	80,44	5,06	77,57	3,01	1,74	2,24	0,58	76,98	78,15	0,75
	VAK1S	71,33	73,11	77,29	77,80	78,37	78,97	80,05	80,69	9,36	77,20	10,91	3,30	4,28	1,11	76,09	78,31	1,44
	VAK3S	72,19	72,42	74,63	77,56	78,38	78,46	78,61	78,68	6,49	76,37	8,04	2,84	3,71	0,95	75,41	77,32	1,25
	VAK5S	74,30	74,70	76,11	76,24	77,40	78,14	78,80	78,97	4,67	76,83	3,19	1,79	2,33	0,60	76,23	77,43	0,78
	VAK7S	69,27	69,65	69,66	71,35	75,25	76,43	78,52	78,68	9,41	73,60	16,54	4,07	5,53	1,37	72,24	74,97	1,86
	VPU0T	70,70	73,85	73,87	74,71	75,05	76,36	76,58	76,88	6,18	74,75	4,08	2,02	2,70	0,68	74,07	75,43	0,91
	VPU1T	70,92	73,64	74,40	74,49	75,86	76,07	76,96	78,71	7,79	75,13	5,49	2,34	3,12	0,79	74,34	75,92	1,05
	VPU3T	72,34	73,23	73,28	73,34	74,85	75,86	76,47	77,14	4,81	74,56	3,13	1,77	2,37	0,59	73,97	75,16	0,80
	VPU5T	72,40	72,51	73,03	73,16	74,38	74,55	75,91	76,66	4,27	74,07	2,51	1,58	2,14	0,53	73,54	74,61	0,72
	VPU7T	71,07	73,43	74,29	74,78	75,02	75,43	76,04	76,82	5,75	74,61	3,12	1,77	2,37	0,59	74,02	75,20	0,80
	VPU0S	72,05	72,38	74,28	74,82	75,00	76,95	77,28	79,91	7,86	75,33	6,90	2,63	3,49	0,88	74,45	76,22	1,17
	VPU1S	68,87	70,23	73,28	74,76	75,97	76,02	77,37	81,19	12,32	74,71	15,52	3,94	5,27	1,32	73,39	76,04	1,77
	VPU3S	70,10	72,03	77,06	77,62	77,81	77,83	79,68	80,10	10,01	76,53	12,74	3,57	4,66	1,20	75,33	77,73	1,57
VPU5S	71,30	73,24	76,10	77,41	78,99	79,05	79,65	79,91	8,61	76,96	10,18	3,19	4,15	1,07	75,88	78,03	1,39	
VPU7S	73,04	73,88	74,45	77,77	77,88	78,14	78,36	79,97	6,93	76,69	6,36	2,52	3,29	0,85	75,84	77,53	1,10	

16 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 50h)

	Bandinys	Variacinė eilutė								R	x	s2	s	v	$\Delta$	l $\beta$	l $\beta$	oats
Po 50h UV sendinimo	VAK0T	73,25	73,48	73,51	73,79	74,06	74,99	75,04	77,47	4,22	74,45	1,95	1,40	1,87	0,47	73,98	74,92	0,63
	VAK1T	69,70	69,81	70,66	72,85	74,09	75,05	76,41	76,47	6,77	73,13	7,93	2,82	3,85	0,95	72,18	74,08	1,29
	VAK3T	70,13	71,54	73,12	74,37	74,38	74,57	76,86	77,58	7,45	74,07	6,19	2,49	3,36	0,84	73,23	74,91	1,13
	VAK5T	73,86	74,65	75,30	75,79	76,09	76,30	76,40	77,51	3,65	75,74	1,27	1,13	1,49	0,38	75,36	76,12	0,50
	VAK7T	69,75	71,94	71,95	73,34	73,60	75,82	76,41	78,47	8,72	73,91	8,02	2,83	3,83	0,95	72,96	74,86	1,29
	VAK0S	73,80	76,12	76,33	76,52	78,29	78,89	79,10	79,32	5,53	77,30	3,72	1,93	2,50	0,65	76,65	77,94	0,84
	VAK1S	70,41	71,65	76,66	77,13	77,43	78,26	78,27	80,72	10,31	76,31	12,24	3,50	4,58	1,18	75,14	77,49	1,54
	VAK3S	72,48	72,61	74,03	76,91	77,49	78,27	79,38	79,67	7,19	76,35	8,54	2,92	3,83	0,98	75,37	77,34	1,29
	VAK5S	75,56	75,64	75,98	76,27	76,66	77,95	78,29	79,13	3,57	76,93	1,81	1,34	1,75	0,45	76,48	77,39	0,59
	VAK7S	68,15	68,68	70,11	70,69	74,83	77,32	77,68	78,48	10,33	73,24	18,48	4,30	5,87	1,44	71,80	74,69	1,97
	VPU0T	71,61	72,93	73,22	73,44	74,30	75,49	75,94	77,90	6,29	74,36	4,01	2,00	2,69	0,67	73,68	75,03	0,90
	VPU1T	72,39	72,50	72,71	73,55	75,01	75,14	76,68	77,25	4,86	74,40	3,63	1,91	2,56	0,64	73,76	75,04	0,86
	VPU3T	71,07	71,51	72,31	72,80	74,20	74,84	75,16	75,51	4,44	73,43	2,97	1,72	2,35	0,58	72,85	74,00	0,79
	VPU5T	71,76	72,50	72,71	72,92	73,46	73,74	74,29	75,90	4,14	73,41	1,63	1,28	1,74	0,43	72,98	73,84	0,58
	VPU7T	67,24	72,01	73,45	73,52	74,02	74,14	75,71	75,91	8,67	73,25	7,47	2,73	3,73	0,92	72,33	74,17	1,25
	VPU0S	71,55	72,50	74,79	74,97	76,18	76,54	79,69	80,28	8,73	75,81	9,50	3,08	4,06	1,04	74,78	76,85	1,37
	VPU1S	69,99	71,44	73,76	75,44	76,10	78,50	78,58	79,74	9,75	75,44	12,38	3,52	4,66	1,18	74,26	76,63	1,57
	VPU3S	69,64	72,61	76,73	78,22	78,26	79,30	79,53	79,87	10,23	76,77	13,73	3,71	4,83	1,24	75,52	78,01	1,62
	VPU5S	71,20	73,49	76,47	77,21	77,69	78,48	79,49	80,12	8,93	76,77	9,22	3,04	3,95	1,02	75,75	77,79	1,33
VPU7S	72,66	73,55	75,33	77,22	77,87	78,33	78,79	79,70	7,04	76,68	6,54	2,56	3,34	0,86	75,82	77,54	1,12	

17 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 75h)

Po 75h UV sendinimo	Bandinys	Variacinė eilutė								R	x	s2	s	v	$\Delta$	$ \beta$	$ \beta$	$\sigma_{ats}$
	VAK0T	71,75	72,02	72,49	73,13	73,90	73,96	74,22	75,63	3,88	73,39	1,68	1,30	1,76	0,44	72,95	73,82	0,59
	VAK1T	67,50	67,95	70,27	72,53	74,66	74,87	75,45	76,05	8,55	72,41	11,74	3,43	4,73	1,15	71,26	73,56	1,59
	VAK3T	65,76	70,45	71,52	72,75	73,21	73,93	74,28	77,36	11,60	72,41	11,43	3,38	4,67	1,14	71,27	73,54	1,57
	VAK5T	71,46	72,45	72,90	73,78	74,24	74,26	75,78	76,31	4,85	73,90	2,67	1,63	2,21	0,55	73,35	74,45	0,74
	VAK7T	68,54	69,70	70,89	71,46	72,32	74,56	75,63	76,03	7,49	72,39	7,66	2,77	3,82	0,93	71,46	73,32	1,28
	VAK0S	74,65	75,07	75,35	76,38	76,93	77,50	78,08	79,33	4,68	76,66	2,62	1,62	2,11	0,54	76,12	77,20	0,71
	VAK1S	69,03	69,47	75,19	77,14	77,27	77,72	79,16	79,64	10,61	75,58	17,07	4,13	5,47	1,39	74,19	76,97	1,84
	VAK3S	71,27	71,59	73,15	73,50	76,16	76,24	78,31	78,89	7,62	74,89	8,58	2,93	3,91	0,98	73,91	75,87	1,31
	VAK5S	73,62	73,81	74,56	74,80	76,21	76,86	78,10	78,48	4,85	75,80	3,57	1,89	2,49	0,63	75,17	76,44	0,84
	VAK7S	68,01	68,80	69,15	69,38	73,35	75,65	76,40	77,70	9,69	72,30	15,35	3,92	5,42	1,32	70,99	73,62	1,82
	VPU0T	71,76	72,22	72,62	72,75	73,22	73,46	75,11	75,92	4,16	73,38	2,06	1,43	1,95	0,48	72,90	73,86	0,66
	VPU1T	71,28	71,96	72,33	73,82	74,03	74,92	75,29	76,52	5,24	73,77	3,26	1,81	2,45	0,61	73,16	74,37	0,82
	VPU3T	69,28	70,02	73,41	73,67	74,72	74,77	74,96	75,91	6,63	73,34	5,83	2,41	3,29	0,81	72,53	74,15	1,11
	VPU5T	71,48	72,19	72,37	72,40	72,72	72,74	72,83	74,43	2,95	72,65	0,70	0,84	1,16	0,28	72,36	72,93	0,39
	VPU7T	70,98	71,76	72,15	73,02	73,68	73,94	74,14	75,09	4,12	73,09	1,90	1,38	1,89	0,46	72,63	73,56	0,63
	VPU0S	69,57	71,09	72,58	74,03	75,85	76,22	78,16	79,00	9,44	74,56	11,18	3,34	4,48	1,12	73,44	75,69	1,51
	VPU1S	67,49	69,00	70,08	74,01	74,56	76,32	77,63	78,29	10,80	73,42	16,77	4,10	5,58	1,38	72,05	74,80	1,87
	VPU3S	69,07	70,21	75,04	76,30	76,74	77,24	78,09	78,26	9,19	75,12	12,56	3,54	4,72	1,19	73,93	76,31	1,58
	VPU5S	69,54	70,27	73,13	74,18	75,66	76,09	76,61	78,30	8,76	74,22	9,51	3,08	4,16	1,04	73,19	75,26	1,40
VPU7S	71,25	71,55	74,21	75,91	76,47	77,11	77,79	78,22	6,97	75,31	7,34	2,71	3,60	0,91	74,40	76,22	1,21	

18 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 100h)

Bandinys	Variacinė eilutė								R	x	s <sup>2</sup>	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	oats
	VAK0T	69,82	72,25	72,33	72,36	72,66	73,04	74,58	74,64	4,83	72,71	2,31	1,52	2,09	0,51	72,20	73,22
VAK1T	67,91	69,63	70,39	71,75	73,79	74,95	75,56	76,16	8,25	72,52	9,25	3,04	4,19	1,02	71,50	73,54	1,41
VAK3T	67,94	70,89	72,40	73,06	73,55	73,83	73,91	75,58	7,64	72,64	5,41	2,33	3,20	0,78	71,86	73,43	1,08
VAK5T	71,18	71,30	72,87	73,27	73,43	75,11	75,76	76,85	5,67	73,72	4,18	2,04	2,77	0,69	73,03	74,41	0,93
VAK7T	69,21	70,57	70,63	71,90	73,29	75,45	75,55	75,80	6,59	72,80	6,75	2,60	3,57	0,87	71,93	73,67	1,20
VAK0S	74,70	74,99	75,48	76,22	76,26	76,83	77,31	79,34	4,64	76,39	2,20	1,48	1,94	0,50	75,89	76,89	0,65
VAK1S	68,88	70,14	76,78	77,17	77,66	78,19	79,57	80,10	11,23	76,06	17,74	4,21	5,54	1,41	74,65	77,48	1,86
VAK3S	68,38	71,77	72,45	74,22	76,64	78,71	78,95	79,42	11,04	75,07	16,14	4,02	5,35	1,35	73,72	76,42	1,80
VAK5S	73,96	74,58	74,73	75,16	75,52	76,08	76,63	77,97	4,00	75,58	1,65	1,29	1,70	0,43	75,15	76,01	0,57
VAK7S	66,17	66,17	68,96	70,09	75,67	76,36	76,78	76,84	10,67	72,13	22,78	4,77	6,62	1,60	70,53	73,73	2,22
VPU0T	71,08	71,22	71,61	71,64	71,70	72,02	72,26	74,03	2,95	71,95	0,85	0,92	1,29	0,31	71,64	72,26	0,43
VPU1T	69,92	70,21	70,35	70,82	71,29	73,40	74,36	75,10	5,18	71,93	4,18	2,05	2,84	0,69	71,24	72,62	0,96
VPU3T	68,67	68,89	70,87	72,79	72,82	73,43	73,44	73,77	5,10	71,83	4,34	2,08	2,90	0,70	71,13	72,53	0,97
VPU5T	69,79	70,09	70,15	70,71	70,84	70,90	71,94	73,97	4,17	71,05	1,83	1,35	1,90	0,45	70,59	71,50	0,64
VPU7T	66,22	70,59	71,21	71,30	71,62	72,10	72,69	73,33	7,10	71,13	4,70	2,17	3,05	0,73	70,41	71,86	1,02
VPU0S	70,04	70,54	72,17	72,66	75,84	76,01	77,06	77,12	7,08	73,93	8,47	2,91	3,94	0,98	72,95	74,91	1,32
VPU1S	66,24	69,34	71,91	72,45	73,53	75,97	76,67	78,07	11,83	73,02	15,54	3,94	5,40	1,32	71,70	74,35	1,81
VPU3S	69,72	69,97	74,18	75,29	76,12	77,12	78,15	78,20	8,48	74,84	11,38	3,37	4,51	1,13	73,71	75,98	1,51
VPU5S	69,95	70,19	70,84	75,61	76,24	76,67	77,34	78,08	8,13	74,36	11,76	3,43	4,61	1,15	73,21	75,52	1,55
VPU7S	70,93	71,54	72,15	72,36	74,91	76,01	76,41	77,58	6,65	73,99	6,44	2,54	3,43	0,85	73,13	74,84	1,15

19 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 150h)

	Bandinys	Variacinė eilutė								R	x	s2	s	v	$\Delta$	l $\beta$	l $\beta$	oats
Po 150h UV sendinimo	VAK0T	72,05	72,37	73,05	73,78	74,26	74,48	74,97	77,22	5,18	74,02	2,72	1,65	2,23	0,55	73,47	74,58	0,75
	VAK1T	69,61	71,10	71,95	72,51	75,22	75,60	77,25	77,70	8,09	73,87	8,89	2,98	4,04	1,00	72,86	74,87	1,36
	VAK3T	68,36	70,59	72,23	73,55	73,88	73,89	74,34	77,44	9,09	73,04	7,34	2,71	3,71	0,91	72,13	73,95	1,25
	VAK5T	71,36	72,39	73,00	74,59	74,76	74,80	75,01	75,32	3,96	73,90	2,12	1,45	1,97	0,49	73,41	74,39	0,66
	VAK7T	68,48	68,66	71,43	71,88	72,50	74,28	75,19	75,59	7,10	72,25	7,41	2,72	3,77	0,91	71,34	73,17	1,27
	VAK0S	75,96	76,79	77,13	77,18	78,11	78,83	79,64	81,37	5,41	78,13	3,09	1,76	2,25	0,59	77,54	78,72	0,76
	VAK1S	68,23	70,25	77,50	77,62	78,56	79,02	80,04	80,36	12,13	76,45	21,10	4,59	6,01	1,54	74,90	77,99	2,02
	VAK3S	71,17	71,87	73,72	74,68	76,72	77,00	78,20	79,59	8,42	75,37	9,05	3,01	3,99	1,01	74,36	76,38	1,34
	VAK5S	74,57	74,81	74,93	75,22	75,85	77,44	77,51	78,01	3,44	76,04	1,94	1,39	1,83	0,47	75,57	76,51	0,62
	VAK7S	67,77	68,25	68,54	68,82	76,27	76,51	76,94	78,00	10,22	72,64	21,38	4,62	6,37	1,55	71,08	74,19	2,14
	VPU0T	71,09	71,68	71,79	72,43	72,46	72,77	72,90	73,83	2,74	72,37	0,72	0,85	1,17	0,29	72,08	72,65	0,39
	VPU1T	70,02	70,70	70,94	71,85	72,01	73,61	74,67	77,26	7,24	72,63	5,85	2,42	3,33	0,81	71,82	73,44	1,12
	VPU3T	68,68	69,48	71,50	72,59	72,67	73,57	73,84	74,28	5,59	72,08	4,20	2,05	2,84	0,69	71,39	72,76	0,95
	VPU5T	68,12	69,46	70,53	70,71	70,82	70,92	71,36	73,92	5,79	70,73	2,72	1,65	2,33	0,55	70,18	71,28	0,78
	VPU7T	68,11	70,65	70,67	71,20	71,34	71,97	72,08	72,46	4,36	71,06	1,85	1,36	1,92	0,46	70,60	71,52	0,64
	VPU0S	69,14	69,66	72,27	73,19	75,40	75,73	79,16	79,99	10,86	74,32	16,12	4,02	5,40	1,35	72,97	75,67	1,81
	VPU1S	68,91	69,37	72,06	72,92	74,90	75,70	77,58	78,25	9,34	73,71	12,32	3,51	4,76	1,18	72,53	74,89	1,60
	VPU3S	68,04	71,02	74,98	75,96	77,43	77,58	78,22	79,70	11,66	75,36	15,60	3,95	5,24	1,33	74,04	76,69	1,76
	VPU5S	66,99	70,20	74,40	74,51	76,06	77,11	77,37	77,57	10,58	74,27	14,48	3,81	5,12	1,28	73,00	75,55	1,72
	VPU7S	70,51	72,90	74,41	74,78	76,16	76,68	77,26	77,71	7,21	75,05	5,94	2,44	3,25	0,82	74,23	75,87	1,09

20 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 200h)

Bandinys	Variacinė eilutė									R	x	s <sup>2</sup>	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	$\sigma_{ats}$
	VAK0T	71,33	72,74	73,71	74,57	74,63	74,98	75,05	77,54	6,21	74,32	3,33	1,83	2,46	0,61	73,71	74,93	0,83
VAK1T	70,40	70,44	71,84	73,62	74,91	75,33	77,00	77,84	7,43	73,92	8,10	2,85	3,85	0,96	72,97	74,88	1,29	
VAK3T	67,06	70,50	71,78	71,94	74,42	74,66	75,74	78,01	10,94	73,01	11,63	3,41	4,67	1,15	71,87	74,16	1,57	
VAK5T	68,59	70,22	71,46	72,31	72,72	74,22	74,24	75,50	6,91	72,41	5,22	2,29	3,16	0,77	71,64	73,18	1,06	
VAK7T	65,10	69,21	69,76	69,86	70,64	71,17	75,03	76,06	10,97	70,85	11,83	3,44	4,85	1,16	69,70	72,01	1,63	
VAK0S	74,83	75,60	76,93	77,02	77,07	77,07	80,19	80,50	5,67	77,40	3,97	1,99	2,57	0,67	76,73	78,07	0,86	
VAK1S	69,85	70,30	77,17	77,76	79,40	79,78	80,07	80,56	10,71	76,86	18,88	4,34	5,65	1,46	75,40	78,32	1,90	
VAK3S	70,15	70,52	72,02	75,37	75,92	76,12	77,83	78,65	8,50	74,57	10,65	3,26	4,38	1,10	73,47	75,67	1,47	
VAK5S	76,03	76,27	76,61	76,80	77,76	78,06	78,07	80,99	4,96	77,58	2,54	1,59	2,05	0,54	77,04	78,11	0,69	
VAK7S	69,52	69,82	70,13	70,40	76,28	76,57	76,74	77,86	8,34	73,41	13,85	3,72	5,07	1,25	72,16	74,66	1,70	
VPU0T	71,54	71,80	72,22	72,57	73,01	73,07	74,35	75,04	3,50	72,95	1,48	1,21	1,67	0,41	72,54	73,36	0,56	
VPU1T	71,10	71,55	71,60	71,67	71,98	73,71	75,24	75,70	4,60	72,82	3,30	1,82	2,49	0,61	72,21	73,43	0,84	
VPU3T	68,25	69,34	71,58	72,17	72,56	73,07	74,34	74,58	6,33	71,98	4,99	2,23	3,10	0,75	71,23	72,73	1,04	
VPU5T	67,43	69,75	70,00	71,16	71,18	71,18	71,62	72,72	5,29	70,63	2,52	1,59	2,25	0,53	70,09	71,16	0,76	
VPU7T	67,58	68,54	70,65	72,55	72,81	72,91	73,30	74,55	6,97	71,61	6,01	2,45	3,42	0,82	70,79	72,43	1,15	
VPU0S	70,68	70,69	71,55	72,04	75,51	75,72	78,65	78,77	8,09	74,20	11,59	3,40	4,59	1,14	73,06	75,34	1,54	
VPU1S	67,26	67,56	70,10	72,70	74,10	75,00	75,09	77,19	9,94	72,38	13,59	3,69	5,09	1,24	71,14	73,61	1,71	
VPU3S	68,75	70,13	74,66	74,70	74,75	76,24	76,65	77,07	8,32	74,12	9,34	3,06	4,12	1,03	73,09	75,15	1,39	
VPU5S	68,49	69,58	70,78	74,48	75,31	75,81	77,18	77,26	8,77	73,61	12,15	3,49	4,74	1,17	72,44	74,78	1,59	
VPU7S	69,63	69,93	71,64	73,27	74,45	75,84	76,42	77,43	7,79	73,58	8,77	2,96	4,03	1,00	72,58	74,57	1,35	



21 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 250h)

Po 250h UV sendinimo	Bandinys	Variacinė eilutė								R	x	s2	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	oats
	VAK0T	72,44	72,67	73,43	74,43	74,66	75,15	76,02	77,61	5,17	74,55	3,02	1,74	2,33	0,58	73,97	75,14	0,78
	VAK1T	69,86	69,86	69,91	72,15	74,61	76,05	77,73	80,16	10,30	73,79	15,78	3,97	5,38	1,33	72,46	75,13	1,81
	VAK3T	66,99	69,15	71,08	72,82	73,38	74,07	74,77	75,86	8,87	72,27	9,00	3,00	4,15	1,01	71,26	73,27	1,39
	VAK5T	71,57	72,37	73,51	73,80	74,03	74,35	75,06	75,63	4,06	73,79	1,77	1,33	1,80	0,45	73,34	74,24	0,61
	VAK7T	66,90	67,50	70,40	70,52	70,79	71,11	73,89	74,71	7,81	70,73	7,32	2,71	3,82	0,91	69,82	71,64	1,28
	VAK0S	74,82	74,88	75,23	76,07	76,42	76,61	79,12	79,50	4,69	76,58	3,30	1,82	2,37	0,61	75,97	77,19	0,80
	VAK1S	68,48	69,09	75,96	76,70	77,68	77,91	78,93	79,72	11,24	75,56	18,87	4,34	5,75	1,46	74,10	77,02	1,93
	VAK3S	67,84	69,96	72,92	75,16	75,85	78,32	78,41	78,50	10,66	74,62	16,49	4,06	5,44	1,36	73,26	75,99	1,83
	VAK5S	73,42	74,73	75,12	75,13	75,24	77,02	77,06	78,65	5,23	75,79	2,74	1,66	2,18	0,56	75,24	76,35	0,73
	VAK7S	66,46	67,71	67,89	67,89	73,87	74,90	75,30	75,63	9,17	71,21	16,25	4,03	5,66	1,35	69,85	72,56	1,90
	VPU0T	70,17	71,66	73,98	74,13	74,73	74,94	75,30	76,21	6,05	73,89	4,01	2,00	2,71	0,67	73,22	74,56	0,91
	VPU1T	68,89	69,30	70,63	72,10	72,72	74,19	75,04	76,61	7,72	72,43	7,60	2,76	3,81	0,93	71,51	73,36	1,28
	VPU3T	67,64	68,96	73,44	73,78	74,69	75,11	75,57	76,19	8,54	73,17	9,95	3,15	4,31	1,06	72,11	74,23	1,45
	VPU5T	69,85	72,32	72,48	72,64	72,92	73,19	73,98	76,20	6,36	72,95	3,15	1,77	2,43	0,60	72,35	73,55	0,82
	VPU7T	67,72	70,68	71,41	73,60	74,11	74,19	74,21	74,26	6,55	72,52	5,73	2,39	3,30	0,80	71,72	73,33	1,11
	VPU0S	68,24	71,21	72,10	74,23	74,69	77,20	77,44	80,02	11,78	74,39	14,61	3,82	5,14	1,28	73,11	75,68	1,73
	VPU1S	67,35	68,12	70,92	72,73	73,99	74,84	77,89	81,03	13,69	73,36	21,72	4,66	6,35	1,57	71,79	74,93	2,13
	VPU3S	68,76	71,23	73,54	74,27	76,78	76,86	77,67	79,04	10,28	74,77	12,20	3,49	4,67	1,17	73,59	75,94	1,57
	VPU5S	67,60	70,28	74,57	74,61	75,02	75,63	75,88	77,21	9,61	73,85	10,41	3,23	4,37	1,08	72,77	74,93	1,47
VPU7S	69,18	70,79	75,33	75,49	76,40	76,63	76,94	77,86	8,68	74,83	9,76	3,12	4,17	1,05	73,78	75,88	1,40	

22 lentelė. Dirbtinio sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  statistiniai skaičiavimai (po 300h)

Bandinys	Variacinė eilutė									R	x	s2	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	$\sigma_{ats}$
	VAK0T	73,56	73,63	73,68	75,27	75,56	76,18	76,95	79,32	5,76	75,52	3,97	1,99	2,64	0,67	74,85	76,19	0,89
VAK1T	70,65	71,02	71,07	72,90	73,53	77,97	78,10	78,48	7,83	74,22	11,77	3,43	4,62	1,15	73,06	75,37	1,55	
VAK3T	67,06	70,17	72,33	73,76	74,19	75,21	75,98	78,39	11,33	73,39	12,48	3,53	4,81	1,19	72,20	74,57	1,62	
VAK5T	72,22	72,45	72,74	72,84	73,59	74,94	75,15	76,92	4,70	73,85	2,75	1,66	2,25	0,56	73,30	74,41	0,75	
VAK7T	64,46	68,23	70,20	72,74	72,92	74,44	75,30	75,80	11,34	71,76	15,22	3,90	5,44	1,31	70,45	73,07	1,83	
VAK0S	76,94	77,58	77,76	78,57	79,63	79,73	81,33	81,59	4,64	79,14	2,98	1,73	2,18	0,58	78,56	79,72	0,73	
VAK1S	69,33	71,08	79,01	79,70	80,02	80,64	81,59	81,61	12,28	77,87	23,40	4,84	6,21	1,63	76,25	79,50	2,09	
VAK3S	71,17	71,72	75,20	78,02	78,77	79,60	79,97	81,28	10,11	76,97	14,74	3,84	4,99	1,29	75,68	78,26	1,68	
VAK5S	74,23	75,22	75,47	75,88	76,18	78,00	78,11	78,84	4,61	76,49	2,67	1,63	2,14	0,55	75,94	77,04	0,72	
VAK7S	67,38	68,57	68,80	69,38	75,94	76,28	77,40	77,72	10,34	72,68	20,42	4,52	6,22	1,52	71,17	74,20	2,09	
VPU0T	71,98	72,91	74,17	74,45	74,68	74,81	75,24	75,69	3,72	74,24	1,51	1,23	1,66	0,41	73,83	74,65	0,56	
VPU1T	73,00	73,03	73,11	73,75	74,30	74,51	76,38	76,97	3,97	74,38	2,35	1,53	2,06	0,52	73,87	74,90	0,69	
VPU3T	69,17	69,38	73,06	73,50	73,59	74,93	75,60	77,04	7,86	73,28	7,79	2,79	3,81	0,94	72,35	74,22	1,28	
VPU5T	70,65	70,66	71,84	71,99	72,05	73,02	73,18	75,65	5,00	72,38	2,60	1,61	2,23	0,54	71,84	72,92	0,75	
VPU7T	68,96	71,41	71,77	72,78	72,98	73,64	73,65	75,67	6,71	72,61	3,88	1,97	2,71	0,66	71,95	73,27	0,91	
VPU0S	70,33	71,26	72,27	73,01	76,98	77,32	78,05	80,46	10,13	74,96	13,65	3,70	4,93	1,24	73,72	76,20	1,66	
VPU1S	67,98	68,24	71,39	74,10	76,81	76,95	77,57	78,54	10,56	73,95	18,03	4,25	5,74	1,43	72,52	75,38	1,93	
VPU3S	69,16	69,37	75,73	76,42	76,68	77,57	78,08	78,72	9,56	75,22	14,39	3,79	5,04	1,27	73,94	76,49	1,69	
VPU5S	67,82	70,19	71,63	75,21	76,47	77,18	77,36	78,00	10,18	74,23	14,69	3,83	5,16	1,29	72,94	75,52	1,73	
VPU7S	71,02	71,11	74,52	74,62	75,83	75,86	75,89	77,29	6,27	74,52	5,28	2,30	3,08	0,77	73,75	75,29	1,04	

23 lentelė. Natūralaus sendinimo bandinių spalvos reikšmės ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ), spalvos pokyčio reikšmės ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) bei bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  reikšmės (vidutinės reikšmės)

2014.05.12.				2014.05.16.								2014.05.26.							
0 dienų				po 3 dienų								po 10 dienų							
Kodas	L	a	b	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$		
LPU0T	68,29	5,97	25,76	68,93	6,81	27,68	0,64	0,85	1,93	2,20	67,63	7,24	30,78	-0,66	1,28	5,02	5,22		
LPU1T	69,73	5,81	26,04	68,38	7,12	27,53	-1,35	1,31	1,49	2,40	67,22	6,94	30,14	-2,51	1,14	4,10	4,94		
LPU3T	73,53	4,88	25,98	70,67	6,11	28,53	-2,86	1,24	2,56	4,03	69,42	6,61	30,77	-4,11	1,73	4,80	6,54		
LPU5T	72,28	5,98	28,64	65,17	6,95	28,66	-7,11	0,97	0,02	7,18	67,65	7,35	30,95	-4,64	1,37	2,32	5,36		
LPU7T	69,26	4,93	27,72	70,74	6,48	30,77	1,48	1,55	3,05	3,73	67,74	7,66	32,02	-1,52	2,73	4,30	5,31		
LAK0T	73,90	6,54	26,82	70,49	7,36	29,59	-3,42	0,82	2,78	4,48	68,46	8,05	34,44	-5,44	1,52	7,62	9,48		
LAK1T	72,89	5,85	26,35	67,89	6,40	27,46	-5,00	0,56	1,12	5,15	66,52	7,94	32,38	-6,37	2,10	6,03	9,02		
LAK3T	70,81	6,08	26,52	67,49	7,85	29,50	-3,32	1,78	2,98	4,80	66,64	8,68	33,61	-4,18	2,61	7,09	8,63		
LAK5T	69,37	6,15	28,37	70,26	7,07	30,99	0,89	0,92	2,62	2,91	66,90	8,59	32,54	-2,46	2,44	4,17	5,42		
LAK7T	68,53	7,16	28,27	65,68	7,78	29,84	-2,85	0,63	1,57	3,31	64,14	9,78	32,58	-4,40	2,63	4,32	6,70		
K	73,20	9,83	31,18	68,53	9,17	32,29	-4,67	-0,66	1,11	4,84	66,92	9,74	33,76	-6,28	-0,09	2,58	6,79		

23 lentelės tęsinys (1)

2014.06.09.								2014.07.02.								2014.07.24.							
po 20 dienų								po 40 dienų								po 60 dienų							
Kodas	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$		
LPU0T	67,47	7,25	33,61	-0,82	1,28	7,85	8,00	68,13	7,61	33,35	-0,16	1,65	7,60	7,77	66,62	6,64	32,65	-1,67	0,68	6,89	7,13		
LPU1T	67,57	6,94	32,48	-2,15	1,14	6,44	6,88	67,92	7,76	34,17	-1,81	1,96	8,13	8,56	65,75	6,83	33,19	-3,97	1,03	7,15	8,24		
LPU3T	64,86	7,83	31,77	-8,66	2,95	5,80	10,83	66,90	7,99	33,93	-6,62	3,11	7,95	10,81	62,76	7,91	33,68	-10,76	3,04	7,70	13,58		
LPU5T	63,29	8,21	31,14	-8,99	2,23	2,50	9,59	65,90	8,94	34,31	-6,38	2,96	5,67	9,04	63,39	8,30	33,59	-8,89	2,32	4,96	10,44		
LPU7T	64,68	8,39	32,43	-4,58	3,46	4,71	7,42	65,01	9,58	35,22	-4,25	4,65	7,50	9,80	61,87	9,19	34,42	-7,39	4,26	6,70	10,85		
LAK0T	67,09	8,18	35,10	-6,81	1,65	8,29	10,85	66,31	8,87	36,25	-7,59	2,34	9,44	12,34	62,47	8,73	34,93	-11,43	2,20	8,12	14,19		
LAK1T	65,95	8,99	34,04	-6,94	3,14	7,70	10,83	64,95	9,58	36,98	-7,93	3,74	10,63	13,78	63,43	8,78	35,34	-9,46	2,93	8,99	13,38		
LAK3T	64,61	9,92	35,61	-6,20	3,84	9,08	11,65	64,33	10,21	37,10	-6,48	4,14	10,58	13,08	62,05	9,32	35,26	-8,76	3,25	8,74	12,79		
LAK5T	64,58	9,53	33,93	-4,79	3,38	5,56	8,08	63,84	10,66	36,13	-5,52	4,51	7,76	10,54	60,43	9,82	34,32	-8,94	3,67	5,95	11,35		
LAK7T	63,66	10,95	33,21	-4,87	3,79	4,94	7,91	63,05	11,28	35,45	-5,48	4,13	7,18	9,93	59,69	10,63	34,27	-8,84	3,48	6,01	11,24		
K	65,73	9,00	29,67	-7,47	-0,83	-1,51	7,66	68,19	7,78	22,15	-5,01	-2,05	-9,03	10,53	55,31	7,25	18,81	-17,89	-2,58	-12,37	21,90		

## 23 lentelės tęsinys (2)

Kodas	Po 90 dienu								Po 120 dienu								Po 150 dienu							
	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE	
LPU0T	67,78	7,36	32,39	-0,51	1,40	6,63	6,80	69,65	6,87	31,71	1,36	0,90	5,96	6,17	68,84	7,11	32,29	0,55	1,15	6,54	6,66			
LPU1T	67,46	7,31	33,03	-2,27	1,51	6,99	7,51	68,38	6,87	32,46	-1,35	1,06	6,42	6,64	67,95	7,13	33,25	-1,78	1,32	7,21	7,54			
LPU3T	65,09	8,33	34,19	-8,43	3,46	8,22	12,27	66,32	7,98	34,21	-7,20	3,11	8,24	11,37	65,77	8,14	34,65	-7,76	3,27	8,67	12,09			
LPU5T	64,51	8,81	34,03	-7,77	2,83	5,40	9,87	65,51	8,54	34,07	-6,77	2,56	5,43	9,05	65,04	8,83	34,58	-7,24	2,85	5,95	9,79			
LPU7T	62,50	9,87	34,97	-6,76	4,94	7,25	11,08	63,19	9,57	35,25	-6,07	4,64	7,53	10,72	63,15	10,12	36,59	-6,11	5,19	8,87	11,96			
LAK0T	62,91	8,98	33,91	-10,99	2,44	7,09	13,30	64,89	8,45	33,27	-9,01	1,91	6,45	11,24	64,83	8,93	34,45	-9,07	2,40	7,64	12,10			
LAK1T	63,56	8,76	33,50	-9,33	2,92	7,15	12,11	66,14	8,04	32,79	-6,75	2,19	6,44	9,58	65,70	8,54	34,83	-7,18	2,70	8,49	11,44			
LAK3T	62,40	9,41	34,47	-8,41	3,33	7,95	12,04	64,16	9,06	34,51	-6,65	2,99	7,99	10,82	63,16	9,79	35,75	-7,66	3,71	9,23	12,56			
LAK5T	61,82	10,18	34,70	-7,54	4,03	6,33	10,64	62,43	9,83	34,85	-6,93	3,68	6,48	10,18	61,77	10,64	36,47	-7,59	4,49	8,10	11,97			
LAK7T	60,40	10,86	34,61	-8,13	3,71	6,35	10,96	61,69	10,72	35,16	-6,84	3,57	6,89	10,34	60,30	11,40	35,65	-8,23	4,24	7,38	11,84			
K	55,97	5,23	14,96	-17,23	-4,60	-16,22	24,11	53,90	3,27	10,64	-19,30	-6,56	-20,54	28,94	49,31	1,06	6,01	-23,89	-8,77	-25,17	35,79			

## 23 lentelės tęsinys (3)

Kodas	2014.12.12 Po 180 dienu								2015.01.15. Po 210 dienu								2015.02.19. Po 240 dienu							
	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE	
LPU0T	67,78	7,36	32,39	-0,51	1,40	6,63	6,80	69,65	6,87	31,71	1,36	0,90	5,96	6,17	68,84	7,11	32,29	0,55	1,15	6,54	6,66			
LPU1T	67,46	7,31	33,03	-2,27	1,51	6,99	7,51	68,38	6,87	32,46	-1,35	1,06	6,42	6,64	67,95	7,13	33,25	-1,78	1,32	7,21	7,54			
LPU3T	65,09	8,33	34,19	-8,43	3,46	8,22	12,27	66,32	7,98	34,21	-7,20	3,11	8,24	11,37	65,77	8,14	34,65	-7,76	3,27	8,67	12,09			
LPU5T	64,51	8,81	34,03	-7,77	2,83	5,40	9,87	65,51	8,54	34,07	-6,77	2,56	5,43	9,05	65,04	8,83	34,58	-7,24	2,85	5,95	9,79			
LPU7T	62,50	9,87	34,97	-6,76	4,94	7,25	11,08	63,19	9,57	35,25	-6,07	4,64	7,53	10,72	63,15	10,12	36,59	-6,11	5,19	8,87	11,96			
LAK0T	62,91	8,98	33,91	-10,99	2,44	7,09	13,30	64,89	8,45	33,27	-9,01	1,91	6,45	11,24	64,83	8,93	34,45	-9,07	2,40	7,64	12,10			
LAK1T	63,56	8,76	33,50	-9,33	2,92	7,15	12,11	66,14	8,04	32,79	-6,75	2,19	6,44	9,58	65,70	8,54	34,83	-7,18	2,70	8,49	11,44			
LAK3T	62,40	9,41	34,47	-8,41	3,33	7,95	12,04	64,16	9,06	34,51	-6,65	2,99	7,99	10,82	63,16	9,79	35,75	-7,66	3,71	9,23	12,56			
LAK5T	61,82	10,18	34,70	-7,54	4,03	6,33	10,64	62,43	9,83	34,85	-6,93	3,68	6,48	10,18	61,77	10,64	36,47	-7,59	4,49	8,10	11,97			
LAK7T	60,40	10,86	34,61	-8,13	3,71	6,35	10,96	61,69	10,72	35,16	-6,84	3,57	6,89	10,34	60,30	11,40	35,65	-8,23	4,24	7,38	11,84			
K	55,97	5,23	14,96	-17,23	-4,60	-16,22	24,11	53,90	3,27	10,64	-19,30	-6,56	-20,54	28,94	49,31	1,06	6,01	-23,89	-8,77	-25,17	35,79			

## 23 lentelės tęsinys (4)

Kodas	2015.03.25. Po 270 dienu								2015.04.27. Po 300 dienu							
	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE	
LPU0T	66,12	6,34	28,55	-2,17	0,38	2,79	3,56	68,23	5,62	26,56	-0,06	-0,35	0,81	0,88		
LPU1T	64,14	6,76	30,54	-5,59	0,96	4,50	7,24	66,11	5,96	28,07	-3,62	0,15	2,03	4,15		
LPU3T	62,50	8,53	33,40	-11,02	3,66	7,43	13,78	64,43	7,63	31,46	-9,09	2,75	5,48	10,97		
LPU5T	60,83	8,51	31,73	-11,45	2,53	3,09	12,13	62,62	7,72	30,14	-9,66	1,74	1,50	9,93		
LPU7T	59,39	10,26	34,70	-9,87	5,33	6,98	13,21	61,17	9,93	34,68	-8,09	5,00	6,96	11,78		
LAK0T	63,26	7,66	26,74	-10,64	1,12	-0,07	10,70	64,84	6,36	22,38	-9,06	-0,18	-4,43	10,09		
LAK1T	62,39	8,79	32,30	-10,49	2,95	5,95	12,42	64,09	7,62	29,56	-8,79	1,77	3,21	9,53		
LAK3T	60,24	10,15	33,99	-10,57	4,07	7,47	13,57	61,93	8,99	31,80	-8,88	2,91	5,28	10,73		
LAK5T	56,99	11,28	34,54	-12,37	5,13	6,17	14,75	58,89	10,66	34,02	-10,48	4,51	5,65	12,73		
LAK7T	56,70	11,62	33,73	-11,83	4,46	5,47	13,77	58,20	11,23	33,60	-10,33	4,07	5,34	12,32		
K	44,27	0,66	3,87	-28,93	-9,17	-27,31	40,83	44,17	0,51	2,77	-29,03	-9,32	-28,41	41,68		

24 lentelė. Natūralaus sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio *E* reikšmių statistiniai skaičiavimai (1)

	Bandinys	Variacinė eilutė										R	x	s2	s	v	Δ	Iβ	Iβ	oats
		70,71	70,95	72,04	72,69	73,72	74,04	74,83	74,88	75,68	75,94									
Po 20 dienu	LAK0T	70,71	70,95	72,04	72,69	73,72	74,04	74,83	74,88	75,68	75,94	5,22	73,55	3,53	1,88	2,55	0,56	72,98	74,11	0,77
	LAK1T	70,70	72,14	72,86	72,98	73,12	73,29	73,35	74,56	75,35	76,05	5,35	73,44	2,40	1,55	2,11	0,47	72,97	73,91	0,63
	LAK3T	67,74	68,64	71,16	71,78	71,80	73,04	74,04	74,14	74,70	76,22	8,48	72,33	7,12	2,67	3,69	0,80	71,52	73,13	1,11
	LAK5T	65,21	67,56	69,51	71,33	71,80	72,59	73,37	73,60	73,71	75,88	10,67	71,46	10,26	3,20	4,48	0,96	70,49	72,42	1,35
	LAK7T	68,46	70,10	70,17	70,65	71,46	72,12	72,81	73,12	73,15	73,69	5,23	71,57	2,87	1,70	2,37	0,51	71,06	72,08	0,71
	LPU0T	72,46	72,95	73,34	73,57	75,81	77,41	77,74	77,89	79,01	80,34	7,87	76,05	7,92	2,81	3,70	0,85	75,21	76,90	1,11
	LPU1T	72,13	72,15	73,66	73,77	74,55	74,94	75,61	76,36	77,29	78,89	6,76	74,94	4,72	2,17	2,90	0,65	74,28	75,59	0,87
	LPU3T	69,19	70,09	72,11	72,86	74,58	74,67	74,98	75,62	75,64	76,32	7,13	73,61	6,02	2,45	3,33	0,74	72,87	74,34	1,00
	LPU5T	70,31	72,53	72,59	73,57	74,06	74,23	74,38	74,40	74,95	75,77	5,46	73,68	2,37	1,54	2,09	0,46	73,22	74,14	0,63
LPU7T	68,71	68,93	69,44	70,80	71,32	71,39	72,07	72,91	74,24	74,40	5,69	71,42	4,15	2,04	2,85	0,61	70,81	72,03	0,86	
Po 40 dienu	LAK0T	72,57	74,75	75,16	75,55	76,24	76,49	77,27	77,43	77,73	77,92	5,35	76,11	2,75	1,66	2,18	0,50	75,61	76,61	0,65
	LAK1T	71,84	72,00	74,44	74,73	75,09	75,93	76,50	76,85	77,79	78,75	6,91	75,39	5,14	2,27	3,01	0,68	74,71	76,07	0,90
	LAK3T	70,58	73,51	73,95	74,53	75,02	75,50	75,69	76,01	77,35	78,07	7,49	75,02	4,42	2,10	2,80	0,63	74,39	75,65	0,84
	LAK5T	68,43	71,12	74,10	74,16	74,98	75,01	75,06	75,74	75,77	77,25	8,82	74,16	6,55	2,56	3,45	0,77	73,39	74,93	1,04
	LAK7T	70,94	71,06	71,07	72,57	73,20	73,31	74,31	74,38	74,66	76,64	5,70	73,21	3,47	1,86	2,54	0,56	72,65	73,77	0,76
	LPU0T	75,64	77,25	74,32	80,19	76,86	73,23	75,82	73,39	77,26	78,78	3,13	76,27	5,10	2,26	2,96	0,68	75,60	76,95	0,89
	LPU1T	75,63	75,84	77,94	77,23	76,61	74,47	74,99	77,36	75,55	78,96	3,34	76,46	1,99	1,41	1,85	0,42	76,03	76,88	0,55
	LPU3T	74,76	76,30	74,82	73,35	77,13	74,06	78,18	72,98	75,13	77,69	2,92	75,44	3,27	1,81	2,40	0,54	74,90	75,98	0,72
	LPU5T	75,47	76,68	75,60	74,55	72,36	75,09	75,20	75,58	72,56	75,22	-0,25	74,83	1,85	1,36	1,82	0,41	74,42	75,24	0,55
LPU7T	75,12	71,97	74,78	75,64	75,63	75,37	73,83	73,34	75,36	74,71	-0,42	74,57	1,41	1,19	1,59	0,36	74,22	74,93	0,48	
Po 60 dienu	LAK0T	68,37	69,18	70,36	70,61	71,15	73,45	73,87	74,39	74,88	75,44	7,06	72,17	6,39	2,53	3,50	0,76	71,41	72,93	1,05
	LAK1T	71,46	71,91	71,99	72,23	72,61	73,45	73,65	74,70	74,79	74,84	3,37	73,16	1,68	1,30	1,77	0,39	72,77	73,55	0,53
	LAK3T	67,46	69,43	69,82	71,22	72,58	73,28	73,44	73,54	73,63	75,91	8,45	72,03	6,33	2,52	3,49	0,76	71,28	72,79	1,05
	LAK5T	65,62	67,01	69,88	70,23	70,70	70,72	71,46	71,59	71,83	73,23	7,62	70,23	5,25	2,29	3,26	0,69	69,54	70,92	0,98
	LAK7T	67,24	68,31	68,69	69,34	69,63	70,23	70,31	70,43	71,13	71,14	3,90	69,65	1,60	1,27	1,82	0,38	69,27	70,03	0,55
	LPU0T	70,94	72,74	73,42	73,63	73,94	74,88	75,17	76,17	76,43	77,96	7,02	74,53	4,12	2,03	2,72	0,61	73,92	75,14	0,82
	LPU1T	71,60	73,17	73,96	74,23	74,24	74,31	74,35	74,58	74,73	74,95	3,35	74,01	0,95	0,97	1,32	0,29	73,72	74,30	0,40
	LPU3T	66,02	67,92	71,29	72,72	72,79	72,94	73,00	73,29	73,84	73,84	7,82	71,68	6,77	2,60	3,63	0,78	70,90	72,46	1,09
	LPU5T	70,49	70,92	71,52	72,21	72,40	72,48	72,51	72,85	72,85	74,01	3,52	72,22	1,04	1,02	1,41	0,31	71,92	72,53	0,42
LPU7T	68,28	70,45	71,17	71,56	71,58	71,78	72,05	72,27	72,37	72,57	4,29	71,41	1,60	1,26	1,77	0,38	71,03	71,79	0,53	
Po 90 dienu	LAK0T	67,20	70,28	71,15	71,19	71,51	72,37	74,15	74,26	74,28	74,66	7,46	72,10	5,52	2,35	3,26	0,71	71,40	72,81	0,98
	LAK1T	68,30	68,37	70,92	71,79	72,41	73,36	73,89	74,82	74,83	75,47	7,17	72,42	6,66	2,58	3,56	0,78	71,64	73,19	1,07
	LAK3T	67,32	69,81	69,94	72,03	72,32	72,62	73,16	73,42	73,69	75,40	8,08	71,97	5,47	2,34	3,25	0,70	71,27	72,67	0,98
	LAK5T	67,83	68,79	70,81	71,77	72,08	72,41	72,91	73,20	73,28	73,57	5,74	71,66	3,84	1,96	2,74	0,59	71,08	72,25	0,82
	LAK7T	67,98	69,60	69,94	70,00	70,41	70,48	70,74	71,22	71,37	72,87	4,89	70,46	1,63	1,28	1,81	0,38	70,08	70,84	0,54
	LPU0T	72,64	74,23	74,48	74,93	74,94	75,81	76,48	76,85	76,87	78,00	5,36	75,52	2,49	1,58	2,09	0,47	75,05	76,00	0,63
	LPU1T	74,04	74,28	74,77	74,80	75,27	75,36	75,52	75,59	77,48	78,10	4,06	75,52	1,71	1,31	1,73	0,39	75,13	75,91	0,52
	LPU3T	69,44	71,82	72,99	73,87	73,94	74,64	75,15	75,52	75,94	76,82	7,38	74,01	4,70	2,17	2,93	0,65	73,36	74,66	0,88
	LPU5T	71,46	72,75	72,76	73,08	73,27	73,74	73,80	74,05	74,26	75,57	4,12	73,47	1,20	1,10	1,49	0,33	73,14	73,80	0,45
LPU7T	68,87	70,89	71,22	71,28	73,09	73,11	73,40	73,56	73,73	74,05	5,18	72,32	2,79	1,67	2,31	0,50	71,82	72,82	0,69	

24 lentelė. Natūralaus sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio *E* reikšmių statistiniai skaičiavimai (2)

	Bandinys	Variacinė eilutė										R	x	s2	s	v	Δ	Iβ	Iβ	oats
Po 120 dienu	LAK0T	70,01	70,71	71,46	73,02	73,84	74,34	74,74	74,86	75,79	76,44	6,43	73,52	4,72	2,17	2,95	0,65	72,87	74,17	0,89
	LAK1T	72,21	72,37	72,64	73,61	73,90	74,48	75,24	75,74	76,34	76,54	4,33	74,31	2,62	1,62	2,18	0,49	73,82	74,79	0,65
	LAK3T	68,89	70,08	73,28	73,62	73,79	73,86	74,48	74,67	74,69	77,65	8,76	73,50	6,02	2,45	3,34	0,74	72,76	74,24	1,00
	LAK5T	67,15	70,00	71,75	72,18	72,97	72,98	73,44	73,53	73,68	74,54	7,39	72,22	4,74	2,18	3,01	0,65	71,57	72,88	0,91
	LAK7T	69,18	69,88	71,31	71,84	72,01	72,43	72,55	72,61	72,90	73,44	4,26	71,81	1,82	1,35	1,88	0,41	71,41	72,22	0,56
	LPU0T	74,81	75,02	75,47	75,88	76,37	76,45	78,15	78,61	78,95	79,09	4,28	76,88	2,77	1,66	2,17	0,50	76,38	77,38	0,65
	LPU1T	72,40	74,80	75,48	75,93	76,35	76,54	76,76	76,86	77,34	78,02	5,62	76,05	2,47	1,57	2,07	0,47	75,58	76,52	0,62
	LPU3T	71,67	72,64	73,79	74,69	75,13	75,40	76,50	76,58	77,00	77,28	5,61	75,07	3,59	1,89	2,52	0,57	74,50	75,64	0,76
	LPU5T	72,35	73,71	73,85	74,21	74,43	74,44	74,72	74,82	75,04	75,82	3,47	74,34	0,85	0,92	1,24	0,28	74,06	74,61	0,37
LPU7T	71,30	71,66	71,88	72,00	72,65	73,13	74,07	74,23	74,41	74,78	3,48	73,01	1,66	1,29	1,76	0,39	72,62	73,40	0,53	
Po 150 dienu	LAK0T	70,91	71,94	72,87	73,28	73,48	74,10	74,69	75,99	76,18	77,28	6,38	74,07	3,98	1,99	2,69	0,60	73,47	74,67	0,81
	LAK1T	69,81	70,60	71,83	74,02	74,34	75,11	75,20	75,74	76,42	76,45	6,64	73,95	5,72	2,39	3,24	0,72	73,23	74,67	0,97
	LAK3T	69,42	69,89	72,49	72,92	73,71	73,75	74,03	74,61	74,69	77,59	8,17	73,31	5,60	2,37	3,23	0,71	72,60	74,02	0,97
	LAK5T	67,69	69,83	71,94	72,40	72,95	73,53	73,71	73,89	74,53	75,16	7,47	72,56	5,16	2,27	3,13	0,68	71,88	73,25	0,94
	LAK7T	67,66	68,40	68,41	70,16	72,02	72,03	72,13	72,17	72,99	73,82	6,16	70,98	4,67	2,16	3,04	0,65	70,33	71,63	0,91
	LPU0T	74,30	75,29	75,32	75,69	75,71	75,94	77,19	77,52	78,15	79,40	5,10	76,45	2,44	1,56	2,04	0,47	75,98	76,92	0,61
	LPU1T	71,38	71,85	75,82	75,98	76,88	76,91	77,51	77,58	77,81	78,48	7,09	76,02	6,04	2,46	3,23	0,74	75,28	76,76	0,97
	LPU3T	72,36	73,07	73,28	73,75	73,91	75,01	75,49	76,48	76,92	77,92	5,56	74,82	3,41	1,85	2,47	0,55	74,26	75,37	0,74
	LPU5T	69,22	72,59	73,50	75,00	75,07	75,07	75,14	75,28	75,42	75,69	6,46	74,20	3,97	1,99	2,69	0,60	73,60	74,80	0,81
LPU7T	71,61	72,40	72,47	73,21	73,39	73,82	73,95	75,05	75,54	75,63	4,03	73,71	1,88	1,37	1,86	0,41	73,29	74,12	0,56	
Po 180 dienu	LAK0T	70,45	71,44	71,88	72,23	73,64	74,26	74,27	75,06	75,08	75,82	5,37	73,41	3,25	1,80	2,45	0,54	72,87	73,95	0,74
	LAK1T	67,13	67,47	72,23	72,40	73,61	73,98	74,20	74,76	75,04	75,12	7,99	72,59	8,77	2,96	4,08	0,89	71,70	73,48	1,23
	LAK3T	66,90	68,47	71,85	72,82	73,47	73,56	73,57	74,17	74,79	77,22	10,32	72,68	9,04	3,01	4,14	0,90	71,78	73,59	1,24
	LAK5T	66,43	67,40	70,83	71,41	71,60	72,16	73,04	73,44	73,99	74,19	7,76	71,45	7,00	2,64	3,70	0,79	70,65	72,24	1,11
	LAK7T	64,11	65,91	68,41	70,07	70,22	70,59	71,18	71,22	71,33	73,27	9,17	69,63	7,60	2,76	3,96	0,83	68,80	70,46	1,19
	LPU0T	72,83	72,95	73,35	73,69	74,26	75,42	76,27	76,49	76,86	78,35	5,51	75,05	3,61	1,90	2,53	0,57	74,48	75,62	0,76
	LPU1T	70,83	71,32	73,42	74,63	75,32	75,32	75,35	76,00	76,74	77,21	6,38	74,61	4,60	2,14	2,87	0,64	73,97	75,26	0,86
	LPU3T	71,18	71,84	72,83	72,96	73,62	74,74	75,64	76,55	77,37	78,15	6,96	74,49	5,68	2,38	3,20	0,72	73,77	75,20	0,96
	LPU5T	66,88	69,55	73,37	73,79	74,68	75,15	75,33	75,70	75,81	76,13	9,26	73,64	9,33	3,05	4,15	0,92	72,72	74,56	1,25
LPU7T	70,37	70,48	70,79	72,05	73,01	73,50	74,18	74,99	75,81	76,29	5,92	73,15	4,80	2,19	2,99	0,66	72,49	73,81	0,90	
Po 210 dienu	LAK0T	69,37	69,58	69,67	69,76	71,04	71,10	71,57	72,00	72,79	73,83	4,46	71,07	2,28	1,51	2,12	0,45	70,62	71,52	0,64
	LAK1T	67,18	67,67	68,27	70,33	71,52	71,82	72,49	72,65	73,47	73,96	6,78	70,94	6,03	2,46	3,46	0,74	70,20	71,67	1,04
	LAK3T	66,43	67,44	67,94	69,00	69,02	70,01	70,59	70,66	72,14	74,47	8,04	69,77	5,59	2,36	3,39	0,71	69,06	70,48	1,02
	LAK5T	65,38	66,85	69,15	69,92	70,19	70,31	70,53	70,70	70,78	70,80	5,43	69,46	3,47	1,86	2,68	0,56	68,90	70,02	0,81
	LAK7T	61,22	65,85	66,43	66,69	68,16	69,02	69,05	69,60	70,45	70,70	9,48	67,72	8,00	2,83	4,18	0,85	66,87	68,57	1,25
	LPU0T	71,08	71,19	71,99	72,72	72,89	73,16	73,41	74,91	76,17	77,03	5,95	73,46	4,01	2,00	2,73	0,60	72,85	74,06	0,82
	LPU1T	66,94	67,17	73,05	74,07	74,19	74,35	74,57	75,01	75,01	76,43	9,50	73,08	10,82	3,29	4,50	0,99	72,09	74,07	1,35
	LPU3T	70,34	70,35	71,27	71,45	72,49	73,13	73,70	74,61	74,99	76,16	5,82	72,85	4,06	2,02	2,77	0,61	72,24	73,45	0,83
	LPU5T	66,80	69,03	71,00	71,06	71,42	72,18	72,20	72,77	72,82	73,36	6,57	71,27	3,99	2,00	2,80	0,60	70,67	71,87	0,84
LPU7T	68,46	68,98	69,11	70,60	71,14	71,93	72,58	72,82	72,85	72,96	4,50	71,14	3,11	1,76	2,48	0,53	70,61	71,67	0,74	

24 lentelė. Natūralaus sendinimo bandinių bendro spalvos pokyčio  $E$  reikšmių statistiniai duomenys (3)

	Bandinys	Variacinė eilutė										R	x	s2	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	$\sigma_{ats}$
Po 240 dienų	LAK0T	68,65	68,74	68,95	69,32	70,90	71,07	71,46	71,69	71,75	72,15	3,50	70,47	1,93	1,39	1,97	0,42	70,05	70,88	0,59
	LAK1T	63,12	63,75	68,40	69,38	70,18	70,71	70,75	70,98	71,70	73,34	10,22	69,23	11,06	3,33	4,80	1,00	68,23	70,23	1,44
	LAK3T	65,20	67,12	68,51	68,88	68,93	69,34	69,71	69,78	72,27	72,61	7,42	69,23	4,74	2,18	3,14	0,65	68,58	69,89	0,94
	LAK5T	64,95	65,08	67,84	67,86	68,50	68,75	69,05	69,79	69,93	70,38	5,44	68,21	3,55	1,88	2,76	0,57	67,65	68,78	0,83
	LAK7T	63,38	64,25	67,22	67,79	68,36	68,63	68,71	68,92	69,35	69,44	6,07	67,60	4,48	2,12	3,13	0,64	66,97	68,24	0,94
	LPU0T	70,09	70,11	71,21	71,75	72,24	72,45	72,58	74,18	74,80	75,45	5,36	72,49	3,41	1,85	2,55	0,55	71,93	73,04	0,77
	LPU1T	66,44	68,04	70,90	70,92	72,57	72,78	73,76	73,76	73,91	74,39	7,94	71,75	7,19	2,68	3,74	0,81	70,94	72,55	1,12
	LPU3T	68,15	68,34	68,36	71,06	71,47	72,04	72,92	73,21	74,78	75,24	7,09	71,56	6,79	2,61	3,64	0,78	70,77	72,34	1,09
	LPU5T	63,88	68,16	68,76	69,75	70,14	70,18	71,03	71,90	72,05	72,09	8,20	69,79	6,14	2,48	3,55	0,74	69,05	70,54	1,07
LPU7T	66,36	68,74	68,81	69,63	69,64	71,29	71,92	72,10	72,18	72,37	6,01	70,30	3,97	1,99	2,83	0,60	69,71	70,90	0,85	
Po 270 dienų	LAK0T	62,34	67,85	68,83	69,55	69,69	70,04	70,72	71,20	71,24	72,64	10,30	69,41	7,99	2,83	4,07	0,85	68,56	70,26	1,22
	LAK1T	57,07	61,64	66,62	70,06	71,02	71,11	71,16	71,41	72,34	73,05	15,99	68,55	27,54	5,25	7,66	1,58	66,97	70,12	2,30
	LAK3T	66,55	67,76	68,09	68,48	69,22	69,99	70,60	71,39	72,72	74,93	8,38	69,97	6,38	2,53	3,61	0,76	69,22	70,73	1,08
	LAK5T	63,58	64,62	67,82	68,06	68,28	68,31	68,47	68,55	69,11	69,36	5,77	67,61	3,70	1,92	2,84	0,58	67,04	68,19	0,85
	LAK7T	62,52	63,98	64,31	66,60	67,59	67,95	68,35	68,69	69,50	70,59	8,07	67,01	6,85	2,62	3,91	0,79	66,22	67,79	1,17
	LPU0T	69,54	70,30	71,04	72,17	72,66	72,70	72,76	73,10	74,80	74,93	5,39	72,40	3,05	1,75	2,41	0,52	71,88	72,93	0,72
	LPU1T	65,29	65,69	71,00	71,47	72,37	72,61	73,39	73,51	73,94	74,47	9,18	71,38	10,75	3,28	4,59	0,98	70,39	72,36	1,38
	LPU3T	67,16	68,40	69,72	70,10	71,56	71,74	72,76	73,54	74,46	74,69	7,53	71,41	6,47	2,54	3,56	0,76	70,65	72,18	1,07
	LPU5T	63,87	67,70	68,36	68,82	69,60	69,71	70,33	70,80	71,09	71,45	7,58	69,17	4,94	2,22	3,21	0,67	68,51	69,84	0,96
LPU7T	67,40	67,81	68,42	69,24	69,40	69,65	69,67	70,96	71,28	71,88	4,48	69,57	2,16	1,47	2,11	0,44	69,13	70,01	0,63	
Po 300 dienų	LAK0T	64,47	66,33	69,03	69,49	69,54	69,70	70,09	70,34	71,11	71,29	6,82	69,14	4,57	2,14	3,09	0,64	68,50	69,78	0,93
	LAK1T	55,75	57,90	67,47	70,20	70,71	70,88	71,83	72,28	72,39	72,40	16,65	68,18	38,25	6,18	9,07	1,86	66,32	70,04	2,72
	LAK3T	65,79	67,35	68,77	69,41	70,47	70,49	70,71	71,25	72,87	75,33	9,53	70,24	7,24	2,69	3,83	0,81	69,43	71,05	1,15
	LAK5T	66,20	66,53	66,56	67,75	69,64	69,98	70,01	70,27	70,72	70,99	4,79	68,86	3,58	1,89	2,75	0,57	68,30	69,43	0,83
	LAK7T	63,58	66,74	67,55	67,79	68,17	68,26	68,83	68,86	70,32	71,46	7,88	68,16	4,45	2,11	3,10	0,63	67,52	68,79	0,93
	LPU0T	71,20	71,42	71,59	72,76	72,77	73,26	74,78	75,06	75,23	77,35	6,15	73,54	4,03	2,01	2,73	0,60	72,94	74,14	0,82
	LPU1T	66,15	66,39	71,74	72,37	72,88	73,42	73,44	74,54	74,76	75,11	8,96	72,08	10,49	3,24	4,49	0,97	71,11	73,05	1,35
	LPU3T	69,89	70,22	70,29	71,01	72,22	72,82	72,89	73,03	74,15	74,83	4,94	72,14	2,96	1,72	2,38	0,52	71,62	72,65	0,72
	LPU5T	64,83	67,84	68,68	69,05	70,93	71,00	71,04	71,71	71,82	72,79	7,96	69,97	5,67	2,38	3,40	0,72	69,25	70,68	1,02
LPU7T	69,22	69,39	70,30	70,32	70,56	70,79	71,71	72,39	72,63	73,05	3,83	71,04	1,80	1,34	1,89	0,40	70,63	71,44	0,57	

25 lentelė. Dirbtinio sendinimo apdailintų stikliukų spalvos reikšmės ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ), spalvos pokyčio reikšmės ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) bei bendro spalvos pokyčio  $\Delta E$  reikšmės (vidutinės reikšmės)

	0h			1h							3h						
	L	a	b	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
PU0	83,88	1,06	-3,76	83,88	1,01	-4,71	0,00	-0,05	-0,95	0,95	85,49	1,42	-3,93	1,61	0,36	-0,17	1,66
PU1	83,55	0,79	-3,71	83,76	1,08	-4,64	0,21	0,29	-0,93	0,99	85,10	1,42	-3,62	1,55	0,64	0,09	1,68
PU3	83,41	0,34	-0,32	82,49	0,59	-0,83	-0,92	0,25	-0,51	1,08	83,36	0,83	0,59	-0,05	0,49	0,91	1,03
PU5	80,87	-0,09	3,14	80,35	0,48	3,89	-0,52	0,57	0,75	1,07	80,88	0,40	6,37	0,02	0,49	3,24	3,27
PU7	81,13	0,06	3,04	80,60	0,49	2,43	-0,53	0,43	-0,61	0,92	80,76	0,36	6,33	-0,37	0,30	3,29	3,32
AK0	85,03	1,71	-5,70	84,59	1,77	-5,97	-0,44	0,06	-0,27	0,52	86,58	2,37	-5,68	1,55	0,67	0,02	1,68
AK1	83,69	1,15	-3,87	84,01	1,42	-4,65	0,31	0,27	-0,79	0,89	84,70	2,01	-1,61	1,01	0,86	2,26	2,62
AK3	83,39	0,97	-1,34	82,79	1,09	-1,97	-0,59	0,12	-0,63	0,88	84,19	1,32	-0,47	0,80	0,35	0,87	1,24
AK5	83,00	0,93	0,10	82,39	1,18	-2,02	-0,61	0,25	-2,12	2,22	83,89	1,34	-0,51	0,89	0,41	-0,61	1,16
AK7	82,52	0,67	0,31	81,04	0,68	0,64	-1,48	0,00	0,33	1,52	83,32	0,93	1,98	0,80	0,26	1,67	1,87

25 lentelės tęsinys (1)

	6h							10h							30h						
	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
PU0	86,23	1,29	-3,36	2,35	0,24	0,40	2,39	86,23	1,34	-3,11	2,34	0,28	0,65	2,45	86,04	1,03	-3,03	2,16	-0,02	0,74	2,28
PU1	85,78	1,31	-3,19	2,23	0,52	0,52	2,35	85,48	1,45	-3,01	1,93	0,66	0,70	2,15	84,57	1,23	-3,20	1,02	0,45	0,51	1,22
PU3	83,89	0,80	0,50	0,49	0,46	0,82	1,06	83,31	0,83	0,74	-0,09	0,49	1,06	1,17	82,62	0,37	2,08	-0,78	0,02	2,40	2,53
PU5	81,66	0,42	5,27	0,79	0,50	2,13	2,33	81,57	0,31	4,24	0,70	0,39	1,10	1,36	79,88	-0,10	7,39	-0,99	-0,01	4,25	4,37
PU7	81,22	0,42	5,66	0,09	0,36	2,62	2,64	80,87	0,42	5,08	-0,26	0,36	2,04	2,09	79,96	-0,08	7,13	-1,17	-0,14	4,09	4,26
AK0	86,00	2,13	-5,04	0,96	0,42	0,66	1,24	85,38	2,22	-4,82	0,34	0,52	0,88	1,08	84,56	2,13	-5,18	-0,48	0,42	0,51	0,82
AK1	85,22	1,76	-3,40	1,52	0,61	0,46	1,70	84,07	1,69	-2,95	0,38	0,54	0,92	1,13	82,80	1,71	-3,19	-0,90	0,56	0,67	1,25
AK3	83,77	1,28	-0,33	0,39	0,31	1,01	1,12	83,89	1,41	-0,15	0,50	0,44	1,20	1,37	82,04	1,10	0,27	-1,34	0,12	1,61	2,10
AK5	83,65	1,38	-0,32	0,66	0,45	-0,42	0,90	81,99	1,23	0,55	-1,01	0,30	0,45	1,14	80,95	1,23	-0,13	-2,05	0,30	-0,23	2,08
AK7	82,83	0,92	2,35	0,31	0,24	2,04	2,08	81,22	0,87	2,70	-1,30	0,19	2,40	2,73	81,63	0,98	1,26	-0,89	0,31	0,96	1,34



25 lentelės tęsinys (2)

	50h									75h						100h					
	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
PU0	86,38	1,18	-3,18	2,50	0,13	0,59	2,57	86,19	1,09	-2,50	2,31	0,03	1,26	2,63	86,34	1,22	-2,61	2,46	0,16	1,16	2,72
PU1	86,50	1,29	-3,06	2,95	0,50	0,65	3,06	85,96	1,18	-2,41	2,41	0,39	1,30	2,77	86,21	1,25	-2,60	2,66	0,46	1,11	2,92
PU3	84,54	0,57	0,88	1,13	0,22	1,20	1,66	83,33	0,43	1,89	-0,08	0,08	2,21	2,21	84,23	0,54	1,62	0,83	0,19	1,94	2,12
PU5	81,18	-0,16	7,47	0,32	-0,08	4,34	4,35	81,04	-0,34	8,94	0,17	-0,26	5,80	5,81	81,17	-0,14	8,03	0,30	-0,06	4,89	4,90
PU7	80,58	-0,20	8,28	-0,55	-0,26	5,24	5,27	78,45	-0,32	10,20	-2,67	-0,38	7,16	7,66	80,99	0,10	9,95	-0,14	0,04	6,91	6,91
AK0	86,05	2,02	-4,55	1,01	0,32	1,15	1,57	84,43	1,97	-4,12	-0,60	0,26	1,58	1,71	85,04	1,95	-3,95	0,00	0,24	1,74	1,76
AK1	85,17	1,64	-3,00	1,48	0,49	0,87	1,79	84,99	1,68	-2,88	1,29	0,53	0,99	1,71	84,46	1,58	-2,70	0,77	0,43	1,17	1,46
AK3	83,95	1,12	0,26	0,56	0,15	1,60	1,70	83,81	1,11	0,22	0,42	0,14	1,56	1,62	83,67	1,12	0,36	0,29	0,15	1,70	1,73
AK5	83,27	1,11	0,81	0,28	0,18	0,71	0,78	83,32	1,20	0,92	0,33	0,27	0,82	0,92	83,19	1,09	0,83	0,19	0,16	0,73	0,77
AK7	83,02	0,82	2,41	0,50	0,15	2,11	2,17	83,07	0,82	2,59	0,55	0,15	2,28	2,35	83,00	0,87	2,63	0,48	0,20	2,33	2,38

25 lentelės tęsinys (3)

	150h									200h						250h					
	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
PU0	86,42	1,01	-2,29	2,53	-0,05	1,47	2,93	86,86	0,99	-2,13	2,98	-0,07	1,63	3,40	86,97	1,13	-2,77	3,09	0,07	0,99	3,25
PU1	86,22	1,10	-2,14	2,67	0,32	1,57	3,11	85,97	1,14	-2,23	2,42	0,36	1,48	2,85	86,67	1,32	-2,88	3,12	0,53	0,83	3,27
PU3	84,05	0,36	2,07	0,65	0,01	2,39	2,48	83,99	0,26	2,29	0,59	-0,08	2,61	2,68	84,42	0,59	1,48	1,01	0,24	1,80	2,07
PU5	79,28	-0,59	11,25	-1,59	-0,51	8,11	8,28	80,90	-0,50	10,78	0,03	-0,42	7,65	7,66	81,29	-0,23	10,20	0,42	-0,15	7,06	7,08
PU7	80,03	-0,24	11,09	-1,10	-0,30	8,05	8,13	78,87	-0,24	12,06	-2,25	-0,30	9,02	9,30	80,52	-0,05	11,57	-0,61	-0,11	8,53	8,55
AK0	85,85	2,03	-4,25	0,81	0,32	1,45	1,69	85,84	1,81	-4,00	0,80	0,10	1,69	1,88	86,28	2,04	-4,58	1,25	0,33	1,12	1,71
AK1	84,06	1,56	-2,62	0,37	0,41	1,25	1,36	85,27	1,56	-2,39	1,57	0,41	1,48	2,20	85,21	1,54	-2,80	1,52	0,39	1,07	1,90
AK3	83,78	1,07	0,77	0,40	0,10	2,11	2,15	83,57	0,88	1,42	0,19	-0,09	2,76	2,76	83,71	1,05	1,03	0,32	0,07	2,37	2,39
AK5	83,30	1,03	1,39	0,30	0,10	1,29	1,33	83,37	0,90	2,11	0,37	-0,03	2,01	2,04	82,90	1,10	1,05	-0,09	0,17	0,95	0,97
AK7	82,59	0,80	3,14	0,07	0,12	2,83	2,83	82,88	0,67	3,80	0,35	0,00	3,50	3,51	82,45	0,71	3,25	-0,08	0,04	2,94	2,94

25 lentelės tęsinys (4)

	300h							
	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta E$
PU0	87,94	1,07	-2,71	4,05	0,01	1,05	4,19	
PU1	87,70	1,24	-2,89	4,15	0,46	0,82	4,25	
PU3	84,87	0,24	2,68	1,46	-0,10	3,00	3,33	
PU5	81,92	-0,50	11,51	1,05	-0,42	8,38	8,45	
PU7	79,30	-0,41	14,62	-1,82	-0,47	11,58	11,73	
AK0	87,07	2,03	-4,52	2,03	0,32	1,17	2,37	
AK1	86,22	1,65	-2,91	2,52	0,50	0,96	2,75	
AK3	84,75	1,06	0,72	1,36	0,09	2,06	2,47	
AK5	84,55	1,06	1,35	1,56	0,13	1,25	2,00	
AK7	83,87	0,77	3,37	1,35	0,10	3,07	3,35	

26 lentelė. Apdailintų stikliukų bendro spalvos pokyčio  $E$  reikšmių statistiniai duomenys (1)

	Variacinė eilutė							R	x	s <sup>2</sup>	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	$\sigma_{ats}$
	Po 30h	AKO	83,57	84,22	84,34	85,02	85,60	85,70	2,14	84,74	0,71	0,85	1,00	0,33	84,41	85,07
AK1		81,51	81,71	82,01	83,90	83,91	84,21	2,70	82,88	1,57	1,25	1,51	0,49	82,39	83,36	0,59
AK3		81,06	81,74	82,26	82,29	82,43	82,58	1,52	82,06	0,32	0,57	0,69	0,22	81,84	82,28	0,27
AK5		78,34	80,38	80,51	81,65	82,09	82,94	4,60	80,98	2,61	1,62	2,00	0,63	80,36	81,61	0,77
AK7		80,11	80,60	81,18	82,47	82,50	83,12	3,01	81,66	1,45	1,20	1,47	0,47	81,19	82,13	0,57
PU0		85,34	85,65	86,09	86,23	86,45	86,84	1,50	86,10	2,56	1,60	1,86	0,62	85,48	86,72	0,72
PU1		84,07	84,37	84,42	84,60	84,81	85,55	1,48	84,64	0,27	0,52	0,62	0,20	84,43	84,84	0,24
PU3		81,42	81,69	82,35	82,93	83,05	84,54	3,12	82,66	1,26	1,12	1,36	0,44	82,23	83,10	0,53
PU5		77,58	78,94	80,07	80,56	81,23	83,26	5,68	80,28	3,80	1,95	2,43	0,76	79,52	81,03	0,94
PU7		78,96	79,38	79,77	80,63	81,13	82,20	3,24	80,34	1,47	1,21	1,51	0,47	79,87	80,81	0,58
Po 50h	AKO	85,81	86,08	86,10	86,13	86,46	86,55	0,74	86,19	0,07	0,27	0,32	0,11	86,08	86,30	0,12
	AK1	84,07	84,77	85,31	85,44	85,86	86,02	1,95	85,24	0,52	0,72	0,85	0,28	84,96	85,52	0,33
	AK3	82,88	83,64	83,94	84,09	84,60	84,65	1,77	83,96	0,44	0,66	0,79	0,26	83,71	84,22	0,31
	AK5	82,21	82,30	83,42	83,65	83,69	84,50	2,29	83,30	0,79	0,89	1,06	0,34	82,95	83,64	0,41
	AK7	82,40	82,46	82,74	83,03	83,44	84,41	2,01	83,08	0,57	0,76	0,91	0,29	82,79	83,37	0,35
	PU0	86,04	86,31	86,37	86,58	86,59	86,81	0,77	86,45	0,07	0,27	0,31	0,10	86,35	86,55	0,12
	PU1	86,41	86,45	86,55	86,57	86,66	86,75	0,34	86,57	0,02	0,13	0,15	0,05	86,52	86,62	0,06
	PU3	83,14	83,67	84,14	84,79	85,57	86,05	2,92	84,56	1,26	1,12	1,33	0,44	84,12	84,99	0,51
	PU5	79,01	80,29	81,75	82,46	82,55	83,56	4,55	81,60	2,79	1,67	2,05	0,65	80,96	82,25	0,79
	PU7	78,88	80,59	81,34	81,45	81,59	82,82	3,94	81,11	1,71	1,31	1,61	0,51	80,60	81,62	0,63
Po 75h	AKO	82,12	83,36	83,55	85,96	86,00	86,34	4,22	84,56	3,12	1,77	2,09	0,69	83,87	85,24	0,81
	AK1	84,14	84,58	84,65	85,03	85,30	86,60	2,46	85,05	0,74	0,86	1,01	0,33	84,72	85,38	0,39
	AK3	82,75	83,45	83,93	83,96	84,24	84,58	1,83	83,82	0,41	0,64	0,77	0,25	83,57	84,07	0,30
	AK5	81,53	82,98	83,32	83,33	83,97	84,96	3,42	83,35	1,28	1,13	1,36	0,44	82,91	83,79	0,53
	AK7	82,24	82,83	82,89	82,94	83,79	84,13	1,88	83,14	0,48	0,69	0,83	0,27	82,87	83,41	0,32
	PU0	85,45	85,67	86,10	86,20	87,01	87,01	1,56	86,24	0,43	0,66	0,76	0,26	85,98	86,49	0,30
	PU1	85,77	85,83	85,85	85,90	86,05	86,62	0,85	86,00	0,10	0,32	0,37	0,12	85,88	86,13	0,14
	PU3	80,73	83,48	83,52	83,69	84,08	84,71	3,98	83,37	1,88	1,37	1,65	0,53	82,83	83,90	0,64
	PU5	80,27	80,54	80,97	81,33	82,72	83,77	3,50	81,60	1,87	1,37	1,68	0,53	81,07	82,13	0,65
	PU7	77,86	78,32	78,76	79,65	80,04	80,62	2,76	79,21	1,14	1,07	1,35	0,41	78,80	79,62	0,52

26 lentelė. Apdailintų stikliukų bendro spalvos pokyčio  $E$  reikšmių statistiniai duomenys (2)

	Variacinė eilutė						R	x	s2	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	$\sigma_{ats}$	
	Po 100h	AKO	82,69	84,97	85,22	85,96	86,02	86,05	3,36	85,15	1,67	1,29	1,52	0,50	84,65	85,65
	AK1	82,97	83,69	84,55	84,66	85,39	85,88	2,91	84,52	1,14	1,07	1,27	0,41	84,11	84,94	0,49
	AK3	82,70	82,74	83,63	84,27	84,32	84,45	1,75	83,69	0,64	0,80	0,96	0,31	83,38	84,00	0,37
	AK5	81,14	82,37	83,35	83,64	83,98	84,77	3,63	83,21	1,65	1,28	1,54	0,50	82,71	83,71	0,60
	AK7	82,24	82,41	82,74	83,23	83,81	83,94	1,70	83,06	0,51	0,72	0,86	0,28	82,79	83,34	0,33
	PU0	86,03	86,19	86,25	86,53	86,61	86,73	0,70	86,39	0,07	0,27	0,31	0,11	86,28	86,50	0,12
	PU1	85,49	85,85	86,29	86,52	86,68	86,74	1,25	86,26	5,05	2,25	2,60	0,87	85,39	87,13	1,01
	PU3	83,60	83,84	84,03	84,11	84,97	85,00	1,40	84,26	0,35	0,59	0,70	0,23	84,03	84,49	0,27
	PU5	79,63	80,64	80,91	82,21	82,82	83,60	3,97	81,64	2,22	1,49	1,83	0,58	81,06	82,21	0,71
	PU7	79,13	80,98	81,57	81,62	83,20	83,26	4,12	81,63	2,36	1,54	1,88	0,60	81,03	82,22	0,73
Po 150h	AKO	85,06	85,97	85,97	86,11	86,34	86,39	1,33	85,98	0,23	0,48	0,56	0,19	85,79	86,16	0,22
	AK1	82,31	83,18	83,79	84,63	84,85	85,93	3,63	84,11	1,67	1,29	1,54	0,50	83,61	84,62	0,60
	AK3	83,38	83,64	83,71	83,73	84,02	84,30	0,91	83,80	0,10	0,32	0,38	0,12	83,67	83,92	0,15
	AK5	82,02	83,17	83,38	83,45	83,62	84,34	2,32	83,33	0,57	0,76	0,91	0,29	83,03	83,62	0,35
	AK7	80,00	82,35	82,38	82,63	84,32	84,34	4,34	82,67	2,57	1,60	1,94	0,62	82,05	83,29	0,75
	PU0	85,67	86,35	86,42	86,58	86,76	86,93	1,26	86,45	0,19	0,44	0,51	0,17	86,28	86,62	0,20
	PU1	85,92	86,15	86,19	86,33	86,37	86,58	0,65	86,26	0,05	0,22	0,26	0,09	86,17	86,34	0,10
	PU3	82,79	83,92	84,06	84,21	84,71	84,82	2,03	84,08	0,53	0,73	0,86	0,28	83,80	84,37	0,34
	PU5	77,48	79,56	80,02	80,43	81,56	81,81	4,33	80,14	2,47	1,57	1,96	0,61	79,53	80,75	0,76
	PU7	78,61	79,94	80,51	80,76	82,39	83,00	4,39	80,87	2,59	1,61	1,99	0,62	80,24	81,49	0,77
Po 200h	AKO	85,21	85,39	85,78	86,34	86,34	86,65	1,44	85,95	0,34	0,58	0,68	0,23	85,72	86,17	0,26
	AK1	84,45	84,85	85,32	85,43	85,91	85,94	1,49	85,32	0,34	0,59	0,69	0,23	85,09	85,54	0,27
	AK3	82,53	82,67	83,35	83,81	84,28	84,90	2,36	83,59	0,85	0,92	1,10	0,36	83,23	83,95	0,43
	AK5	81,80	83,07	83,43	83,69	84,10	84,38	2,58	83,41	0,84	0,92	1,10	0,36	83,05	83,77	0,43
	AK7	81,93	82,71	82,77	83,25	83,61	83,63	1,69	82,98	0,42	0,65	0,78	0,25	82,73	83,23	0,30
	PU0	86,38	86,44	86,92	87,05	87,14	87,42	1,04	86,89	0,17	0,41	0,47	0,16	86,73	87,05	0,18
	PU1	85,13	85,14	85,50	86,49	86,60	87,15	2,02	86,00	0,73	0,86	1,00	0,33	85,67	86,33	0,39
	PU3	83,06	83,69	84,24	84,32	84,42	84,56	1,50	84,05	0,32	0,57	0,68	0,22	83,83	84,27	0,26
	PU5	80,76	80,90	80,97	81,14	82,90	83,49	2,72	81,69	1,40	1,18	1,45	0,46	81,23	82,15	0,56
	PU7	78,15	78,64	79,08	79,60	81,01	82,66	4,51	79,86	2,84	1,69	2,11	0,65	79,20	80,51	0,82

26 lentelė. Apdailintų stikliukų bendro spalvos pokyčio  $E$  reikšmių statistiniai duomenys (3)

	Variacinė eilutė							R	x	s <sup>2</sup>	s	v	$\Delta$	$I\beta$	$I\beta$	$\sigma_{ats}$
	Po 250h	AKO	86,07	86,15	86,44	86,63	86,64	86,64	0,58	86,43	0,07	0,26	0,30	0,10	86,33	86,53
AK1		84,26	84,54	85,25	85,51	85,69	86,37	2,11	85,27	0,60	0,78	0,91	0,30	84,97	85,57	0,35
AK3		82,62	83,22	83,45	84,12	84,46	84,48	1,86	83,73	0,56	0,75	0,90	0,29	83,43	84,02	0,35
AK5		80,77	82,05	82,05	82,85	84,53	85,31	4,54	82,93	2,89	1,70	2,05	0,66	82,27	83,59	0,79
AK7		81,83	82,38	82,42	82,52	82,97	83,11	1,28	82,54	0,21	0,46	0,56	0,18	82,36	82,72	0,22
PU0		86,33	86,87	86,92	87,17	87,27	87,60	1,27	87,03	0,19	0,43	0,50	0,17	86,86	87,19	0,19
PU1		85,64	86,41	86,90	86,91	87,15	87,35	1,70	86,73	0,38	0,62	0,71	0,24	86,49	86,97	0,28
PU3		83,64	83,70	84,39	84,45	84,67	85,79	2,15	84,44	0,61	0,78	0,93	0,30	84,14	84,74	0,36
PU5		80,71	80,86	81,44	82,54	82,71	83,44	2,73	81,95	1,23	1,11	1,35	0,43	81,52	82,38	0,52
PU7	79,91	79,98	80,73	81,27	82,09	84,26	4,35	81,37	2,67	1,63	2,01	0,63	80,74	82,01	0,78	
Po 300h	AKO	86,28	86,31	87,52	87,64	87,72	87,79	1,51	87,21	0,51	0,71	0,82	0,28	86,93	87,49	0,32
	AK1	85,55	85,62	86,29	86,43	86,44	87,37	1,82	86,28	0,44	0,66	0,77	0,26	86,03	86,54	0,30
	AK3	83,49	84,13	84,99	85,25	85,33	85,41	1,92	84,77	0,61	0,78	0,92	0,30	84,46	85,07	0,36
	AK5	82,44	84,58	84,59	84,61	85,38	85,90	3,46	84,58	1,39	1,18	1,40	0,46	84,13	85,04	0,54
	AK7	82,77	83,47	83,50	83,63	84,74	85,18	2,41	83,88	0,81	0,90	1,07	0,35	83,53	84,23	0,42
	PU0	87,68	87,79	88,05	88,07	88,10	88,21	0,53	87,98	0,04	0,20	0,23	0,08	87,91	88,06	0,09
	PU1	87,43	87,49	87,83	87,87	87,93	87,99	0,56	87,76	1,24	1,12	1,27	0,43	87,32	88,19	0,49
	PU3	83,59	84,03	84,63	85,21	85,59	86,53	2,94	84,93	1,16	1,07	1,27	0,42	84,52	85,35	0,49
	PU5	81,62	81,90	81,94	82,62	83,08	85,32	3,69	82,75	1,88	1,37	1,65	0,53	82,22	83,28	0,64
PU7	78,03	79,00	80,45	80,63	81,86	84,45	6,41	80,73	5,09	2,26	2,79	0,87	79,86	81,61	1,08	

#### 4 PRIEDAS. BANDINIŲ DRĖGNIS, STATISTINĖS REIKŠMĖS

27 lentelė. Medienos bandinių drėgnis natūralaus sendinimo laikotarpiu

Band.nr.	2014-05-19					2014-05-26					2014-06-09				
	Bandinių drėgnis PO 3 DIENŲ natūralaus sendinimo					Bandinių drėgnis PO 10 DIENŲ natūralaus sendinimo					Bandinių drėgnis PO 20 DIENŲ natūralaus sendinimo				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
LPU0T	19,36	3,99	-0,89	18,50	23,74	10,40	10,54	10,44	10,06	9,63	10,95	11,11	11,02	10,95	10,73
LPU1T	3,53	18,34	24,42	3,37	-1,11	10,95	10,07	10,18	9,91	10,13	11,87	11,27	11,65	11,16	11,05
LPU3T	11,42	11,61	11,17	11,15	11,50	10,44	10,29	10,29	10,23	10,35	11,62	15,06	11,44	11,61	11,90
LPU5T	11,47	10,94	10,18	10,95	11,06	10,18	9,54	9,03	10,08	9,92	11,24	5,85	15,25	11,21	11,43
LPU7T	11,14	11,16	10,79	11,17	11,38	9,70	9,57	9,68	9,77	10,12	10,90	10,79	10,46	10,76	10,96
LAK0T	12,05	11,41	11,07	11,27	11,36	11,48	10,68	10,24	10,62	10,63	12,84	11,75	11,29	11,76	12,26
LAK1T	10,79	10,30	10,79	10,63	10,94	10,79	9,69	10,18	9,95	10,76	11,61	10,43	11,06	10,97	11,82
LAK3T	10,86	10,64	10,61	10,62	10,86	10,52	9,66	10,06	10,29	10,63	11,31	10,75	11,03	11,06	11,48
LAK5T	10,94	10,79	10,74	10,66	10,91	10,30	10,49	10,18	10,42	10,74	11,06	13,11	11,68	11,09	11,53
LAK7T	10,84	10,77	10,78	10,54	10,48	10,18	10,00	9,76	9,82	10,08	10,67	10,77	10,60	10,72	10,78
K	10,06	9,99	10,22			10,14	9,99	10,45			10,22	9,85	9,99		

27 lentelės tęsinys (1)

Band.nr.	2014-07-02					2014-07-24					2014-09-01				
	Bandinių drėgnis PO 40 DIENŲ natūralaus sendinimo					Bandinių drėgnis PO 60 DIENŲ natūralaus sendinimo					Bandinių drėgnis PO 90 DIENŲ natūralaus sendinimo				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
LPU0T	18,09	18,23	18,52	18,15	17,05	6,99	7,19	6,93	6,52	7,14	14,25	14,36	14,32	14,19	14,31
LPU1T	19,08	18,99	19,30	18,74	18,85	7,42	6,64	6,53	6,36	6,58	14,07	13,61	14,00	13,78	13,89
LPU3T	18,64	18,55	18,73	18,43	19,19	7,91	7,66	7,33	7,52	7,37	13,79	11,33	13,58	13,92	14,20
LPU5T	16,96	17,67	16,70	18,11	17,76	7,83	7,25	6,62	7,30	7,64	13,26	15,39	11,99	12,91	13,50
LPU7T	19,09	17,77	16,27	16,91	17,10	6,63	6,51	6,55	6,87	7,47	14,69	14,16	13,92	14,53	14,88
LAK0T	19,79	18,57	18,35	18,42	19,11	8,48	8,11	7,96	8,22	8,21	14,82	14,21	14,07	14,22	14,34
LAK1T	18,24	17,63	17,58	14,99	20,93	8,85	7,72	8,19	7,97	8,54	13,70	13,26	13,33	13,57	14,27
LAK3T	17,56	17,23	17,47	16,85	18,01	7,70	7,43	7,33	7,81	8,15	13,51	13,22	13,58	13,71	14,35
LAK5T	15,96	16,84	17,02	17,15	18,14	7,61	7,43	7,95	7,97	7,99	13,10	13,29	13,57	13,31	13,77
LAK7T	17,06	18,33	17,01	18,40	18,76	7,83	7,52	7,60	7,28	6,94	12,91	13,07	12,64	12,78	12,97
K	18,59	17,15	16,51			6,47	6,25	6,34			11,05	11,00	11,11		

27 lentelės tęsinys (2)

2014-10-06					2014-11-09					2014-12-12					
	Bandinių drėgnis PO 120 DIENŲ natūralaus sendinimo				Bandinių drėgnis PO 150 DIENŲ natūralaus sendinimo					Bandinių drėgnis PO 180 DIENŲ natūralaus sendinimo					
Band.nr.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
LPU0T	12,54	11,93	11,65	11,36	11,46	20,79	20,24	20,46	21,04	21,00	21,34	20,66	20,83	20,80	21,19
LPU1T	11,66	11,00	11,00	10,67	10,83	20,82	20,90	21,06	20,65	21,79	21,28	21,50	22,12	22,12	11,92
LPU3T	11,73	11,56	11,17	11,46	11,56	20,44	19,76	18,62	19,60	20,80	21,42	20,79	20,81	20,53	21,54
LPU5T	11,36	10,94	10,48	11,67	12,00	19,82	20,13	18,87	20,07	20,09	20,44	20,71	19,47	21,25	21,08
LPU7T	11,99	11,22	11,19	11,52	11,87	19,99	19,48	18,95	19,24	19,81	20,47	20,16	19,73	20,05	20,48
LAK0T	12,33	11,75	11,57	11,82	11,70	22,16	22,32	21,96	20,77	20,34	22,05	33,73	22,01	21,97	21,52
LAK1T	11,76	11,04	11,34	11,48	12,28	19,62	20,46	19,56	21,15	21,05	20,79	20,89	20,12	21,66	21,46
LAK3T	11,81	11,61	11,58	11,78	12,55	20,49	20,49	20,81	20,27	21,23	21,56	21,52	21,84	21,21	22,35
LAK5T	11,64	11,77	11,96	11,72	12,14	19,63	20,87	19,81	18,88	25,82	19,98	21,23	20,59	19,94	21,28
LAK7T	11,65	11,48	11,38	11,21	11,18	19,13	20,04	19,35	20,15	25,75	20,61	21,69	20,49	20,69	21,16
K	10,02	9,92	10,34			19,00	19,79	19,89			20,57	19,41	20,86		

27 lentelės tęsinys (3)

2015-01-15					2015-02-19					2015-03-23					
	Bandinių drėgnis PO 210 DIENŲ natūralaus sendinimo				Bandinių drėgnis PO 240 DIENŲ natūralaus sendinimo					Bandinių drėgnis PO 270 DIENŲ natūralaus sendinimo					
Band.nr.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
LPU0T	31,39	29,02	31,10	31,31	28,91	23,64	23,13	23,97	23,22	23,50	14,25	14,31	14,11	13,84	13,65
LPU1T	26,65	28,03	28,77	31,50	33,46	23,84	23,56	23,83	24,03	24,79	13,91	13,28	13,12	13,01	12,91
LPU3T	28,08	26,99	26,02	23,91	24,64	23,49	23,31	20,10	19,91	22,80	13,84	14,02	13,41	13,36	13,74
LPU5T	28,56	28,49	27,26	29,55	27,98	22,45	22,70	21,34	22,80	21,03	13,37	12,99	12,29	13,06	13,14
LPU7T	29,26	28,36	27,50	27,83	29,39	20,89	22,05	20,80	21,09	22,04	12,53	12,69	12,69	12,33	12,71
LAK0T	34,88	33,73	32,24	29,77	30,06	24,37	23,94	23,96	23,28	22,98	15,32	14,65	14,79	14,87	15,40
LAK1T	29,62	31,05	28,45	31,16	30,92	23,91	22,86	22,32	23,87	23,38	15,13	13,75	14,32	14,42	15,03
LAK3T	29,34	28,34	29,80	25,07	30,24	22,13	21,81	22,39	22,04	23,88	14,46	13,73	13,82	14,04	14,24
LAK5T	27,05	29,05	27,65	24,27	28,23	22,32	22,70	21,75	20,81	22,62	13,62	13,54	13,85	13,79	13,93
LAK7T	28,58	29,90	27,50	30,30	32,98	22,63	23,05	21,57	22,44	22,51	14,27	14,20	13,90	13,86	14,27
K	33,60	30,06	32,63			22,14	23,20	22,03			10,30	10,22	10,34		

27 lentelės tęsinys (4)

2015-04-27					
Bandinių drėgnis PO 300 DIENŲ natūralaus sendinimo					
Band.nr.	1	2	3	4	5
LPU0T	10,51	11,06	10,76	9,94	10,42
LPU1T	11,00	10,13	10,24	10,13	9,91
LPU3T	10,95	11,44	10,51	10,74	10,87
LPU5T	10,85	10,24	9,46	10,23	10,44
LPU7T	10,36	10,24	10,40	10,64	10,96
LAK0T	10,86	11,69	12,35	11,11	11,64
LAK1T	11,46	9,69	11,06	10,41	11,47
LAK3T	11,25	10,52	10,42	11,78	10,80
LAK5T	11,70	11,22	11,91	11,86	12,03
LAK7T	11,33	11,30	11,50	10,97	10,68
K	7,50	7,25	7,97		

28 lentelė. Bandinių drėgnis po 3 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 3 dienų	Variacinė eilutė						R	x	s2	s	v	$\Delta$	$l\beta$	$l\beta$	$\sigma_{ats}$
	LPU0T	-0,89	3,99	18,50	19,36	23,74	5,24	20,53	7,90	2,81	13,69	1,54	18,99	22,08	7,52
LPU1T	3,53	-1,11	3,37	18,34	24,42	6,07	21,38	18,45	4,30	20,09	2,89	18,48	24,27	13,54	
LPU3T	11,15	11,17	11,42	11,50	11,61	0,46	11,37	0,04	0,20	1,80	0,10	11,27	11,47	0,85	
LPU5T	10,18	10,94	10,95	11,06	11,47	1,29	10,92	0,22	0,47	4,27	0,22	10,70	11,14	2,03	
LPU7T	10,79	11,14	11,16	11,17	11,38	0,59	11,13	0,04	0,21	1,90	0,10	11,03	11,23	0,90	
LAK0T	11,07	11,27	11,36	11,41	12,05	0,98	11,43	0,13	0,37	3,21	0,17	11,26	11,61	1,53	
LAK1T	10,30	10,63	10,79	10,79	10,94	0,64	10,69	0,06	0,24	2,27	0,12	10,58	10,81	1,08	
LAK3T	10,61	10,62	10,64	10,86	10,86	0,25	10,72	0,02	0,13	1,21	0,06	10,65	10,78	0,57	
LAK5T	10,66	10,74	10,79	10,91	10,94	0,28	10,81	0,01	0,12	1,08	0,06	10,75	10,86	0,51	
LAK7T	10,48	10,54	10,77	10,78	10,84	0,36	10,68	0,03	0,16	1,49	0,08	10,61	10,76	0,71	

29 lentelė. Bandinių drėgnis po 10 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 10 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s2	s	v	Δ	lβ	lβ	σats	
	LPU0T	9,63	10,06	10,40	10,44	10,54	0,91	10,22	0,14	0,37	3,65	0,16	10,06	10,37	1,55
	LPU1T	9,91	10,07	10,13	10,18	10,95	1,04	10,25	0,16	0,40	3,95	0,17	10,07	10,42	1,68
	LPU3T	10,23	10,29	10,29	10,35	10,44	0,21	10,32	0,01	0,08	0,76	0,03	10,29	10,35	0,32
	LPU5T	9,03	9,54	9,92	10,08	10,18	1,15	9,75	0,22	0,47	4,81	0,20	9,55	9,95	2,04
	LPU7T	9,57	9,68	9,70	9,77	10,12	0,55	9,77	0,04	0,21	2,15	0,09	9,68	9,86	0,91
	LAK0T	10,24	10,62	10,63	10,68	11,48	1,24	10,73	0,21	0,46	4,25	0,19	10,54	10,92	1,80
	LAK1T	9,69	9,95	10,18	10,76	10,79	1,10	10,28	0,24	0,49	4,78	0,21	10,07	10,48	2,03
	LAK3T	9,66	10,06	10,29	10,52	10,63	0,97	10,23	0,15	0,39	3,77	0,16	10,07	10,40	1,60
	LAK5T	10,18	10,30	10,42	10,49	10,74	0,56	10,42	0,04	0,21	2,03	0,09	10,33	10,51	0,86
LAK7T	9,76	9,82	10,00	10,08	10,18	0,42	9,97	0,03	0,18	1,77	0,07	9,89	10,04	0,75	

30 lentelė. Bandinių drėgnis po 20 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 20 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s2	s	v	Δ	lβ-	lβ+	σats	
	LPU0T	10,73	10,95	10,95	11,02	11,11	0,38	10,95	0,02	0,14	1,29	0,06	10,89	11,01	0,55
	LPU1T	11,87	11,65	11,27	11,16	11,05	-0,82	11,40	0,12	0,35	3,03	0,15	11,25	11,55	1,28
	LPU3T	11,44	11,61	11,62	11,90	15,06	3,61	12,33	2,35	1,53	12,44	0,65	11,68	12,98	5,28
	LPU5T	5,85	11,21	11,24	11,43	15,25	4,04	12,28	3,92	1,98	16,12	0,94	11,34	13,22	7,66
	LPU7T	10,46	10,76	10,79	10,90	10,96	0,50	10,78	0,04	0,19	1,81	0,08	10,69	10,86	0,77
	LAK0T	11,29	11,75	11,76	12,26	12,84	1,55	11,98	0,35	0,59	4,92	0,25	11,73	12,23	2,09
	LAK1T	10,43	10,97	11,06	11,61	11,82	1,39	11,18	0,30	0,55	4,93	0,23	10,94	11,41	2,09
	LAK3T	10,75	11,03	11,06	11,31	11,48	0,72	11,13	0,08	0,28	2,49	0,12	11,01	11,24	1,06
	LAK5T	11,06	11,09	11,53	11,68	13,11	2,06	11,69	0,70	0,84	7,16	0,36	11,34	12,05	3,04
LAK7T	10,60	10,67	10,72	10,77	10,78	0,18	10,71	0,01	0,07	0,70	0,03	10,68	10,74	0,30	



31 lentelė. Bandinių drėgnis po 40 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 40 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	17,05	18,09	18,15	18,23	18,52	1,47	18,01	0,31	0,56	3,11	0,24	17,77	18,25	1,32
	LPU1T	18,74	18,85	18,99	19,08	19,30	0,56	18,99	0,05	0,22	1,14	0,09	18,90	19,08	0,48
	LPU3T	18,43	18,55	18,64	18,73	19,19	0,76	18,71	0,08	0,29	1,56	0,12	18,58	18,83	0,66
	LPU5T	16,70	16,96	17,67	17,76	18,11	1,42	17,44	0,35	0,59	3,38	0,25	17,19	17,69	1,43
	LPU7T	16,27	16,91	17,10	17,77	19,09	2,82	17,43	1,14	1,07	6,14	0,45	16,98	17,88	2,60
	LAK0T	18,35	18,42	18,57	19,11	19,79	1,44	18,85	0,37	0,61	3,21	0,26	18,59	19,10	1,36
	LAK1T	14,99	17,58	17,63	18,24	20,93	5,94	17,87	4,49	2,12	11,85	0,90	16,97	18,77	5,03
	LAK3T	16,85	17,23	17,47	17,56	18,01	1,16	17,43	0,18	0,43	2,46	0,18	17,24	17,61	1,04
	LAK5T	15,96	16,84	17,02	17,15	18,14	2,18	17,02	0,61	0,78	4,58	0,33	16,69	17,35	1,94
LAK7T	17,01	17,06	18,33	18,40	18,76	1,75	17,91	0,67	0,82	4,56	0,35	17,57	18,26	1,93	

32 lentelė. Bandinių drėgnis po 60 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 60 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	6,52	6,93	6,99	7,14	7,19	0,67	6,95	0,07	0,26	3,79	0,11	6,84	7,07	1,61
	LPU1T	6,36	6,53	6,58	6,64	7,42	1,05	6,71	0,17	0,41	6,12	0,17	6,53	6,88	2,59
	LPU3T	7,33	7,37	7,52	7,66	7,91	0,58	7,56	0,06	0,24	3,13	0,10	7,46	7,66	1,33
	LPU5T	6,62	7,25	7,30	7,64	7,83	1,21	7,33	0,21	0,46	6,30	0,20	7,13	7,52	2,67
	LPU7T	6,51	6,55	6,63	6,87	7,47	0,96	6,81	0,16	0,40	5,84	0,17	6,64	6,97	2,48
	LAK0T	7,96	8,11	8,21	8,22	8,48	0,53	8,20	0,04	0,19	2,35	0,08	8,11	8,28	1,00
	LAK1T	7,72	7,97	8,19	8,54	8,85	1,14	8,26	0,20	0,45	5,46	0,19	8,07	8,45	2,32
	LAK3T	7,33	7,43	7,70	7,81	8,15	0,83	7,68	0,11	0,33	4,25	0,14	7,54	7,82	1,80
	LAK5T	7,43	7,61	7,95	7,97	7,99	0,56	7,79	0,07	0,26	3,27	0,11	7,68	7,90	1,39
LAK7T	6,94	7,28	7,52	7,60	7,83	0,90	7,43	0,12	0,34	4,59	0,14	7,29	7,58	1,95	

33 lentelė. Bandinių drėgnis po 90 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 90 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s2	s	v	Δ	lβ	lβ	σats	
	LPU0T	14,19	14,25	14,31	14,32	14,36	0,17	14,29	0,00	0,07	0,47	0,03	14,26	14,32	0,20
	LPU1T	13,61	13,78	13,89	14,00	14,07	0,46	13,87	0,03	0,18	1,32	0,08	13,79	13,95	0,56
	LPU3T	11,33	13,58	13,79	13,92	14,20	2,87	13,36	1,34	1,16	8,68	0,49	12,87	13,85	3,68
	LPU5T	11,99	12,91	13,26	13,50	15,39	3,40	13,41	1,55	1,25	9,29	0,53	12,88	13,94	3,94
	LPU7T	13,92	14,16	14,53	14,69	14,88	0,95	14,44	0,15	0,39	2,70	0,17	14,27	14,60	1,15
	LAK0T	14,07	14,21	14,22	14,34	14,82	0,75	14,33	0,08	0,29	2,01	0,12	14,21	14,45	0,85
	LAK1T	13,26	13,33	13,57	13,70	14,27	1,01	13,63	0,16	0,40	2,95	0,17	13,45	13,80	1,25
	LAK3T	13,22	13,51	13,58	13,71	14,35	1,13	13,67	0,18	0,42	3,07	0,18	13,49	13,85	1,30
	LAK5T	13,10	13,29	13,31	13,57	13,77	0,67	13,41	0,07	0,26	1,96	0,11	13,30	13,52	0,83
LAK7T	12,64	12,78	12,91	12,97	13,07	0,44	12,87	0,03	0,17	1,32	0,07	12,80	12,95	0,56	

34 lentelė. Bandinių drėgnis po 120 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 120 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s2	s	v	Δ	lβ	lβ	σats	
	LPU0T	11,36	11,46	11,65	11,93	12,54	1,18	11,79	0,23	0,48	4,03	0,20	11,59	11,99	1,71
	LPU1T	10,67	10,83	11,00	11,00	11,66	0,99	11,03	0,14	0,38	3,42	0,16	10,87	11,19	1,45
	LPU3T	11,17	11,46	11,56	11,56	11,73	0,56	11,49	0,04	0,21	1,80	0,09	11,41	11,58	0,76
	LPU5T	10,48	10,94	11,36	11,67	12,00	1,51	11,29	0,36	0,60	5,29	0,25	11,04	11,54	2,24
	LPU7T	11,19	11,22	11,52	11,87	11,99	0,80	11,55	0,13	0,36	3,16	0,15	11,40	11,71	1,34
	LAK0T	11,57	11,70	11,75	11,82	12,33	0,76	11,83	0,09	0,29	2,47	0,12	11,71	11,96	1,05
	LAK1T	11,04	11,34	11,48	11,76	12,28	1,24	11,58	0,22	0,47	4,06	0,20	11,38	11,78	1,72
	LAK3T	11,58	11,61	11,78	11,81	12,55	0,97	11,87	0,16	0,39	3,32	0,17	11,70	12,03	1,41
	LAK5T	11,64	11,72	11,77	11,96	12,14	0,50	11,85	0,04	0,20	1,72	0,09	11,76	11,93	0,73
LAK7T	11,18	11,21	11,38	11,48	11,65	0,48	11,38	0,04	0,20	1,73	0,08	11,30	11,46	0,74	

35 lentelė. Bandinių drėgnis po 150 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 150 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	20,24	20,46	20,79	21,00	21,04	0,80	20,71	0,12	0,35	1,67	0,15	20,56	20,85	0,71
	LPU1T	20,65	20,82	20,90	21,06	21,79	1,14	21,04	0,20	0,44	2,11	0,19	20,86	21,23	0,90
	LPU3T	18,62	19,60	19,76	20,44	20,80	2,17	19,85	0,71	0,84	4,24	0,36	19,49	20,20	1,80
	LPU5T	18,87	19,82	20,07	20,09	20,13	1,26	19,80	0,28	0,53	2,69	0,23	19,57	20,02	1,14
	LPU7T	18,95	19,24	19,48	19,81	19,99	1,04	19,49	0,18	0,42	2,16	0,18	19,32	19,67	0,91
	LAK0T	20,34	20,77	21,96	22,16	22,32	1,97	21,51	0,80	0,89	4,15	0,38	21,13	21,89	1,76
	LAK1T	19,56	19,62	20,46	21,05	21,15	1,59	20,37	0,57	0,76	3,71	0,32	20,05	20,69	1,57
	LAK3T	20,27	20,49	20,49	20,81	21,23	0,95	20,66	0,14	0,37	1,79	0,16	20,50	20,82	0,76
	LAK5T	18,88	19,63	19,81	20,87	25,82	6,93	21,00	7,74	2,78	13,25	1,18	19,82	22,18	5,62
LAK7T	19,13	19,35	20,04	20,15	25,75	6,61	20,88	7,58	2,75	13,19	1,17	19,72	22,05	5,59	

36 lentelė. Bandinių drėgnis po 180 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 180 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	20,66	20,80	20,83	21,19	21,34	0,68	20,96	0,08	0,29	1,36	0,12	20,84	21,08	0,58
	LPU1T	11,92	21,28	21,50	22,12	22,12	0,84	21,75	0,19	0,43	1,98	0,21	21,55	21,96	0,94
	LPU3T	20,53	20,79	20,81	21,42	21,54	1,02	21,02	0,19	0,44	2,09	0,19	20,83	21,21	0,89
	LPU5T	19,47	20,44	20,71	21,08	21,25	1,78	20,59	0,49	0,70	3,41	0,30	20,29	20,89	1,44
	LPU7T	19,73	20,05	20,16	20,47	20,48	0,74	20,18	0,10	0,31	1,54	0,13	20,05	20,31	0,65
	LAK0T	21,52	21,97	22,01	22,05	33,73	0,53	21,89	0,06	0,25	1,12	0,12	21,77	22,01	0,53
	LAK1T	20,12	20,79	20,89	21,46	21,66	1,55	20,98	0,37	0,61	2,90	0,26	20,73	21,24	1,23
	LAK3T	21,21	21,52	21,56	21,84	22,35	1,14	21,70	0,18	0,43	1,98	0,18	21,52	21,88	0,84
	LAK5T	19,94	19,98	20,59	21,23	21,28	1,33	20,60	0,42	0,65	3,14	0,27	20,33	20,88	1,33
LAK7T	20,49	20,61	20,69	21,16	21,69	1,20	20,93	0,25	0,50	2,38	0,21	20,72	21,14	1,01	

37 lentelė. Bandinių drėgnis po 210 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 210 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	28,91	29,02	31,10	31,31	31,39	2,48	30,35	1,61	1,27	4,18	0,54	29,81	30,88	1,77
	LPU1T	26,65	28,03	28,77	31,50	33,46	6,81	29,68	7,58	2,75	9,28	1,17	28,51	30,85	3,93
	LPU3T	23,91	24,64	26,02	26,99	28,08	4,17	25,93	2,87	1,69	6,54	0,72	25,21	26,65	2,77
	LPU5T	27,26	27,98	28,49	28,56	29,55	2,29	28,37	0,71	0,84	2,97	0,36	28,01	28,73	1,26
	LPU7T	27,50	27,83	28,36	29,26	29,39	1,89	28,47	0,71	0,84	2,95	0,36	28,11	28,82	1,25
	LAK0T	29,77	30,06	32,24	33,73	34,88	5,11	32,14	5,00	2,24	6,96	0,95	31,19	33,08	2,95
	LAK1T	28,45	29,62	30,92	31,05	31,16	2,71	30,24	1,39	1,18	3,89	0,50	29,74	30,74	1,65
	LAK3T	25,07	28,34	29,34	29,80	30,24	5,17	28,56	4,30	2,07	7,26	0,88	27,68	29,44	3,08
	LAK5T	24,27	27,05	27,65	28,23	29,05	4,78	27,25	3,32	1,82	6,69	0,77	26,48	28,02	2,84
LAK7T	27,50	28,58	29,90	30,30	32,98	5,48	29,85	4,29	2,07	6,93	0,88	28,98	30,73	2,94	

38 lentelė. Bandinių drėgnis po 240 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 240 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	23,13	23,22	23,50	23,64	23,97	0,84	23,49	0,11	0,34	1,44	0,14	23,35	23,64	0,61
	LPU1T	23,56	23,83	23,84	24,03	24,79	1,23	24,01	0,22	0,47	1,94	0,20	23,81	24,21	0,82
	LPU3T	19,91	20,10	22,80	23,31	23,49	3,58	21,92	3,13	1,77	8,07	0,75	21,17	22,67	3,42
	LPU5T	21,03	21,34	22,45	22,70	22,80	1,77	22,06	0,67	0,82	3,72	0,35	21,72	22,41	1,58
	LPU7T	20,80	20,89	21,09	22,04	22,05	1,26	21,38	0,39	0,62	2,92	0,26	21,11	21,64	1,24
	LAK0T	22,98	23,28	23,94	23,96	24,37	1,39	23,71	0,32	0,56	2,37	0,24	23,47	23,94	1,01
	LAK1T	22,32	22,86	23,38	23,87	23,91	1,58	23,27	0,46	0,68	2,91	0,29	22,98	23,56	1,24
	LAK3T	21,81	22,04	22,13	22,39	23,88	2,06	22,45	0,68	0,82	3,67	0,35	22,10	22,80	1,56
	LAK5T	20,81	21,75	22,32	22,62	22,70	1,89	22,04	0,61	0,78	3,55	0,33	21,71	22,37	1,51
LAK7T	21,57	22,44	22,51	22,63	23,05	1,48	22,44	0,29	0,54	2,41	0,23	22,21	22,67	1,02	

39 lentelė. Bandinių drėgnis po 270 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 270 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	13,65	13,84	14,11	14,25	14,31	0,66	14,03	0,08	0,28	2,00	0,12	13,91	14,15	0,85
	LPU1T	12,91	13,01	13,12	13,28	13,91	1,01	13,25	0,16	0,40	3,00	0,17	13,08	13,42	1,27
	LPU3T	13,36	13,41	13,74	13,84	14,02	0,67	13,67	0,08	0,28	2,08	0,12	13,55	13,80	0,88
	LPU5T	12,29	12,99	13,06	13,14	13,37	1,08	12,97	0,17	0,41	3,13	0,17	12,80	13,14	1,33
	LPU7T	12,33	12,53	12,69	12,69	12,71	0,38	12,59	0,03	0,16	1,30	0,07	12,52	12,66	0,55
	LAK0T	14,65	14,79	14,87	15,32	15,40	0,75	15,01	0,11	0,33	2,22	0,14	14,87	15,15	0,94
	LAK1T	13,75	14,32	14,42	15,03	15,13	1,38	14,53	0,32	0,56	3,88	0,24	14,29	14,77	1,65
	LAK3T	13,73	13,82	14,04	14,24	14,46	0,73	14,06	0,21	0,46	3,25	0,19	13,87	14,25	1,38
	LAK5T	13,54	13,62	13,79	13,85	13,93	0,40	13,75	0,03	0,16	1,19	0,07	13,68	13,82	0,50
LAK7T	13,86	13,90	14,20	14,27	14,27	0,41	14,10	0,04	0,20	1,44	0,09	14,01	14,19	0,61	

40 lentelė. Bandinių drėgnis po 300 dienų. Statistiniai duomenys

Drėgnis po 300 dienų	Variacinė eilutė					R	x	s <sup>2</sup>	s	v	Δ	lβ	lβ	σ <sub>ats</sub>	
	LPU0T	9,94	10,42	10,51	10,76	11,06	1,11	10,54	0,17	0,41	3,93	0,18	10,36	10,71	1,66
	LPU1T	9,91	10,13	10,13	10,24	11,00	1,09	10,28	0,18	0,42	4,08	0,18	10,10	10,46	1,73
	LPU3T	10,51	10,74	10,87	10,95	11,44	0,93	10,90	0,12	0,34	3,16	0,15	10,76	11,05	1,34
	LPU5T	9,46	10,23	10,24	10,44	10,85	1,40	10,24	0,26	0,51	4,95	0,22	10,03	10,46	2,10
	LPU7T	10,24	10,36	10,40	10,64	10,96	0,72	10,52	0,08	0,29	2,72	0,12	10,40	10,64	1,15
	LAK0T	10,86	11,11	11,64	11,69	12,35	1,49	11,53	0,33	0,58	5,01	0,24	11,28	11,77	2,12
	LAK1T	9,69	10,41	11,06	11,46	11,47	1,78	10,82	0,58	0,76	7,06	0,32	10,49	11,14	2,99
	LAK3T	10,42	10,52	10,80	11,25	11,78	1,36	10,96	0,31	0,56	5,12	0,24	10,72	11,19	2,17
	LAK5T	11,22	11,70	11,86	11,91	12,03	0,81	11,74	0,10	0,32	2,69	0,13	11,61	11,88	1,14
LAK7T	10,68	10,97	11,30	11,33	11,50	0,82	11,15	0,11	0,33	2,95	0,14	11,01	11,29	1,25	