



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Indrė Pajuodytė

**FANERUOTŲ PAVIRŠIŲ FOTOCHEMINIO IRIMO SPEKTRINIO  
JAUTRIO TYRIMAS**

Magistro darbas

Vadovas

Doc. dr. Valdas Norvydas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėja

Doc. dr. Vaida Jonaitienė

Indrė Pajuodytė

**FANERUOTŲ PAVIRŠIŲ FOTOCHEMINIO IRIMO SPEKTRINIO  
JAUTRIO TYRIMAS**

Medienos inžinerija (621J53001)

Magistro baigiamasis darbas

**Vadovas**

Doc. dr. Valdas Norvydas

**Recenzentas**

Doc. dr. Darius Albrektas

**Atliko**

DM – 3 gr. stud. Indrė Pajuodytė

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Indrė Pajuodytė

(Studento vardas, pavardė)

Medienos inžinerija (621J53001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Faneruotų paviršių fotocheminio irimo spektrinio jautrio tyrimas“

## AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

2015m. Gegužės mėn. 29d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano Indrės Pajuodytės baigiamasis projektas tema „Faneruotų paviršių fotocheminio irimo spektrinio jautrio 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

1 lentelė. Spavos pokyčio vertinimas pagal Bieske (2007) [5] .....	15
2 lentelė. Mokslininkų atliktų tyrimų su buko mediena naudojamos apdailos medžiagos [13] .....	23
3 lentelė. Poliuretaninių apdailos medžiagų sluoksniai [16].....	26
4 lentelė. Blizgumo reikšmės gautos matuojant blizgumą skirtingais matavimo kampais [16] .....	26
5 lentelė. Ažuolo medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: "Ažuolas 2", „Ažuolas 3“, „Ažuolas 2 1.4“, ir „Ažuolas 2 3.4“ [23].....	39
6 lentelė. Buko medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: „Bukas 2“ ir „Bukas 25“ [23] .....	40
7 lentelė. Uosio medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: "Uosis juodas ", „Uosis juodas strukt.“, „Uosis rudas 1.4“ ir „Uosis rudas 3.4“ [23].....	41
8 lentelė. Beržo medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: "Skaidri apdaila" [23] ..	42
9 lentelė. Lempos „DRT 1000“ parametrai .....	44
10 lentelė. Tiesioginės Saulės spinduliuotės trukmė per metus Kaune giedrą dieną arba esant debesuotumui su pragiedruliais (valandomis) [30] .....	57
11 lentelė. Vidutiniai suminiai spinduliuotės energijos kiekiai, tenkantys $1\text{m}^2$ įvairios orientacijos paviršiams Kaune ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) per metų sezoną ir per metus, įvertinus debesuotumą [30].....	57
12 lentelė. Sendinimo dirbtinai sukurtuose spinduliuose prilyginimas natūralioms sąlygoms.....	58

## Paveikslų sąrašas

1 pav. Baldų stiliaus palyginimas: a - Renesanso stiliaus baldai [1,2]; b - XXI amžiaus baldai [3,4]; ..	13
2 pav. Spalvos pokytis $\Delta E^*$ ir pokyčio sklaidos reikšmės skirtingoms medienos rūšims [5].....	15
3 pav. Medieną sudarantys cheminiai komponentai [7].....	16
4 pav. Saulės skleidžiamų spindulių spektras [7].....	17
5 pav. Spindulių sugeriamumas: (a) - medienos, (b) - lignino ir (c) - celiuliozės [9].....	17
6 pav. Pušies skersinio pjūvio mikrofotonuotaukos ( $\times 1000$ kartų): a – nuotrauka daryta prieš sendinimą; b- nuotrauka daryta po 1000 val. sendinimo UV spinduliuose [10];.....	18
7 pav. Medienos geltonavimo mechanizmas [12].....	19
8 pav. Spalvos pokytis buko medienos modifikuotos su citrinos rūgštimi (M) ir nemodifikuots (U) išskiriant bandinius pagal paviršiaus paruošimą: a – apdailinti skaidria tirpiklio pagrindu apdaila; b – apdailinti skaidriais vandens pagrindo dažais; c – apdailinti neskaidriomis apdailos medžiagomis; d - neapdailinta buko mediena [14] .....	21
9 pav. Blizgumo pokytis buko medienos modifikuotos su citrinos rūgštimi (M) ir nemodifikuots (U) ir atitinkama apdaila a) tirpiklio pagrindu dažai - skaidri apdaila b) skaidrūs vandens pagrindo dažai, c) neskaidri apdaila ir d) neapdailinta buko mediena [14] .....	22
10 pav. Sendintų paviršių spalvos pokyčio palyginimo diagramos.[13].....	24
11 pav. Spalvos pokyčio $\Delta E^*_{ab}$ kreivės kitimas sendinant buko medienos bandinius iš centrinės Italijos suaugėlių miškų [15] .....	25
12 pav. Šviesumo pokyčiai, $L^*$ , a) sendinant saulės spinduliais, b) ksenonine lempa ir c) gyvsidabrio lempa baltažiedę robiją (A), rinčiuotąją buką (B), japoninę kriptomeriją (C) [17].....	27
13 pav. Spalvos pokytis $\Delta E^*$ įvairių rūšių lapuočių sendinant juos 120 valandų simuliacine vidaus patalpų sąlygas atitinkančia spinduliuote [19] .....	28
14 pav. Šviesumo $L^*$ pokyčiai baltažiedės robinijos (A), buko (B) ir tuopos (C), sendinant bandinius natūraliomis sąlygomis (S) (pav. a), ksenonine lempa (X) (pav. b) ir gyvsidabrio lempa (M) (pav. c) [20] .....	30

15 pav. Drožtinis lukštas [21] .....	31
16 pav. Velenais apdailinamų detalių apdailos medžiagų užnešimo principas [22].....	34
17 pav. Tyrimams naudotos bandinių grupės.....	35
18 pav. Apdailos medžiagų sluoksniai padengiant paviršių neskaidriomis apdailos medžiagomis; 1- medienos drožlių plokštė; 2-klijai; 3- lukštas; 4-beicas (dažalas) 5-glaistas; 6-gruntas; 7-lakas .....	36
19 pav. Apdailos medžiagų sluoksniai padengiant paviršių skaidriomis apdailos medžiagomis; 1- medienos drožlių plokštė; 2-klijai; 3- lukštas; 4-glaistas; 5-gruntas; 6-lakas; .....	36
20 pav. Nuotraukos darytos po kiekvieno „Ąžuolas 3“ apdailos užnešimo etapo .....	36
21 pav. Detalės padengimas UV apdailos medžiagomis - “Uosis juodas” apdailos technologija .....	37
22 pav. UV linijos įrengimų išdėstymas: 1 - Pirminis šlifavimas "Heesemann MFA 10"; 2 - Dvejos veleninės beico (dažalo) užnešimo staklės "Sorbini"; 3 - Konvekinė beico džiovykla " BURKLE JET-TRUDE "; 4 - Lyginimo kalandras "Burkle GLK"; 5 - Veleninis glaisto užnešimas "Burkle"; 6 - Dviejų lempų UV džiovykla "Cefla"; 7 - Veleninis glaisto užnešimas "Burkle"; 8 - Dviejų lempų UV džiovykla "Cefla"; 9 - Veleninis grunto užnešimas "Sorbini"; 10 - Trijų lempų UV džiovykla "Cefla"; 11 – Wikoma; 12 - Tarpinis šlifavimas "DMC - Unisand 2000"; 13 - Dulkių valymas "Sorbini"; 14 - Veleninis UV lako užnešimas "Burkle"; 15 - Dviejų lempų UV džiovykla "Burkle"; 16 - Veleninis UV lako užnešimas "Burkle"; 17 - Trijų lempų UV džiovykla "Burkle"; [23] .....	37
23 pav. „Heesemann“ struktūrizavimo staklės: cilindriniai struktūrizavimo šepėčiai (a) ir diskinių šepėčių sąstatas (b) [24] .....	38
24 pav. Bandinių faneruočių uosio mediena paviršiaus struktūrizavimas ir taikomos apdailos „Uosis juoda“ (dešinėje viršuje) ir „Uosis rudas 1,4“ (dešinėje apačioje).....	38
25 pav. Kvarcinė lempa su specialiu tinkleliu: a – bendras vaizdas; b – veikianti lempa; c – lempos schema : 1 – specialus tinklelis; 2 – bandiniai; 3 – kvarcinė lempa; .....	43
26 pav. Lempų UVA-340nm skleidžiamų bangų ilgio palyginimas su saulės spinduliuotės skleidžiamu spindulių bangų ilgiu.[26] .....	44
27 pav. UV stendas: a – bendras vaizdas; b – stendo schema: 1 – bandiniai; 2- UV lempos;.....	45
28 pav.Sendinimo natūraliomis sąlygomis patalpų orientavimas pagal pasaulio kryptis [11]. .....	46

29 pav. Stendas sendinimui natūraliomis sąlygomis: a – bendri vaizdai; b – principinė schema: 1 – bandiniai;.....	46
30 pav. Paviršiaus pokyčių matavimo prietaisai: a -spektrofotometras „X RiteColor“ [27]; b - Blizgometras „Uni Gloss 60Plus“ [28] .....	46
31 pav. Ažuolo medienos spalvos pokytis $\Delta E^*$ : a - sendinimo su kvarcine lempa; b - sendinimo UV stende; c – sendinomo natūraliomis sąlygomis .....	49
32 pav. Beržo medienos spalvos pokytis $\Delta E^*$ a) sendinant kvarcine lempa; b) sendinant UV stende; c) sendinant natūraliomis sąlygomis; .....	50
33 pav. Bandinių faneruočių beržo lukštu spalvos šviesumo $L^*$ kitimo grafikas.....	51
34 pav. Buko medienos spalvos pokytis $\Delta E^*$ a) sendinant kvarcine lempa; b) sendinant natūraliomis sąlygomis;.....	51
35 pav. Bandinių faneruočių uosio mediena spalvos pokytis $\Delta E^*$ : a) sendintų kvarcine lempa; b) sendintų UV stende; ir spalvos šviesumo $L^*$ kitimo grafikas: d) sendintų kvarcine lempa; c) sendintų UV stende .....	52
36 pav. Neapdailinto ir apdalinto ąžuolo blizgumas BV sendinant kvarcine lempa.....	53
37 pav. Neapdailinto ir apdalinto ąžuolo blizgumas BV sendinant UV stende .....	53
38 pav. Neapdailinto ir skaidriomis apdailos medžiagomis apdailinto beržo blizgumas BV sendinant kvarcine lempa .....	54
39 pav. Neapdailinto beržo blizgumas BV sendinant UV stende .....	54
40 pav. Neapdailinto ir apdalto buko blizgumas BV sendinant kvarcine lempa .....	55
41 pav. Neapdailinto ir apdalto uosio blizgumas BV per sendinant kvarcine lempa.....	55
42 pav. Neapdailinto ir apdailinto uosio blizgumas BV sendinant UV stende .....	56
43 pav. Natūraliomis sąlygomis sendintų bandinių blizgumas BV. ....	56
44 pav. Spalvos pokyčio $\Delta E^*$ palyginimas sendinant skirtingais metodais.....	58
45 pav. Blizgumo reikšmės gautos sendinant skirtingais metodais ir jų sulyginimas .....	58
46 pav. Skirtingais sendinimo metodais gautų koordinačių $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ kitimas prisilyginus dirbtinai sendintus bandinius prie sendintų natūraliai .....	59

**Faneruotų paviršių fotocheminio irimo spektrinio jautrio tyrimas /Magistro projektas/  
Autorius – I. Pajuodytė/ Vadovas – doc.dr. V. Norvydas/ Kauno technologijos universitetas,  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra. Kaunas, 2015 - 66  
psl, 46 paveikslai, 12 lentelių.**

## **Santrauka**

Medienos dekoratyvumas yra vienas iš daugelio medienos teigiamų savybių. Mediena yra išskirtinė dekoratyvinė medžiaga, nes jos paviršiai yra unikalūs. O kadangi vienas iš šių dienų aktualijų yra natūralumas: natūralus maistas, natūrali kosmetika, natūralios, atsinaujinančios medžiagos, tai mediena atitinka vartotojų poreikius ir jos populiarumas auga. Medienos panaudojimas ir apdirbimas baldų pramonėje keičiasi: daug žaliavų reikalaujantys gaminiai iš masyvos medienos pakeičiami faneruotais baldais, žalingos apdailos medžiagos tirpiklio pagrindu pakeičiamos apdailos medžiagomis vandens pagrindu ir kita.

Baigiamasis magistrinis darbas „Faneruotų paviršių fotocheminio irimo spektrinio jautrio tyrimas“ sudaro ekonomišką vartotojų poreikius tenkinančių, faneruotų natūraliu medienos lukštu baldų, paviršiaus savybių tyrimą. Yra žinoma apie saulės keliamą žalą mūsų odai, ne išimtis yra ir medienos paviršiai – veikiami saulės spindulių medienos paviršiai senėja, keičiasi jų spalva, blizgumas, gali atsirasti plyšių ir įtrūkimų. Darbe analizuojami paviršiai pritaikyti eksploatuoti namų sąlygomis, tačiau ir vidaus patalpose baldus gali pasiekti ultravioletiniai spinduliai ir laikui bėgant pasikeis jų estetinės savybės.

Šio darbo tikslas yra nustatyti neapdailintų ir apdailintų faneruotų paviršių spalvos ir blizgumo pokyčius paviršiams senėjant ir pateikti išvadas, ko gali tikėtis vartotojas įsigyjęs tam tikrą apdailintą baldą po tam tikro laiko, jei jie bus veikiami saulės spindulių. Pasirinkta sendinti trimis skirtingais būdais: kvarcine lempa, UV stende ir natūraliomis sąlygomis, kad būtų galima palyginti pokyčių tendenciją ir nustatyti, ar galima prognozuoti paviršiaus pokyčius pagal dirbtinėmis sąlygomis sukeltą spinduliuotę.

Atlikus tyrimus gauta, kad labiausiai šviesai jautrūs yra neapdailinti paviršiai, o atspariausi yra paviršiai apdailinti neskaidriomis apdailos medžiagomis. Taip pat atsižvelgiant į rezultatus, galime teigti, kad skirtingos sendinimo aplinkos turi įtakos spalvos pokyčiui ir blizgumui, nes kiekvienas



šviesos šaltinis spinduliuoja skirtingo intensyvumo ir skirtingo ilgio spindulius. Sendinant bandinius naudojant elektrinį spindulių šaltinį didelę įtaką turi ir temperatūra, kuri įtakoja spalvos pokytį.

**Research of spectral sensitivity in the photodegradation of veneered surfaces /Master's Thesis/  
Author – I. Pajuodytė/ Supervisor – doc.dr. V. Norvydas/ Department of Materials Engineering,  
Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology, Kaunas, 2015  
- 66 pages, 46 Figures, 12 Tables.**

## **Summary**

Wood decorativeness is one of the most appreciable properties of wood. Wood is different from other decorative materials according to its uniqueness. Naturalness is very important nowadays: natural food, natural cosmetics, renewable materials, etc. Wood is becoming more and more popular because it is natural, renewable and it is attractive for customer. Wood processing is changing: products of solid wood are replaced by chipboard products decorated with veneer and coatings based on solvent are replaced by water-based substances and others.

This final master degree work „ Research of spectral sensitivity in the photodegradation of veneered surfaces„ is based on surface properties investigation of natural veneer decorated furniture based for economical class consumer needs. It is known about the damage caused by sun to human skin, and wood surface is not an exception – wood surface is aging, changing their color, gloss, and increase possibility of cracks and crevices while exposed by sunlight. Surface analyzed in this paperwork is for indoor usage and requirements for surface resistance are not strict. Depending on the place of exploitation, furniture can be irradiated by ultra-violet radiation and overtime it changes their aesthetic property.

The aim of this paperwork is to identify surface color and gloss change during aging of unfinished and decorated with veneer surfaces. Furthermore present conclusions of what can consumer expect acquiring certain surface finished furniture after a certain period of time if the furniture is exposed by sunlight. Three different aging types were selected: quartz lamp, UV stand and aging under natural conditions, in order to compare changes in trends and determine whether it is possible to rely on ageing under artificial conditions.

According to results – uncoated surfaces are more sensitive to sunlight rather than coated and the less color changes are got from surfaces which are coated with unclear coating materials. Comparing different types of surface aging the differences in color and gloss are visible and we could state that aging method has an influence to color because methods have different intensity of radiation and

、

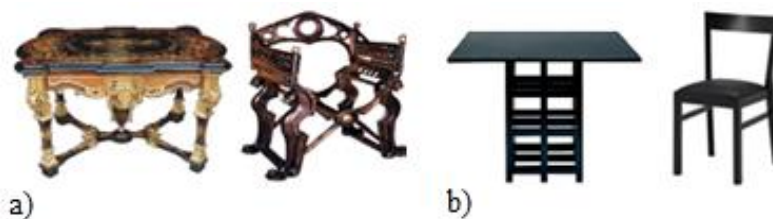
different wavelength. Also the temperature which is different in different methods plays important role because it cause higher color changing.

## Turinys

1. Ivasdas .....	13
2. Literatūros šaltinių analizė .....	14
2.1 Naturalus medienos spalvos pokytis.....	14
2.2 Medienos fotocheminė destrukcija.....	16
2.2 Apdailos dangų įtaka medienos spalvos ir blizgumo pokyčiams .....	20
2.1    Sendinimas skirtingais metodais .....	27
3. Technologiniai procesai iki apdailos ir jų įtaka apdailinamam paviršiui .....	31
3.1 Lukšto paklotų paruošimas ir jų įtaka apdailinimo procesui.....	31
3.2 Plokštumų faneravimas ir jo įtaką apdailinimo procesui.....	33
4. Plokščių paviršių apdailinimo galimybės .....	33
5. Tyrimų metodika.....	35
5.1 Bandiniai.....	35
5.2 Paviršių sendinimas .....	43
5.3 Sendinimų įtakojamų pokyčių vertinimui naudojamos priemonės .....	46
6. Spektrinio jautrio tyrimų rezultatai .....	49
6.1 Kolorimetrinių savybių pokyčiai .....	49
6.2 Blizgumo pokyčiai.....	53
6.3 Skirtingų sendinimo būdų suliginimas .....	57
7. Rezultatų panaudojimas praktiškai ir rekomendacijos .....	60
8. Išvados .....	62
9. Literatūros sąrašas.....	63
10. Priedai .....	66

## Ivadas

XXI amžius - tai informacinių technologijų klestėjimo laikotarpis. Šių technologijų dėka tobulėja gamybos procesai: vyksta gamybos automatizavimas ir kompiuterizavimas, o tai padeda pasiekti reikiamą apdirbimo tikslumą ir kokybę. Keičiantis technologijoms ir poreikiams, keičiasi ir patys baldai: nuo neišardomų, arba dalinai išardomų grandioziškų, perkrautų ornamentikos detalėmis baldų (baroko, renesanso stiliaus baldai (1 pav. a) pereinama prie išardomų, lengvų, paprastos konstrukcijos XXI amžiaus baldų (1 pav. b).



1 pav. Baldų stiliaus palyginimas: a - Renesanso stiliaus baldai [1,2]; b - XXI amžiaus baldai [3,4];

Šiuolaikinis žmogus gyvena sparčiu tempu, jis yra apsuptas technologinių naujovių nuo kurių jis laikui bėgant pavargsta ir tada gręžiasi atgal į gamtą, kur vyrauja natūralumas. Gyvenime taip jau įprasta, kad turi būti balansas, taigi žmogui paprastai iškyla natūralumo, paprastumo poreikis ir mediena, kaip tik yra tinkamas produktas šiam poreikiui patenkinti. Mediena, kaip medžiaga suteikia mus supančiai aplinkai jaukumo, šilumo ir veikia atpalaiduojančiai. Pereinant prie paprastesnės formos baldų, siekiant padaryti kuo lengvesnius naudojimui ir sumažinti medžiagų sąnaudas - medienos panaudojimą, ieškoma sprendimų, kaip nenaudojant masyvios medienos, pagaminti baldą, suteikiantį jam masyvios medienos dekoratyvumą. Pagrindinis, ir plačiai naudojamas būdas - plokštumų faneravimas. Paviršiai faneruojami įvairiu medienos lukštu, atitinkamai derinant lukšto apklotus, siekiant gauti norimų savybių paviršių.

Tačiau, kad ir kokio pavidalo būtų naudojama mediena: masyvas ar tik faneruoti paviršiai, tačiau laikui bėgant keičiasi jų savybės ir ypač medienos spalva. Siekiant mediniams paviršiams suteikti norimą estetinę išvaizdą ir apsaugoti juos nuo senėjimo, yra naudojamos įvairios apdailos medžiagos. Faneruoti paviršiai yra apdailinami įvairiomis apdailos medžiagomis, suteikiant paviršiui kuo natūresnę išvaizdą, ir pabrėžiant, išryškinant tik geriausias medienos tekstūros savybes. Apdailos

medžiagų yra įvairiausių rūšių: nuo natūralių - vašakai, bitumai, iki sintetinių - akrilinės, rezorcininės ir kitos dervos. Tačiau, kad ir kokia danga būtų padengti paviršiai, laikui bėgant daugiau ar mažiau, bet keičia savo spalvą.

Taigi, šiame baigiamajame darbe bus analizuojami ąžuolo (*lot. Quercus*), uosio (*lot. Fraxinus*), beržo (*lot. Betula pubescens*) ir paprastojo buko (*lot. Fagus sylvatica*) mediena faneruoti ir apdailinti skirtingomis apdailos medžiagomis paviršiai: skaidriomis ir neskaidriomis, ir lyginami paviršiaus spalvos ir blizgumo pokyčiai. ąžuolo ir uosio medienos rūšys apdailinamos taikant dvejias apdailos užnešimo technologijas: tipinę – apdailos užnešimą vėlenais ir naują technologiją – prieš padengiant apdailos medžiagas medienos paviršių struktūruojant šepėčiais. Taip pat atsižvelgiant į tai, kad tyrimams atlikti paviršiai yra sendinami keliais skirtingais metodais, bus lyginami skirtingais metodais gauti rezultatai.

## **Literatūros šaltinių analizė**

### **2.1 Naturalus medienos spalvos pokytis**

Medienos paviršiaus senėjimas yra aktuali problema, siekiant išvengti paviršiaus nepageidaujamų pokyčių atsiradimo. Paviršius veikiant saulės šviesa, laikui bėgant pakinta jų spalva, blizgumas ir gali atsirasti kiti paviršiaus tolygumo pakitimai: plyšiai, pūslelės ir kita. Nereikia analizuoti baldų, skirtų išorės naudojimui, nes net ir vidaus patalpose esantys baldai dažniausiai yra pasiekiami saulės šviesos ir laikui bėgant jų spalva ir blizgumas kinta. Siekiant to išvengti galime apdailinti įvairiomis apdailos medžiagomis, tačiau kaip ir mokslininkuose atliktuose tyrimuose, taip šiame baigiamajame darbe, paviršiams senėjant yra pastebimas spalvos ir blizgumo pokytis, nesvarbu ar paviršius apdailintas ar ne, tačiau jo spalva mažiau ar labiau, kinta.

Nėra lengva tiksliai nustatyti medienos spalvos pokytį, atsižvelgiant į tai kad visi paviršiai būna skirtingi. Analizuojant spalvos pokytį galima jį vertinti vizualiai, pasitikint žmogaus akies jautrumu, tačiau yra išrasta nemažai spalvos matavimo metodų, kurie, nustato spalvos pokyčius pagal spalvos koordinates.

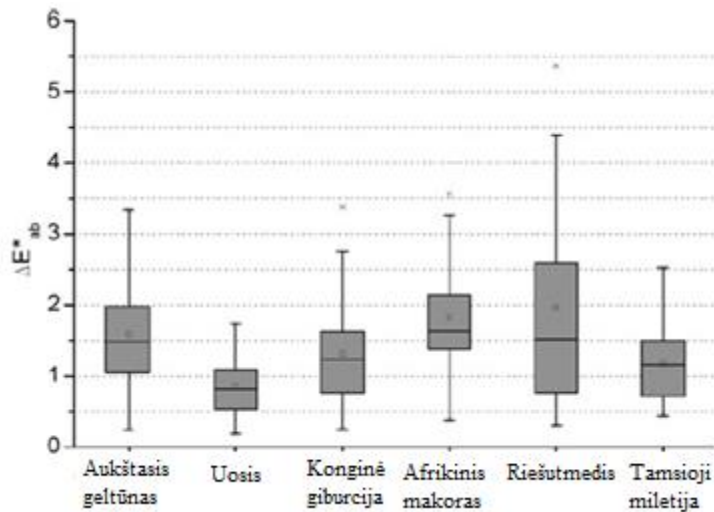
Yra priimtina laikyti, kad žmogaus suvokiamas spalvos pokytis  $\Delta E^*_{ab} \sim 3$  [5].

1 lentelė. Spalvos pokyčio vertinimas pagal Bieske (2007) [5]

$\Delta E^*_{ab}$	Bendras vertinimas
0.0...0.5	Nėra spalvos pokyčio
0.5...1.0	Spalvų skirtumas gali būti pastebėtas įgudusios akies
1.0...2.0	Spalvų skirtumas vos pastebimas
2.0...4.0	Spalvų skirtumas aiškiai matosi
4.0...5.0	Didelis spalvų skirtumas
>5.0	Didelis spalvų skirtumas, kuris prilysta kitos spalvos pojūčiui

Pradėjus analizuoti medieną kaip natūralią medžiagą, reikia paminėti, kad ji yra anizotropinė - jos savybės visomis kryptimis skiriasi, ne išimtis yra ir medienos spalva. Taigi, įvertinant natūralios medienos paviršiaus natūralų spalvos pokytį, kurį įtakoja medienos tekstūra, yra priimta, kad natūralus medienos spalvos pokytis  $\Delta E^*_{ab} = 2$  [5]. Medienos spalva priklauso nuo daugelio veiksnių: augimo, klimato sąlygų ir kitų veiksnių.

Mokslininkai ištyrė natūraliai tam tikroms medžių rūšims būdingus spalvos pokyčius:



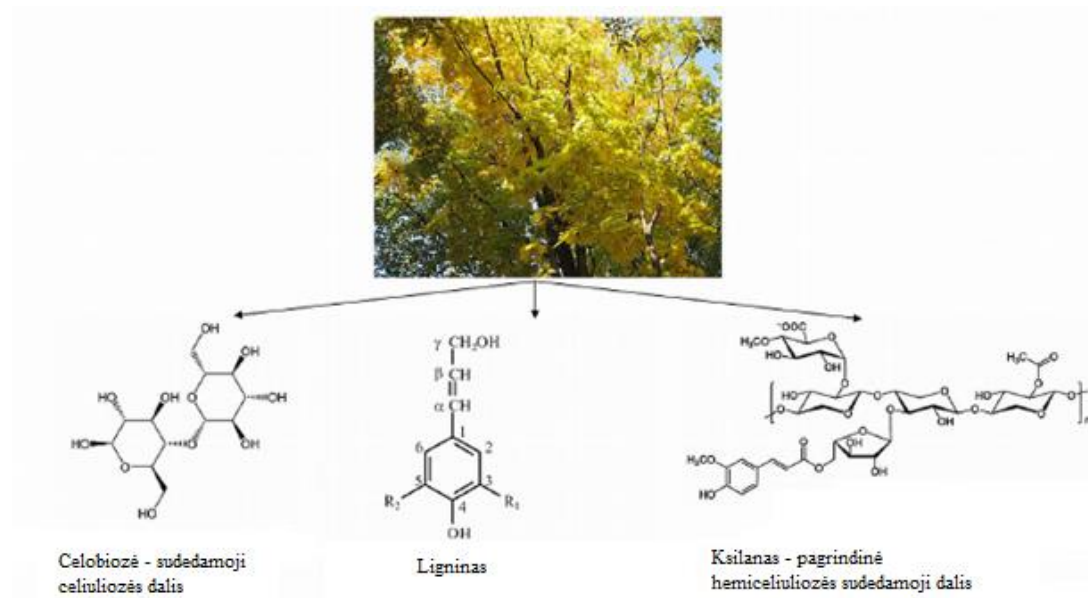
2 pav. Spalvos pokytis  $\Delta E^*$  ir pokyčio sklaidos reikšmės skirtingoms medienos rūšims [5]

Atlikus tyrimus nustatyta, kad mažiausias pastebimas spalvos pokytis yra uosio medienos (2 pav.), ir tik gerai įgudusi akis, galėtų pastebėti spalvos pokyčius. Taigi, natūraliai medienos spalvos pokytis  $\Delta E^*_{ab}$  svyruoja nuo 1 iki 2 [5].

## 2.2 Medienos fotocheminė destrukcija

Fotodestrukcija – bedeguonis medžiagos skilimas šviesos poveikyje [6]. Bendrąja prasme, tai paviršiaus senėjimas, kuris suprantamas kaip fiziologinis procesas, kuomet kinta paviršiaus struktūra, keičiasi cheminė sudėtis ir mažėja paviršiaus atsinaujinimo (ląstelių, ar struktūros atsistatymo) tikimybė. Ne išimtis yra ir medienos paviršiai.

Pagrindiniai cheminiai komponentai medienoje yra celiuliozė, hemiceliuliozė ir ligninas (3 pav.)

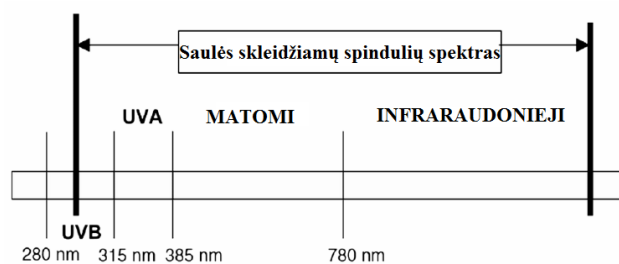


3 pav. Medieną sudarantys cheminiai komponentai [7]

Fotocheminė destrukcija medienoje vyksta, nes mediena absorbuoja spindulius ir tai yra pakankamai sudėtingas procesas. Spinduliuotės intensyvumas ir bangų ilgis priklauso nuo daugelio nekontroliuojamų parametrų ir šių parametrų sukeltami paviršiaus pokyčiai gali būti pastebėti ne tik po metų, bet ir po vienos dienos. Taigi, dėl šios priežasties, mediena dažnai yra tiriama sukuriant dirbtinę saulės spinduliuotę, siekiant suprasti medienos fotocheminę destrukciją. Kai kurie būdai puikiai atitinka saulės spindulių daromą žalą, kiti tik dalinai. Ultravioletiniai spinduliai (toliau UV spinduliai) sudaro tik 4,6% saulės šviesos sklaidžiamų spindulių, bet jie daro didžiausią žalą polimerinėms medžiagoms. UV spindulių spektrą sudaro spinduliai, kurių ilgis nuo 280 iki 400 nm, bet žalingiausi yra UVB, kurių ilgis 280-315 nm. Siekiant greitai nustatyti spindulių daromą žalą yra sukuriama dirbtinė UV spindulių spinduliuotė, kuri gaunama ksenonine (su filtru), fluorescentine, metalo halogenine ir anglies lanko lempomis. Mažiau naudojamos yra gyvsidabrio ir volframo lempos [8].



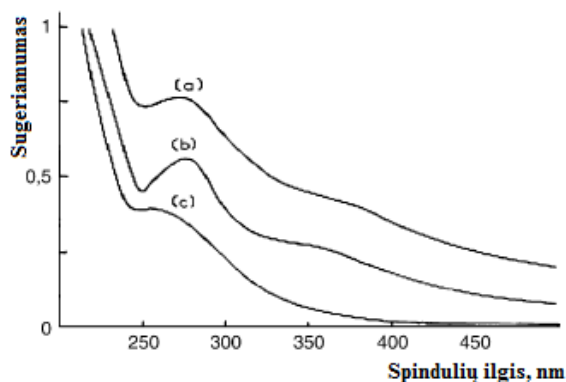
Ksenoninė lempa – lyginant su kitomis, šio tipo lempos geriausiai atspindi saulės skleidžiamos spinduliuotės UV spindulius ir ypač pritaikius filtrą (dažniausiai borosilikatinį) [7]. Jos yra specializuoto tipo dujų išlydzio lempos. Perduodant elektros energiją per jonizuotas ksenono dujas aukštu slėgiu yra sukuriama šviesa. Ksenono lanko lempos pagamina ryškią baltą šviesą, kuri artima natūraliems saulės spinduliams. Lempos teikia platų ir beveik tolygų spinduliavimo spektrą. Šis spektras siekia ir ultravioletinių spindulių sritį (juos praleidžia kvarco korpusas) [8].



4 pav. Saulės skleidžiamų spindulių spektras [7]

Fotocheminės destrukcijos pasekmės medienoje dažniausiai būna šios: medienos papildėjimas, matiškesnis, šiurkštesnis paviršius, ir plyšiai. Taigi, siekiant nustatyti UV spindulių žalą medienos paviršiai yra sendinami.

Paprastai biopolimerinės medžiagos paveiktos UV spinduliais keičia spalvą – geltonuoja. Lignoceliuliozinės medžiagos, kaip mediena ir popierius, taip pat lengvai geltonuoja. Spindulių poveikis medienai yra pateikiamas 5 paveiksle. Ligninas, kuris sudaro nuo 29 iki 33 % balanos, turi didelį kiekį chromoforinių grupių (dar vad. *spalvų nešėjais*), kurios absorbuoja UV spindulius. Ligninas absorbuoja nuo 80 iki 95% visų UV spindulių, karbohidratai nuo 5 iki 20% ir ekstraktinės medžiagos apie 2%. (5 pav.) [9]

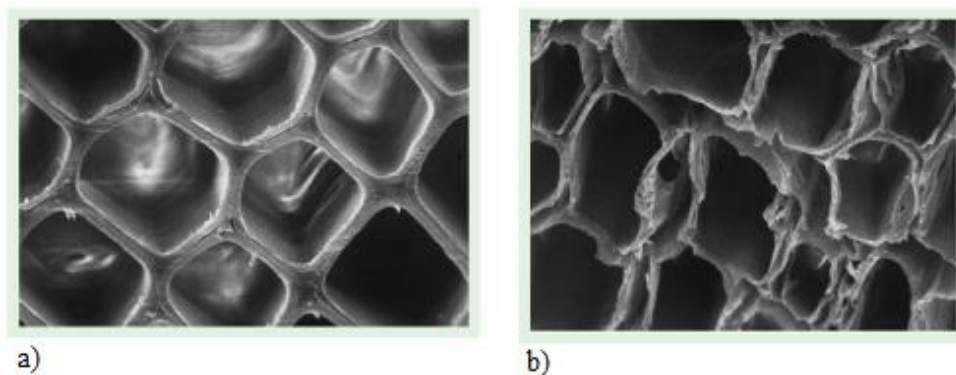


5 pav. Spindulių sugėriamumas: (a) - medienos, (b) - lignino ir (c) - celiuliozės [9]

Mediena yra veikiamą daugelio aplinkos veiksnių, tačiau santykinai siauras UV spindulių spektras, turi įtakos pirminei medienos fotodestrukcijai. Pirmoji fotochemijos taisyklė, Grotus-Draperio principas, kuris teigia, kad fotocheminės reakcijos vyksta, kai medžiagos absorbuoja šviesą. Sekanti taisyklė, Stark-Einsteino principas, kuris teigia, kad molekulė gali absorbuoti vienu metu tik vieną kvantinę spinduliavimo dalį (Rabek 1995). Energijos absorbavimas sukelia disociacijos reakcijas tarp molekulę sudarančių cheminių komponentų. Toks vienalytis procesas iššaukia laisvuosius radikalus, kaip pirminį fotocheminio skilimo produktą. Tokiu atveju, nesvarbu ar veikiant vandeniui ir deguoniui, ar ne, sukeliama depolimerizacija ir formuojasi chromoforinės grupės, tokias kaip karbonil grupės, karboksil grupės, chinonai, peroksidai, hidroperoksidai ir surištosios dvigubos jungtys (Feist ir Hon 1984).

Dauguma medieną sudarančių komponentų gali sugerti pakankamai matomų ir UV spindulių vykstant fotocheminėms reakcijoms medienoje, tačiau to pasekmė yra medienos nusispalvinimas ir įrimas. Dėl didelio chromoforinių grupių kiekio medienos paviršiuje, į medieną šviesa negali lengvai persiskverbti. Taigi, medienos nusispalvinimas dėl veikiančių spindulių yra tik paviršutiniškas reiškinys. Mediena pilnai sugeria UV spindulius iki 75  $\mu\text{m}$  storio nuo medienos paviršiaus, o spindulių prasiskverbimo profilis priklauso nuo spindulių ilgio [7].

Celiuliozė ir hemiceliuliozė yra palyginti atsparios fotocheminei destrukcijai. Mažiausiu atsparumu fotocheminei destrukcijai pasižymi ligninas. Didžiausia lignino koncentracija medienoje yra ne ląstelių sienelėse, bet tarpląstelinėje medžiagoje [10].



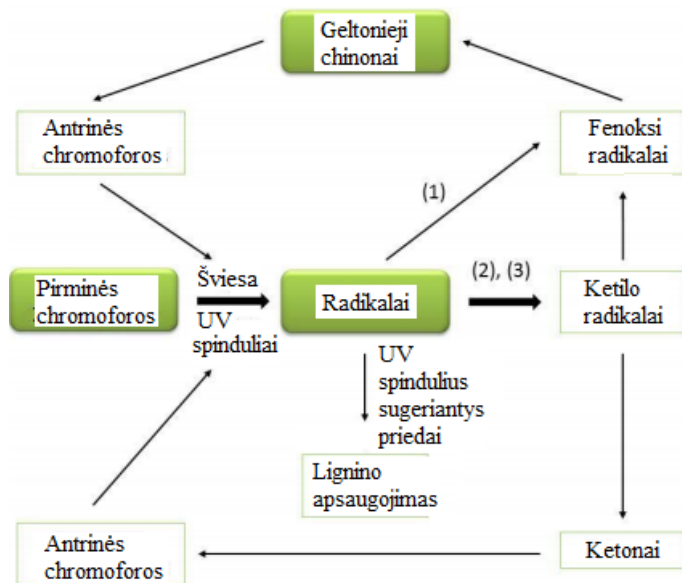
6 pav. Pušies skersinio pjūvio mikrofotonuotraukos ( $\times 1000$  kartų): a – nuotrauka daryta prieš sendinimą; b – nuotrauka daryta po 1000 val. sendinimo UV spinduliuose [10];

Medienos spalvos pasikeitimas yra paaiškinamas chromoforinių grupių modifikavimu, kurios absorbuoja UV spindulius spindulių ilgyje nuo 300 iki 400 nm. Kita priežastis kodėl mediena keičia

spalvą yra lignino kiekio sumažėjimas ir celiuliozės padidėjimas. Destrukcijos procesas yra laisvųjų radikalų formavimasis veikiant UV spinduliais.

Medieną sudarantys polimerai pasižymi skirtingais sugebėjimais nuo UV spindulių absorbavimo iki laisvųjų radikalų formavimo. Ligninas yra labiausiai jautrus UV spinduliuotei ir formuoja aromatinus laisvuosius radikalus (fenoksi radikalus), kurie toliau reaguodami su deguonimi sudaro karbonil ir karboksil grupes, o šios yra siejamos su medienos spalvos pokyčiais įtakojamais nesočiųjų karbonilinių grupių (chinonų). Chromoforinė grupė – tai cheminė grupė, kuri suteikia molekulei spalvą. Taigi, chromoforines grupes veikiant tam tikro ilgio spindulių spektru, jos sugeria skleidžiamos šviesos spindulius ir keičia savo spalvą. Dauguma chromoforinių grupių yra ligninė [11].

Chromoforinės grupės formuojasi vykstant spindulių absorbcijai. Yra pateikiama, kad fotocheminės reakcijos vyksta keliais skirtingais būdais: 1) susidaro laisvieji fenoksi radikalai; 2) susidaro aromatinė grupė 2-brom-1-fenil-1-etanonas; 3) susidaro ketilai. Pirmuoju atveju fenoksi radikalai formuojasi dėl tiesioginio sužadavimo arba laisvųjų radikalų išsiskirimo iš fenolinių grupių, ir šie fenoksi radikalai oksiduojasi į geltonuosius chinonus. Antruoju atveju yra karbonilo grupių sužadinimas lignine ir formuojami ketonai (ketilo radikalai) ir fenoksi radikalai, kurie vėl gali būti oksiduoti į geltonuosius chinonus. Trečiuoju atveju (3), formuojasi ketilo radikalai, kurie skyla ketonus ir fenoksi radikalus. Fenoksi radikalai sudaro sąlygas formotis geltoniesiems chinonams, kas įtakoja medienos geltonavimą, o ketonai gali toliau reaguoti su antrinėmis chromoforomis ir toliau veikiant šviesai gali vykti fotodestrukcija [12].



7 pav. Medienos geltonavimo mechanizmas [12]

Taigi, lignoceliuliozinės medžiagos geltonuoja ar ruduoja dėl cheminių junginių ardymo ar ekstraktinių medžiagų. Kai kurios ekstraktinės medžiagos gali pasižymėti antioksidantinėmis savybėmis ir tai sumažina spalvos pokytį paviršiui senėjant. Naujos apdailos medžiagos turi ligniną stabilizuojančių komponentų, kurie apsaugo ligniną nuo suardymo. Naudojant įprastas skaidrias apdailos medžiagas nesvarbu kokio storio dangą bebūtų, tačiau paviršiaus geltonavimas yra pastebimas ir ypač paviršius veikiant ultravioletine šviesa, kurios šviesos bangos ilgis yra nuo 290 iki 400 nm. Tokio ilgio spinduliai pereina per skaidrią dangą. Vienas iš būdų siekiant apsaugoti paviršių nuo spalvos pokyčio yra spinduliuojamo šviesos šaltinio intensyvumo sumažinimas. Kitas būdas, jei negalima sumažinti šviesos šaltinio intensyvumo, yra naudoti naujos kartos paviršiaus dangas, kurios turi UV spindulius sugerinčius ir radikalus neutralizuojančius komponentus. Jų tikslas iš vienos pusės yra paversti žalingus UV spindulius į šilumą ir taip apsaugoti paviršių nuo neigiamo proceso - fotodestrukcijos, kita vertus jie sulaiko naujai susidariusius radikalus ir neleidžia jiems oksiduojantis lignine [13].

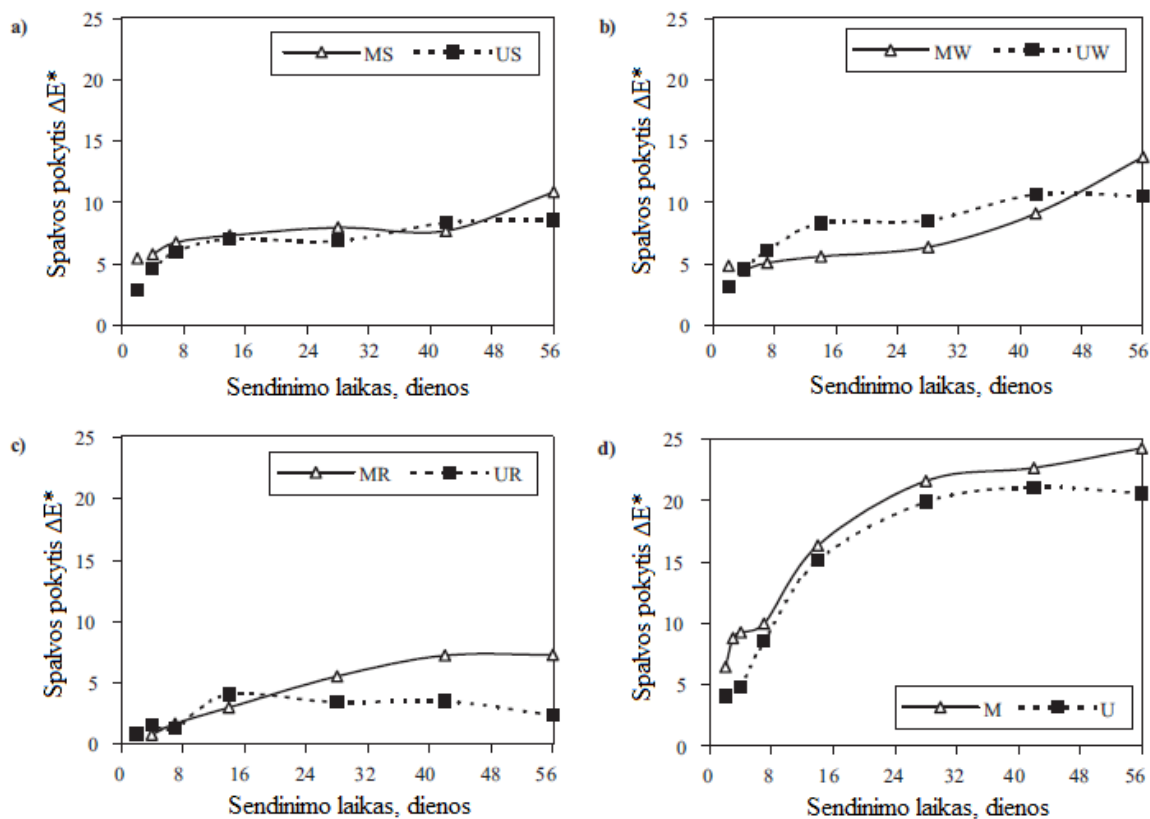
## **2.2 Apdailos dangų įtaka medienos spalvos ir blizgumo pokyčiams**

Mediena yra apdailinama siekiant apsaugoti jos paviršių nuo žalingų veiksnių (saulės, kritulių, mechaninio poveikio). Yra daug būdų, kaip galima apdailinti medieną ir daug įvairių apdailos medžiagų, kurios ne tik kad skiriasi užnešimo būdu, medienai suteikiamomis paviršiaus savybėmis, bet ir chemine sudėtimi. Vienos dangos yra skirtos lauke eksploatuojamiems paviršiams padengti, kitos paviršiaus dangos - vidaus patalpoms, kur santykinis aplinkos drėgnis yra mažas, ir paviršius pasiekia tik netiesioginiai saulės spinduliai. Lauke eksploatuojamus paviršius pasiekia tiesioginiai saulės spinduliai, drėgmė, šaltis/karštis, biologiniai kenkėjai. Vidaus patalpose naudojamoms dangoms yra keliami mažesni reikalavimai, tačiau jos turi būti ir atitinkamos paskirties, ar tai yra namų, biuro, darbo baldai, atitinkamai pagal klimatinės sąlygas, sąlytį su chemikalais ir galimybę būti pažeistiems mechaniškai. Taip pat, turime atsižvelgti ir į tai, kad anksčiau buvo plačiai paplitusios dangos tirpiklio pagrindu, o dabar, siūlant vartotojams nekenksmingas medžiagas yra plačiai paplitę vandens pagrindu apdailos medžiagos. Yra keliami dideli reikalavimai žmogaus ir aplinkos saugumui, vis ieškoma būdų, kaip aplinkai ir žmogui žalingas medžiagas pakeisti nekenksmingomis. Taigi, viso to pasekmė, kad apdailos medžiagos tirpiklio pagrindu yra pakeičiamos vandens pagrindu, siekiant naudoti kuo švaresnes apdailos medžiagas. Didžiausi keliami reikalavimai vidaus patalpose eksploatuojamų baldų

dangoms yra tokie, kad būtų didelis atspalvių pasirinkimas ir kad paviršius ilgai išliktų nepakitęs veikiant aplinkos ir mechaniniams veiksniams.

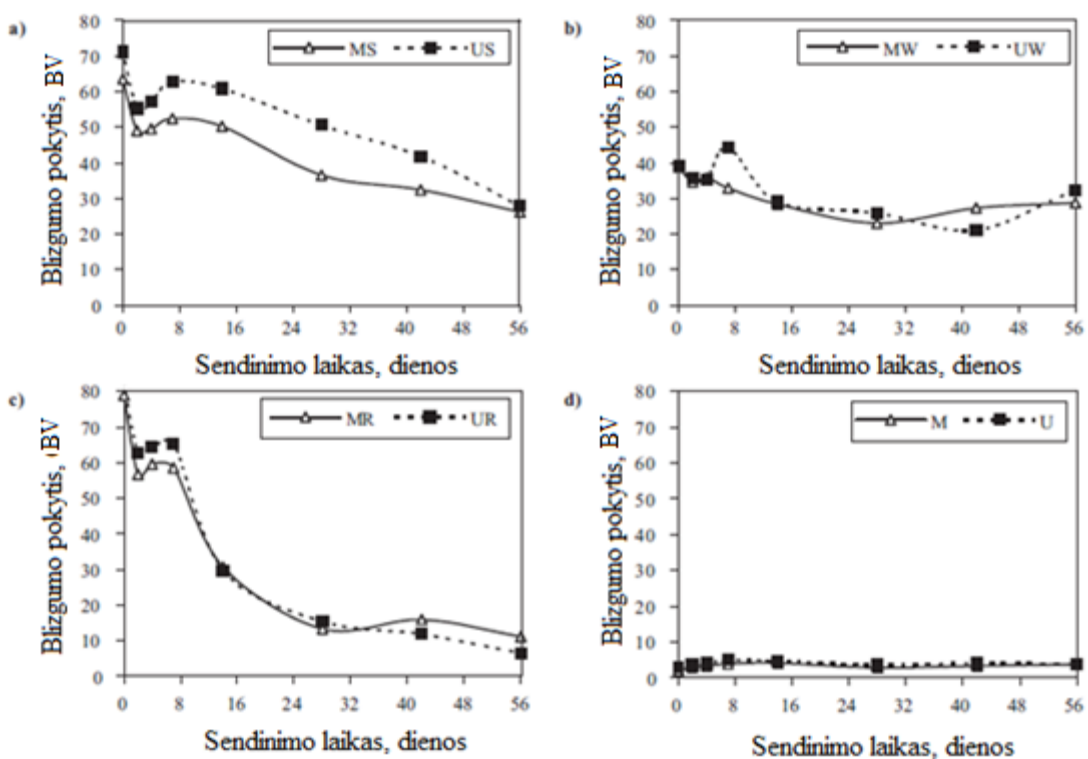
Dangas bendrai galime išskirti į dvi grupes: tai skaidrios ir neskaidrios. Mediena natūraliai pasižymi savita tekstūra ir spalva, kurių nesinori paslėpti po storu neskaidrios apdailos medžiagos sluoksniu. Skaidrios dangos nepaslepia natūralaus medienos dekoratyvumo, tačiau tokios dangos yra labiau jautrios veikiamai saulės spinduliutei, nes per skaidrias dangas praeina UV spinduliai. To išvengti galime tik tokiu atveju jei į dangų cheminę sudėtį įeina UV spindulius sugeriantys komponentai.

Paanalizuokime spalvos pokyčio ir blizgumo atliktus tyrimus su paprastojo buko mediena (*lot. Fagus sylvatica L*) kuri buvo apdailinta skaidriomis tirpiklio (8 pav. a) ir vandens pagrindo apdailos medžiagomis (8 pav. b), pigmentuota apdailos medžiaga (8 pav. c) ir visiškai neapdailintam paviršiaus (8 pav. d).



8 pav. Spalvos pokytis buko medienos modifikuotos su citrinos rūgštimi (M) ir nmodifikuots (U) išskiriant bandinius pagal paviršiaus paruošimą: a – apdailinti skaidria tirpiklio pagrindu apdaila; b – apdailinti skaidriais vandens pagrindo dažais; c – apdailinti neskaidriomis apdailos medžiagomis; d -neapdailinta buko mediena [14]

Atlikus tyrimus nustatyta, kad bandiniai dengti neskaidriomis apdailos medžiagomis pasižymi mažiausiu spalvos pokyčiu, o lyginant tirpiklio pagrindu su vandens pagrindu skaidriomis dangomis dengtus paviršius gauta, kad esminio skirtumo spalvos pokyčiui nėra, tačiau tiriant blizgumą gauname, kad paviršiai apdailinti tirpiklio pagrindu apdailos medžiagomis sendinimo pradžioje pasižymėję dideliu blizgumu 72 BV sendinimo pabaigoje (po 56 dienų.) lieka tik 30 BV, kai tuo tarpu vandens pagrindu apdailos medžiagos nebūna tokios blizgios ir jų blizgumo pokytis senėjant yra daug mažesnis (9 pav. a ir b). Tačiau reikia pastebėti, kad bandiniai apdailinti pigmentuota apdailos medžiaga nors ir pasižymi nedideliu spalvos pokyčiu, bet toks apdailintas paviršius nuo labai blizgaus sendinimo pradžioje pasikeičia į matinį sendinimo pabaigoje (9 pav. c). O tuo tarpu natūrali, neapdailinta mediena nors ir pasižymi dideliu spalvos pokyčiu, bet jos blizgumas beveik nepakinta (9 pav. d) [14].



9 pav. Blizgumo pokytis buko medienos modifikuotos su citrinos rūgštimi (M) ir nmodifikuots (U) ir atitinkama apdaila a) tirpiklio pagrindu dažai - skaidri apdaila b) skaidrūs vandens pagrindu dažai, c) neskaidri apdaila ir d) neapdailinta buko mediena [14]

Kiti mokslininkai atliko tyrimus su buko medienos bandiniais, kurie buvo padengti penkiomis skirtingomis dangomis (2 lentelė).

2 lentelė. Mokslininkų atliktų tyrimų su buko mediena naudojamos apdailos medžiagos [13]

Grupė	Pagrindas	Bandinių serija	Bandinių grupė	Apdaila		
				Rišamoji medžiaga	Pagrindas	Spalvos stabilizatorius
Pirmoji grupė	Medienos lukštas	Kontrolinis	1,0	Nepaveiktas paviršius		
		Įprasta danga	1,1	Aliejus	-	-
			1,2	Vaškas	-	-
			1,3	PUR/akrilato-kopolimeras	Vanduo	-
			1,4	PUR/akrilas/PE	Tirpiklis	-
			1,5	Nitroceliuliozė/a lkinė derva	Tirpiklis	-
			1,6	Akrilatas	Vanduo	-
Antroji grupė	Masyvi mediena	Kontrolinis	2,0	Nepaveiktas paviršius		
			2,1	PUR/akrilas/PE	Tirpiklis	HALS + UVA
			2,2	PUR/akrilas/PE	Tirpiklis	HALS + UVA
			2,3	Akrilatas	Vanduo	Nano pigmentas
			2,4	Sintetinė derva	Tirpiklis	-
			2,5	Akrilatas	Vanduo	HALS + UVA

Bandiniai sendinami po ksenonine lempa. Pirmoji grupė bandinių yra apdailinti plačiai naudojamomis baldų apdailos medžiagomis. Lukšto, naudojamo šiems tyrimams atlikti, paviršius buvo šlifuotas 120 šiukštumo šlifavimo juosta.

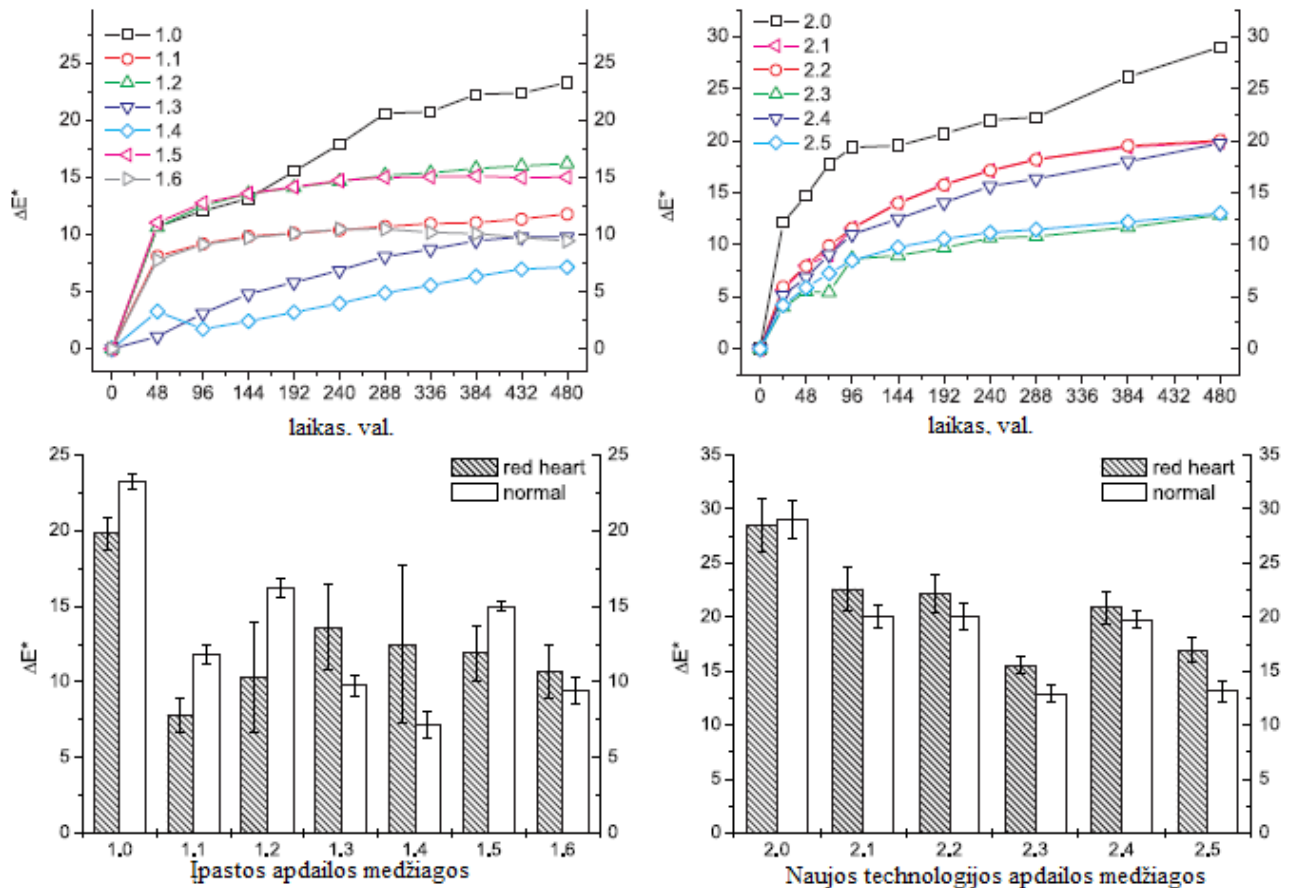
Kita grupė bandinių buvo apdailinti naujos technologijos paviršiaus apdailos medžiagomis, kurios pasižymi specialiu UV spindulių sugėrimu arba radikalų sulaikimu:

- produktas A su šviesos stabilizatoriais, kurie žinomi kaip "HALS" (aminiais, trukdančiais išvalymui);
- produktas B su UV sugėrikiais (hidroksi-pfenil-benzo-tri-ozoliais);
- produktas C su UV sugėrikiais (triazino susidarymas metoksi-propil-acetate);
- produktas D su sumažintais permatomais rutulio formos  $TiO_2$  padengtais  $Al_2O_3$ ;
- produktas E - sintetinės dervos vienkomponentis lakas;
- produktas F su UV sugėrikiais (benzo-tri-ozoliais);
- produktas G su šviesos stabilizatoriais, kurie žinomi kaip "HALS" (aminiais, trukdančiais išvalymui);

Bandinių sendinimas vyko pagal standartą DIN 53387 atliekant sendinimą su ksenonine lempa. Ksenoninės lempos skleidžiamas spektras buvo atitinkamas natūralios spinduliuotės šviesos spektrui. Norint sukurti atitinkamai į kambarį patenkančių spindulių ilgį, buvo naudojami šviesos filtrai

(borsilikatiniai, sodaliminiai filtrai), kurie imitavo stiklą. Bandiniai išbuvo viso 480 val., kiekvienas sendinimo ciklas sudarė 48 val, kurioms praėjus bandiniai buvo fotografuojami ir matuojamas jų spalvos pasikeitimas su Microflash 200d spektrofotometru.

Spalvos matavimas vyko pagal standartą DIN 6174. Pasitelkiant CIElab spalvos pokyčio matavimo sistemą.



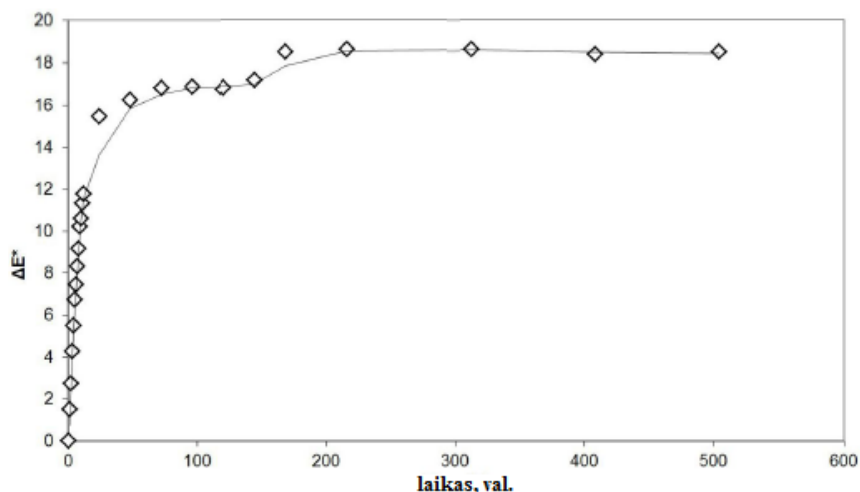
10 pav. Sendintų paviršių spalvos pokyčio palyginimo diagramos.[13]

Atsižvelgiant į gautus rezultatus galima daryti išvadą, kad padengiant paviršių apdailos medžiaga, spalvos pokytis veikiant dirbtinai sukurta saulės spinduliuote, laikui bėgant mažiau kinta, nei kontrolinių - neapdailintų bandinių. Apdailintų paviršių spalvos pokytis yra apie 40-60 % mažesnis nei kontrolinių bandinių. Galima pastebėti, kad bandiniai, kurie buvo padengti naujos technologijos dangomis, pasižyminčiomis spalvos stabilizavimu, spalvos stabilumas labiausiai pastebimas bandinių 2,3 ir 2,5 - tai akrilatu dengti paviršiai ir spalvos stabilumui išlaikyti naudojamas nanopigmentas arba HALS+UV [13].



Remiantis kitų mokslininkų darbais, kurie tyrė centrinės Italijos miškuose augančių buko medienos fizikines savybes, nebuvo pastebėta didelių spalvos pasikeitimų. Spalvos pokyčio nustatymui mokslininkai tyrė 30 bandinių. Bandiniams buvo atlikta po trejus matavimus po 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,24,48,72,96,120,144,168,216,312,408 ir 504 valandų sendinimo 1500E modulio saulės dėžėje (Erikseno instrumentas). Sistemą sudarė 2.5 kW ksenoninė lempa su UV filtru, kuris sutrumpina spektro ilgį iki 280 nm. Bandiniai buvo sendinami tokiomis sąlygomis:  $550 \text{ W m}^{-2}$ ,  $55^\circ\text{C}$  ir UV filtro praleidžiamų spindulių ilgis 280 nm. Tokie spinduliai atitiko natūralios saulės spinduliuotę. Spalvos pokytis buvo matuojamas spektrofotometru X-Rite CA 22.

Pradinės buko medienos bandinių koloristinės reikšmės buvo:  $L^*=82.06\pm 0.6$ ;  $a^*=4.92\pm 0.15$ ;  $b^*=17.36\pm 0.53$ ;



11 pav. Spalvos pokyčio  $\Delta E^*_{ab}$  kreivės kitimas sendinant buko medienos bandinius iš centrinės Italijos suaugėlių miškų [15]

Sendinimo pabaigoje, praėjus 504 valandoms,  $L^*$  parametras sumažėja nuo 82,06 iki 68,99. Didžiausi spalvos pokyčiai įvyksta per 48 valandas. Koloristinis parametras  $a^*$  priešingai - padidėjo nuo 4,92 iki 9,49 po 504 valandų sendinimo.  $b^*$  reikšmės padidėjo nuo 17,36 (0 val.) iki 29,57 (504 val.) Po 48 valandų sendinimo  $\Delta E^*_{ab}$  pasiekė 16,23 reikšmę ir toliau kito nežymiai ir sendinimo gale (504 val.) pasiekė 18,46 reikšmę. Spalvos pokytis įvyko dėl fotodestrukcijos proceso vykstančio medienoje veikiant ją UV spinduliais [15].

Taip pat buvo atlikti tyrimai vieno Italijos universiteto mokslininkų su vandens pagrindo poliuretanimėmis dangomis. Tyrimų metu buvo nustatyti dangų pokyčiai sendinant paviršius. Ir

padarytos išvados, kad yra didelis skirtumas yra tarp skaidrių ir pigmentuotų dangų ir dangos senėjimas turi didelę įtaką paviršiaus šiurkštumui ir blizgumui.

Vertinant paviršiaus blizgumo pokyčius buvo įvertinta ir tai, kad medienos, kaip natūralios medžiagos, yra skirtingas paviršiaus šiurkštumas, ir atsižvelgiant į tai gaunamos skirtingos paviršiaus blizgumo reikšmės. Iš tikrųjų matuojant paviršiaus blizgumą dviem kryptimis, matavimo tikslumui įtakos turi tik matavimo prietaisai, kai matavimo kampas yra 85°. Matavimai atliekami taikant 60° kampą buvo pasirinkti, atsižvelgiant į tai, kad toks kampas leidžia palyginti bandinius su skirtingais pirminiais blizgumo parametrais ir šiems matavimams natūralios medienos savybės, tokios, kaip paviršiaus kryptis, neturi įtakos ir leidžia gauti patikimus rezultatus.

Nors ir paviršiaus šiurkštumas turi įtakos blizgumui, tačiau nėra tiesioginės priklausomybės tarp paviršiaus šiurkštumo  $R_z$  ir blizgumo. Mokslininkai matavo blizgumą panašius paviršiaus šiurkštumus turinčių dangų, tačiau blizgumas buvo skirtingas atsižvelgiant į tai, kad buvo naudojamos skirtingos apdailos medžiagos, kurių blizgumas skirtingas.

3 lentelė. Poliuretaninių apdailos medžiagų sluoksniai [16]

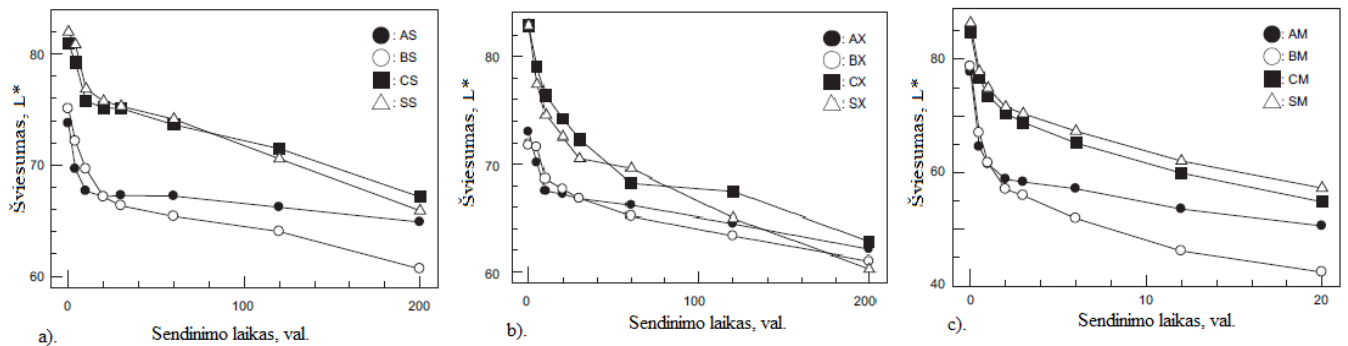
Bandiniai	Pagrindas	Viršutinis sluoksnis
A	Skaidri vandens pagrindo danga ICA FA42	Skaidri vandens pagrindu danga ICA AO600G25
B	Balta vandens pagrindo danga ICA FAB433	Balta pigmentuota vandens pagrindu danga ICA A600G25w
C	Balta vandens pagrindo danga ICA FAB433	Raudona pigmentuota vandens pagrindu danga ICA AO60065r
D	Skaidri tirpiklio pagrindo danga ICA FCNS150	Balta tekstūrinė vandens pagrindu danga ICA TSAF600

4 lentelė. Blizgumo reikšmės gautos matuojant blizgumą skirtingais matavimo kampais [16]

Bandiniai	Paviršiaus blizgumo matavimas 85° išilgai medienos pluošto krypties	Paviršiaus blizgumo matavimas 85° statmenai medienos pluošto krypties	Paviršiaus blizgumo matavimas 60° neįvertinant medienos pluošto krypties
A	50.6 ± 2.6	46.8 ± 2.7	20.7 ± 0.7
B	46.0 ± 1.4	38.8 ± 2.5	21.4 ± 0.6
C	28.9 ± 1.2	26.1 ± 1.8	13.4 ± 0.6
D	41.6 ± 0.6	41.0 ± 0.7	29.0 ± 0.7
E	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	4.5 ± 0.1

## 1.1 Sendinimas skirtingais metodais

Pasirinkus tyrimams atlikti medienos sendinimo būdus iškyla klausimas kiek jie yra tikslūs ir ar galima tokią medieną prisilyginti, kaip sendintą normaliomis sąlygomis. Mokslininkai iš vakarų Vengrijos universiteto ir Japonijos tyrinėjo tarpusavio santykį tarp spalvos ir šviesumo sendintų medienos bandinių. Šiame darbe jie tyrė rinčiuotojo buko medieną (*lot. Fagus crenata Blume*), baltažiedę robiją (*lot. Robinia pseudoacacia*), japoninę kriptomeriją (*lot. Cryptomeria japonica D. Don*) ir paprastąją eglę (*lot. Picea abies Karst.*). Bandiniai buvo paveikti ksenonine ir gyvsidabrio lempomis, ir vėliau nustatomos kolorimetrinėmis koordinatės CIE  $L^*a^*b$  ir  $L^*h^*c$ . Buvo gauta, kad intensyviausiai spalva kinta tyrimo pradžioje, o vėliau spalvos keitimasis mažėja ilgėjant sendinimo laikui. Taip pat buvo gauta, kad nesvarbu ar tai ksenoninė ar gyvsidabrinė lempa, tačiau įvertinta ir tai, kad dirbtinai sukurta sendinimo aplinka negali tiksliai atitikti natūralios saulės spinduliuotės. Priklausomai nuo spinduliuojamo šaltinio, spalvos pokyčiai buvo gauti skirtingi, tačiau spalvos šviesumo pokytis „ $L^*$ “ buvo gautas panašus. Mokslininkai pagrindė tai, kad atsižvelgiant į tiesinę priklausomybę, pagal spalvos pokyčio matavimą fotodestrukcijos metu galima įvertinti spalvos šviesumo pokyčius [17].



12 pav. Šviesumo pokyčiai,  $L^*$ , a) sendinant saulės spinduliais, b) ksenonine lempa ir c) gyvsidabrio lempa baltažiedę robiją (A), rinčiuotąjį buką (B), japoninę kriptomeriją (C) [17]

Medienos spalvos nevienodumas yra viena gražiausių natūralios medienos savybių ir spalva nuo raudonos iki geltonos yra šilta, maloni estetiniu požiūriu. Medienos paviršiai yra jautrūs ir šviesai ir karščiui, o jei jie yra veikiami vienu metu abiejais veiksniais, tai tokie paviršiai yra dar labiau pažeidžiami, nei veikiant šiais veiksniais atskirai.

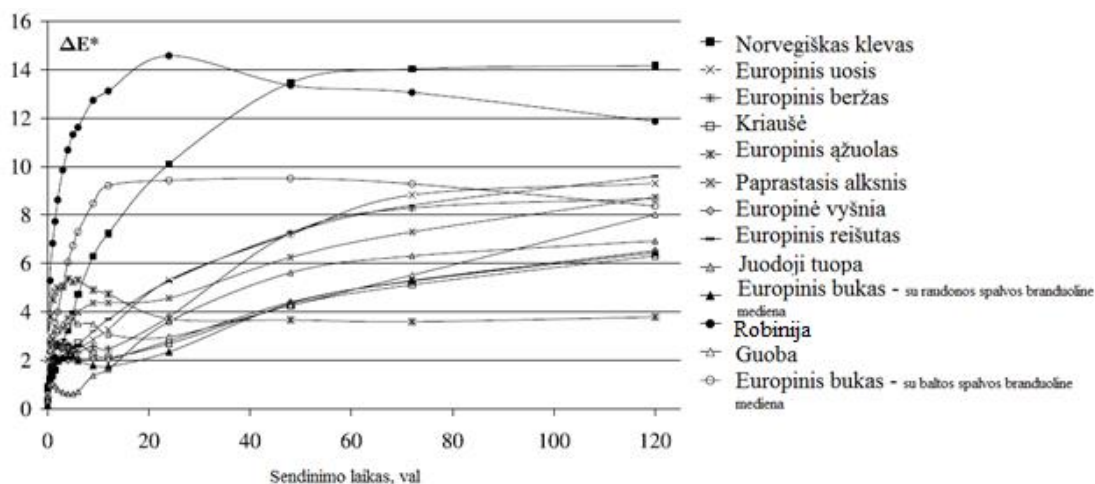
Mokslininkai atlikus tyrimus padarė išvadas, kad artimiausias šviesumo pokytis natūralioms sąlygoms yra gaunamas sendinant paviršius gyvsidabrio lempą. Tačiau gyvsidabrio lempa skleidžia 80% UV spindulių iš kurių 31% UV-A (380-315 nm), 24% UV-B (315-280 nm) ir 25% UV-C (>280 nm) spindulių ilgio. Fotonai, esantys UV-C spindulių spektre turi didelį energijos kiekį, kuris turi didžiausią

įtaką medienoje vykstantiems cheminiams pokyčiams, o natūralioje saulės spinduliuotėje nėra UV-C spindulių, tai dėl šios priežasties negalime teigti, kad gyvsidabrio lempa visiškai atitinka natūralios saulės spinduliuotės sukeltus paviršiaus pokyčius [17].

Norvegijoje mokslininkai tyrė natūralios ir impregnuotos medienos spalvos pokyčius bandinius natūraliai paliekant senėti lauke ir lygino su paviršiais sendintais laboratorijoje. Tyrimams buvo naudojama norvegiškos eglės, skotiškos eglės branduolinė mediena, klevas ir drebulė. Tyrimams lauke bandiniai buvo sukabinti vertikaliai į pietinę, rytinę, šiaurinę ir vakarinę puses ir palikti 1322 dienoms (nuo 2005m. vasario mėn. iki 2008m. rugpjūčio mėn.). Laboratorijoje atliekamiems tyrimams buvo naudojamas ATLAS simuliacinė kamera, kurioje naudojamos 2500 W metalų halogenidų lempos, kurių spindulių spektras yra labai artimas natūralios saulės šviesos spinduliuotei: sklaidžiamų bangų ilgis nuo 280 iki 3000 nm [18].

Spalvos pokytis priklauso nuo pirminės spalvos tamsumo, temperatūros sendinimo metu ir sklaidžiamos spinduliuotės intensyvumo. Didžiausi spalvos pokyčiai pastebėti ant bandinių veiktu pietinės ir vakarinės saulės spindulių. O lyginant natūralų ir dirbtinį sendinimą gauta, kad sunku tiksliai atkartoti natūralias sąlygas, šiuo atveju, kai bandiniai veikiami natūraliai lauke, nes natūraliai viduje nėra tokios palankios terpės veistis grybams ir bakterijoms. Gauta, kad didžiausia įtaką spalvos pokyčiams turi spinduliuojamų spindulių intensyvumas ir temperatūra [18].

Spalvos pokytį  $\Delta E^*_{ab}$  taip pat nustatinėjo mokslininkai 2007 metais. Tyrimams jie pasirinko šešiolika medienos rūšių: dvylika lapuočių ir keturius spygliuočius (13 pav.)



13 pav. Spalvos pokytis  $\Delta E^*$  įvairių rūšių lapuočių sendinant juos 120 valandų simuliacine vidaus patalpų sąlygas atitinkančia spinduliuote [19]

Kadangi, buvo aktualu nustatyti medienos senėjimo procesus vykstančius vidaus sąlygomis, tai sendinimui buvo naudojama ksenoninė lempa su 3 mm storio stiklo filtru. Sendinimo trukmė 120 valandų. Spalvos pokytis, kaip įprasta, buvo nustatomas CIE-  $L^*a^*b^*$  matavimo sistema ir įvertintas spalvos pokytis  $\Delta E^*_{ab}$ [19].

Taip pat moksliniame darbe buvo akcentuota, kad yra skirtingai vertinamas sulyginimas bandinių išbuvusių dirbtinai sukurtuose UV spinduliuose su natūraliai saulės šviesos veikiamų bandinių. Pagal ATLAS medžiagų tyrimų aiškinimą ekvivalentas tarp natūralių aplinkos sąlygų ir sendinimo dirbtina spinduliuote yra toks: sendinant 26 dienas dirbtinai sukurtoje spinduliuotėje prilygsta vienerius metus už stiklinio lango centrinėje Europoje (600 valandų). Chang ir Chang (2001 metai) teigė, kad tokiomis sąlygomis būnant spygliuočiams, vidaus sąlygomis veikiant UVA-351 dirbtinai sukurtais spinduliais 16 dienų gali atitikti spalvos pokyčius natūraliai medienai išbūnant 5 metus vidaus sąlygomis. Wu (2002 metais) nustatė, kad bambuko medieną veikiant UVA-351 lempos šviesa 32 dienas, tai atitinka 22 metus [19].

Vengrijos mokslininkai tyrė trejas medienos rūšis: baltažiedę robiniją (*lot. Robinia pseudoacacia*), rinčiuotąją buką (*lot. Fagus crenata*) ir pilkosios tuopos (*lot. Populus canescens*) medieną, sendinant šiuos medienos bandinius trimis skirtingais būdais: saulės šviesa (200 val.), ksenonine lempa (200 val.), ir gyvsidabrio lempa (20 val.). Atlikus tyrimą mokslininkai nustatė, kad didžiausi pasikeitimai yra pastebimi gyvsidabrio lempos sendintų bandinių.

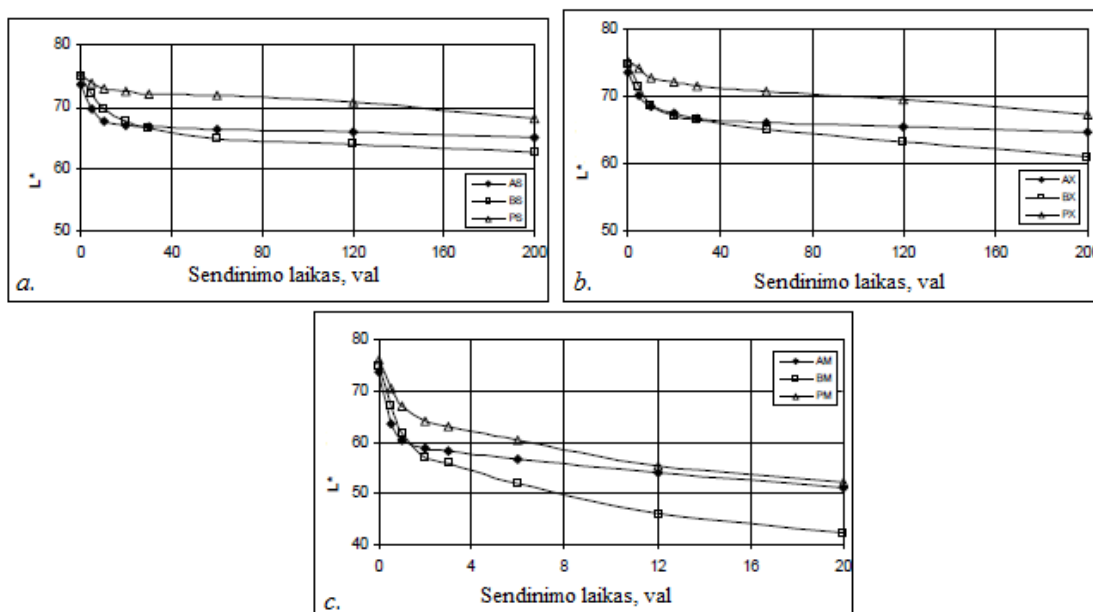
Sendinimas ksenonine lempa yra plačiai paplitęs. Nors ksenoninė lempa neskleidžia UVB spindulių, kai tuo tarpu mus kuo toliau, tuo labiau Žemę pasiekia platesnis UV spindulių spektras, dėl nykstančio ozono sluoksnio. Gyvsidabrio lempos skleidžiamų spindulių spektras yra daug platesnis nei ksenoninės.

Buko mediena turi vidutinį ekstraktinių medžiagų kiekį, kas dažniausiai turi įtakos medienos nusispalvinimui veikiant saulės šviesa.

Natūraliomis aplinkos sąlygomis sendinti bandiniai nuo 2003 metais nuo gegužės 5 dienos iki rugpjūčio 19 dienos (oro temperatūra 16-41°C, maksimalus santykinis oro drėgnis 80% ir vidutinis saulės intensyvumas 436-459W/m<sup>2</sup>) Takajamije (Japonija). Ksenoninės lempos intensyvumas 180 W/m<sup>2</sup>, spindulių ilgis 300-400 nm, 63°C ir santykinis drėgnis 50%. Gyvsidabrio lempos parametrai: galiosumas 320 W, UV-A 31% (380-315 nm), 24 % UV-B (315-280 nm) ir 25 % UV-C (>280 nm). Spalvos pokyčiai buvo matuojami prieš ir po sendinimo.

Šiame straipsnyje teigiama, kad didžiausią įtaką spalvos pokyčiams turi ekstraktinės medžiagos medienoje, nes spalvų pasikeitimas priklauso nuo cheminių pokyčių ekstraktinėse medžiagose. Celiuliozės, hemiceliuliozės ir lignino pokyčiai buvo tyrimi IR spektroskopu. Ekstraktinių medžiagų pokyčiai negali būti nustatomi IR spektroskopu, nes jų koncentracija yra sąlyginai maža. Medienos IR spektroskopine analizė yra sudėtingas procesas, nes jos sudėtinga cheminė struktūra [20].

UV spinduliai įtakoja ekstraktinių medžiagų greitą oksidavimąsi.



14 pav. Šviesumo L\* pokyčiai baltažiedės robinijos (A), buko (B) ir tuopos (C), sendinant bandinius natūraliomis sąlygomis (S) (pav. a), ksenononine lempa (X) (pav. b) ir gyvsidabrio lempa (M) (pav. c) [20]

Bandiniai sendinti ksenononine lempa pasižymi didesniu spalvos pokyčiu nei sendinti natūraliai saulės šviesoje. Bandinių senditų gyvsidabrio lempa spalvos pokytis išliko intensyvus visa sendinimo laiką, nors sendinimo laikas buvo 10 kartų trumpesnis nei sendinant kitais metodais. Gyvsidabrio lempa įtakoja didesnę spalvos pokytį, nes jos spindulių emisijos spektras yra UV spindulių diapazone (80%).

Baltažiedės robinijos spalvos pokyčio intensyvumas yra didžiausias sendinimo pradžioje. Lignino struktūros irimas yra sąlyginai nedidelis lyginant buko ir tuopos medieną per 10 valandų. Tokie rezultatai parodo, kad baltažiedėje robinijoje esančios ekstraktinės medžiagos yra labai jautrios fotodestrukcijai ir veikiant UV spinduliais skilimo produktai apsaugo ekstraktines medžiagas ir dalinai ligniną [20].

## **Technologiniai procesai iki apdailos ir jų įtaka apdailinamam paviršiui**

Analizuojant faneruotos plokštės paruošimą apdailai yra visa eilė technologinių procesų: pjaustymas, faneravimas, kraštų apdaila, gręžimas. Norint gerai suprasti apdailinamo paviršiaus savybes ir galimus defektus pirmiausia aptarsime apdirbama paviršių, koku būdu jis yra gaunamas ir kokios yra naudojamos medžiagos.

Faneruota medienos drožlių plokštė yra gaunama faneruojant drožtiniu lukštu medienos drožlių plokštę. Visos technologijos proceso eiga galima išskirti į kelis etapus:

- apklotų paruošimą;
- faneravimą;

### **3.1 Lukšto paklotų paruošimas ir jų įtaka apdailinimo procesui**

Svarbią vietą užima lukšto apklotų paruošimas, kadangi faneruotas paviršius dažniausiai būna gerai matomas ir jam keliami didžiausi reikalavimai. O taip pat dalinai nuo lukšto kokybės ir apklotų paruošimo priklauso apdailinamo paviršiaus kokybė.

Lukšto apklotų gamyba susideda iš lukšto juostelių (dar vadinamų lamelėmis ir lystelėmis) sujungimo ilgio atžvilgiu. Kaip yra žinoma, baldinių skydų apdailai yra naudojamas drožtinis medienos lukštas (15 pav.).



15 pav. Drožtinis lukštas [21]

Drožtinis lukštas - tai plona lakštinė medžiaga, gaunama bepjuveniu drožimo būdu ir naudojama skydinių detalių apdailai (dekoratyviniam paviršiaus padengimui) [21].

Drožtinis lukštas gaminamas nuo 0,1 iki 1,0 mm storio.. Tačiau labai plonas lukštas gaminamas rečiau, paprastai iš padrikai akytų lapuočių medienos rūšių lukštas gaminamas nuo (0,4 mm iki 1,0 mm storio, o iš žiedaindžių lapuočių rūšių - nuo 0,8 iki 1,0 mm

Pagal drožimo kryptį drožtinis lukštas skirstomas į:

- spindulinis lukštas R;
- tangentinis T;
- tangentinis - galinis TG;
- pusiau spindulinis PR;

Pagal plotį ir defektų skaičių skirstomas į:

- I rūšies: plotis daugiau už 120 mm, be defektų;
- II rūšies, plotis daugiau už 80 mm, leidžiami defektai;

Tolimesnis lukšto juostelių sujungimas į lukšto apklotus yra:

- lukšto juostelės yra apdirbamos skersai pluošto krypties;
- lukšto juostelės apdirbamos išilgai pluošto;
- paruoštos tolimesnei operacijai lukšto juostelės išrūšiuojamos;
- taikomas tiesioginis klijų tepimo būdas ir lukšto juostelės yra suklijuojamos naudojant klijus - lydalus;
- sutvirtinami apklotų galai naudojant termoplastinį siūlą;

Taigi lukšto apklotų paruošimas turi didelę reikšmę, nes apdailos metu gali išryškėti tokie lukšto paruošimo defektai kaip:

- blogas juostelių suklijavimas - lieka tarpas tarp lukšto juostelių;
- rąstų drožimo proceso metu gauti paviršiaus defektai;
- lukšto drėgnis, esant didesniam drėgniui po faneravimo proceso, pašalinus drėgmei tarp lukšto juostelių lieka plyšys;
- lukšto kokybės defektai: neleidžiamo ilgio ir pločio šerdies spinduliai, didelė koncentracija mineralinių linijų, iškritusios šakos, platūs indai, medienos nusispalvinimai ir kita;



### **3.2 Plokštumų faneravimas ir jo įtaką apdailinimo procesui**

Plokštumų faneravimas - tai toks technologinis procesas, kurio metu:

- medienos drožlių plokštė, supjauta į reikiamų matmenų ruošinius, taikant sausą karštą faneravimo būdą, yra sutepama klėjais iš abiejų pusių. Klijų tepimas vyksta naudojant klijų tepimą velenais;
- tada yra formuojamas paketas - išoriniai sluoksniai - lukštas + lukštas arba lukštas + kompensacinis popierius, vidinis - medienos drožlių plokštė;
- suformuotas paketas patenka į praeinamo tipo faneravimo presą, kuriame jau pagal technologinius režimus yra išlaikomas tam tikrą laiką;
- supresuotas paketas aušinamas;

Faneravimo metu pasitaikantys defektai, įtakojantys apdailos procesą:

- faneravimo metu už apkloto pakliuvusios šiukšlės - matomas iškilimas apdailintame paviršiuje;
- technologinio proceso režimų nukrypimai - pakilę lukšto apklotai įtakoją paviršiaus prasišlifavimus;

Taigi, ne vien tik apdailos technologinio proceso technologiniai režimai turi įtakos faneruotiems apdailintiems paviršiams. Visi prieš tai atliekami technologiniai procesai vienaip ar kitaip įtakuoja apdailinamą paviršių.

### **Plokščių paviršių apdailinimo galimybės**

Šiame darbe analizuojame masinėje gamyboje naudojamas apdailos medžiagas ir jų užnešimo ant apdailinamo paviršiaus technologijas. Taigi, nagrinėsime tuos atvejus, kai paviršiai yra apdailinami ne rankiniu būdu, o naudojant įrengimus.

Apdailos medžiagos pagal konsistenciją yra skirstomos į [21]:

- miltelines;
- skystas;

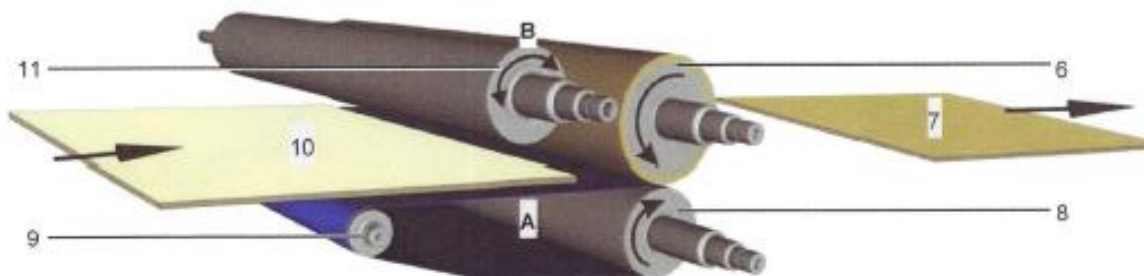
Miltelinių apdailos medžiagų panaudojimas medienos paviršiams dažyti vis dar yra iššūkis, nes atsižvelgiant į miltelinių apdailos medžiagų technologinį procesą, kuris susideda iš paruošimo ir džiovavimo, dažymo, kaitinimo ir transportavimo, karštis iššaukia dervingų medžiagų judėjimą į medienos paviršių. Tačiau miltelinės apdailos medžiagos plačiai naudojamas metalinėms detalės dažyti, kai yra panaudojamas elektrostatinis laukas ir miltelinės apdailos medžiagos tiesiog prilimpa prie specialiai paruošto apdailinti paviršiaus ir dėl karščio išsilydo. [21]

Taigi aptarsime skystas apdailos medžiagas, kurių padengimas gali būti kelių rūšių:

- kontaktinis apdailos medžiagų padengimas - nuolatinis kontaktas tarp trijų elementų: mechanizmo (įrenginio) – apdailos medžiagų - paviršiaus;
- purškimo, kur skysta danga yra paverčiama į smulkius lašelius ir yra purškiama į paviršių;

Dengimas besisukančiais cilindrais (velenais). Besisukantis cilindras, tiesiogiai kontaktuoja su medžiaga, paskirsto apdailos medžiagą ant ruošinio paviršiaus. Tačiau dėl savo specifinės konstrukcijos, cilindrais užtepti galima tikrai ant visiškai lygaus paviršiaus [22]

Besisukančių cilindų apdailos medžiagos užnešimo principas.



6 – Užtepimo velenas; 7 – Ruošiny po dengimo; 8 – Priešpriešinis velenas; 9 – Gražinimo velenas; 10 – Ruošiny prieš dengimą; 11 – Dozavimo velenas;

16 pav. Velenais apdailinamų detalių apdailos medžiagų užnešimo principas [22]

Užliejimas ištisinės užuolaidos principu. Šis metoas taip pat naudojamas tikrai lygiems paviršiams apdailinti. Šiuo būdu plėvelė formuojama tekant skystai apdailos medžiagai pro siaurą plyšelį arba nuo specialaus paviršiaus.

Srovinis užliejimas. Šiuo būdu apdailos medžiagos yra užliejamos virš apdailinamų detalių. Kai kuriose sistemose apdailos medžiagos yra išpurškiamos mažame slėgyje su rupiais purkštukais ant kabančių gaminių konvejeriuose. Šis metodas priskiriamas labiau prie kontaktinių metodų nei prie

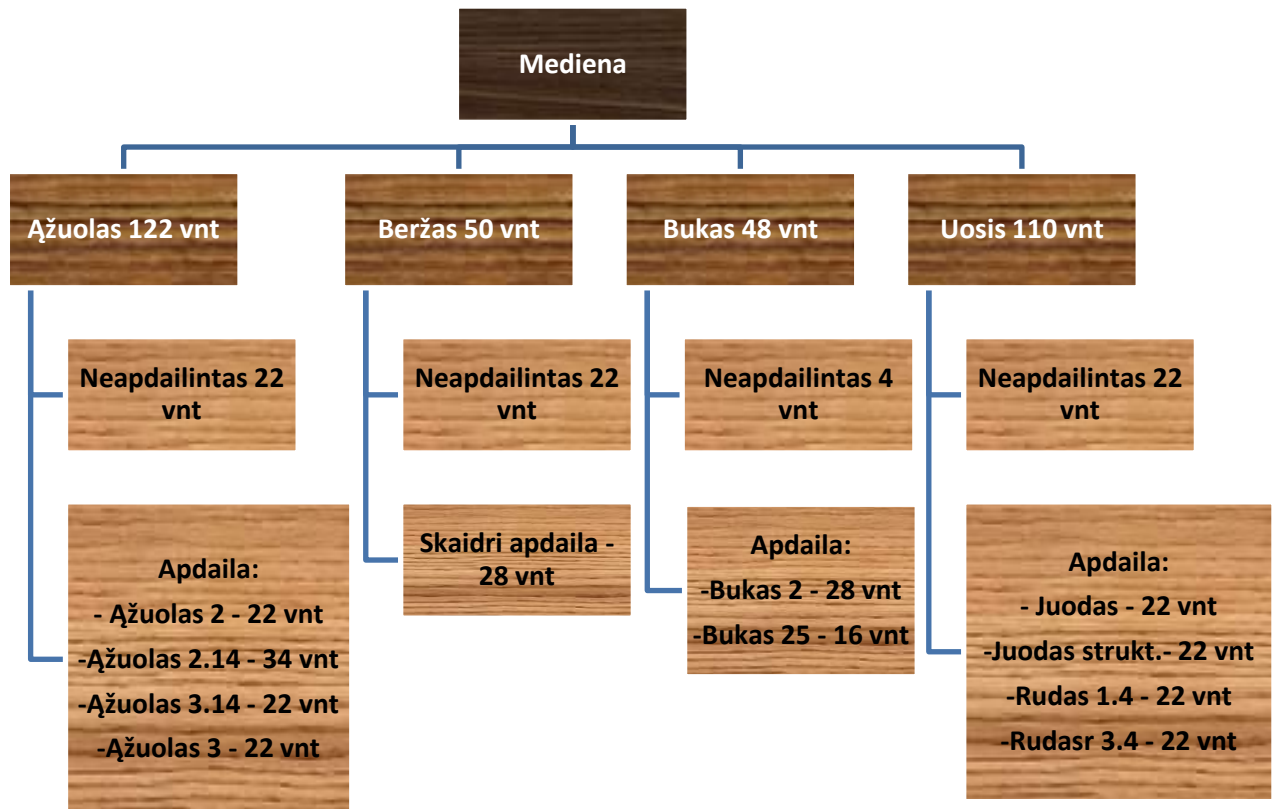
purškimo. Srovinio užliejimo privalumas - didelis našumas. Srovinis užliejimas gali būti su dangos išlyginimu arba be dangos išlyginimo

Vakuuminis dengimas. Automatiniai vakuuminiai įrenginiai naudojami ilgiems ir siauriems tiek lygiems, tiek profiliuotiems elementams dengti. Šis metodas yra labai našus, be to profiliuoti gaminiai padengiami vienu metu iš visų pusių. Tačiau vakuuminių pompų priežiūra yra labai sudėtinga ir jos sąnaudos energijai yra didelės [21].

## Tyrimų metodika

### 5.1 Bandiniai

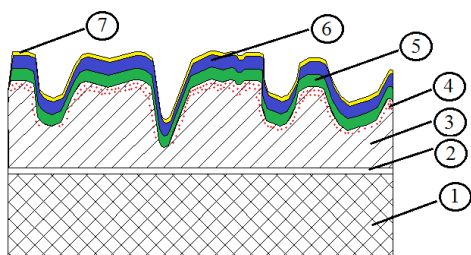
Tyrimams atlikti buvo naudojami faneruoti neapdailinti ir apdailinti medienos paviršiai:



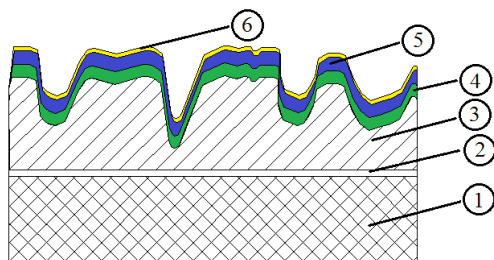
17 pav. Tyrimams naudotos bandinių grupės

Tyrimams atlikti buvo naudojami bandiniai, kurių matmenys 50x50x16 mm. Bandiniai išdžiovinti iki santykinio drėgno 8-10%. Tyriami buvo spindulinis ir tangentinis paviršiai. Faneruoti ruošiniai prieš

apdailą buvo paruošiami atitinkamai pagal poreikį: taikomas tik pirminis šlifavimas, arba taikomas ir paviršiaus struktūrizavimas ir tada atitinkamai pagal apdailos technologiją paviršiai apdailinami UV linijoje. Apdailos medžiagos ant apdailinamo paviršiaus sudaro tam tikrus sluoksnius, tai galima pavaizduoti schematiškai priklausomai nuo apdailos technologijos ir naudojamų medžiagų (18 pav. ir 19 pav.). 18 paveiksle pateikiamas schematinis apdailos medžiagų pasiskirstymas kai taikomos neskaidrios apdailos medžiagos. Taip pat šią schematinę schemą galime pritaikyti skaidrių, bet struktūrizuotų paviršių apibūdinimui, kada yra naudojamas izoliacinis gruntas (dar vadinamas porų gruntu). 19 paveiksle pateikiamas skaidrioms apdailos medžiagoms būdingas apdailos medžiagų pasiskirstymas.



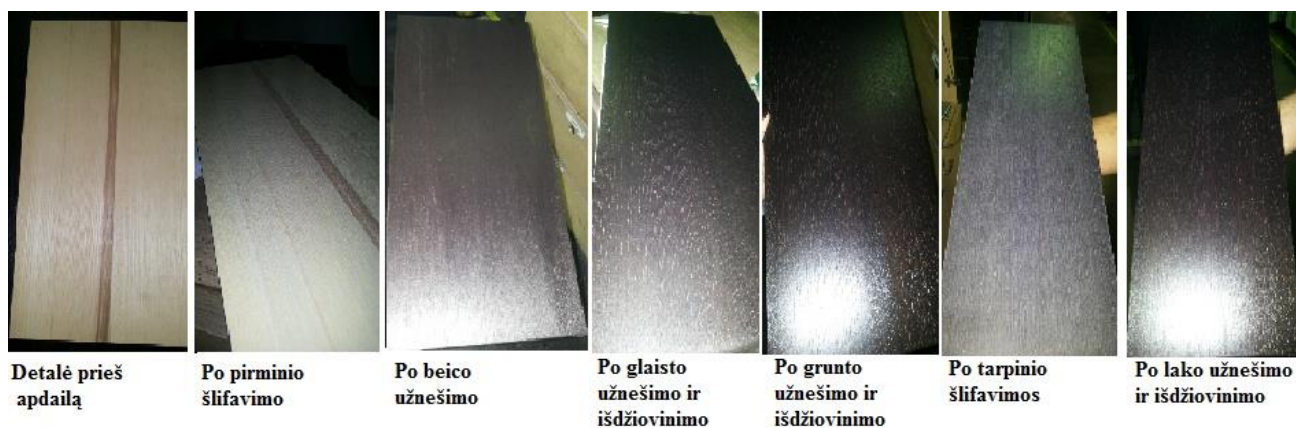
18 pav. Apdailos medžiagų sluoksniai padengiant paviršių neskaidriomis apdailos medžiagomis; 1-medienos drožlių plokštė; 2-klijai; 3- lukštas; 4-beicas (dažalas) 5-glaistas; 6-gruntas; 7-lakas



19 pav. Apdailos medžiagų sluoksniai padengiant paviršių skaidriomis apdailos medžiagomis; 1-medienos drožlių plokštė; 2-klijai; 3- lukštas; 4-glaistas; 5-gruntas; 6-lakas;



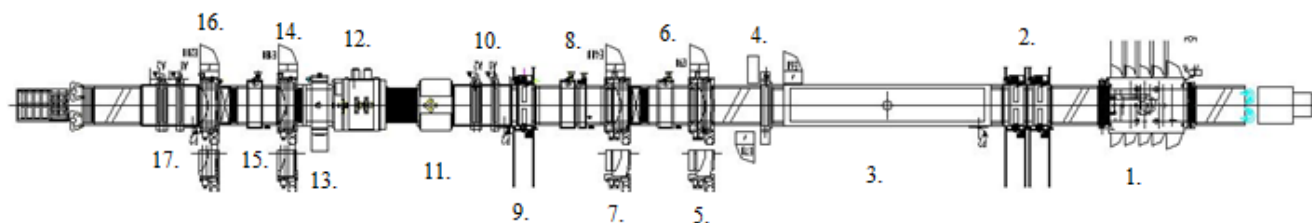
20 pav. Nuotraukos darytos po kiekvieno „Ažuolas 3“ apdailos užnešimo etapo



21 pav. Detalės padengimas UV apdailos medžiagomis - "Uosis juodas" apdailos technologija

UV apdailos linija

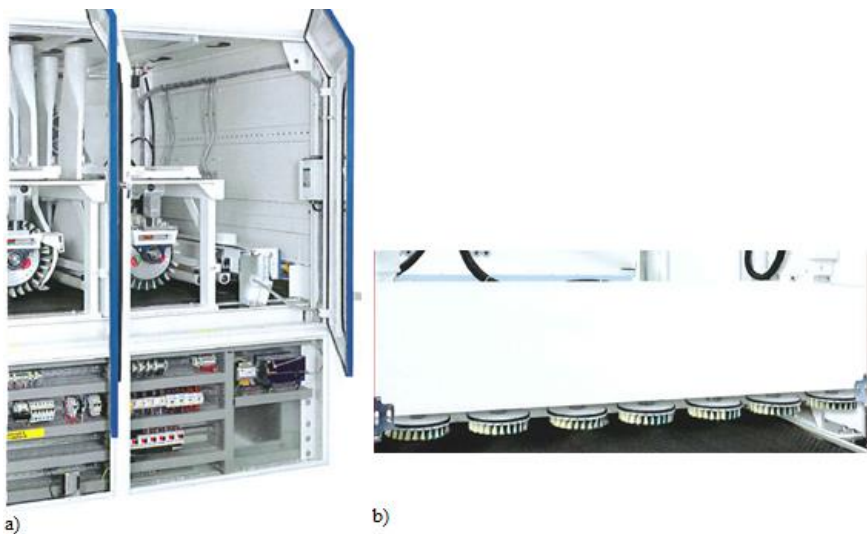
Apdailos medžiagos dengiamos automatinėje linijoje esančiais įrenginiais



22 pav. UV linijos įrengimų išdėstymas: 1 - Pirminis šlifavimas "Heesemann MFA 10"; 2 - Dvejos veleninės beico (dažalo) užnešimo staklės "Sorbini"; 3 - Konvekinė beico džiovykla " BURKLE JET-TRUDE "; 4 - Lyginimo kalandras "Burkle GLK"; 5 - Veleninis glaisto užnešimas "Burkle"; 6 - Dviejų lempų UV džiovykla "Cefla"; 7 - Veleninis glaisto užnešimas "Burkle"; 8 - Dviejų lempų UV džiovykla "Cefla"; 9 - Veleninis grunto užnešimas "Sorbini"; 10 - Trijų lempų UV džiovykla "Cefla"; 11 – Wikoma; 12 - Tarpinis šlifavimas "DMC - Unisand 2000"; 13 - Dulkių valymas "Sorbini"; 14 - Veleninis UV lako užnešimas "Burkle"; 15 - Dviejų lempų UV džiovykla "Burkle"; 16 - Veleninis UV lako užnešimas "Burkle"; 17 - Trijų lempų UV džiovykla "Burkle"; [23]

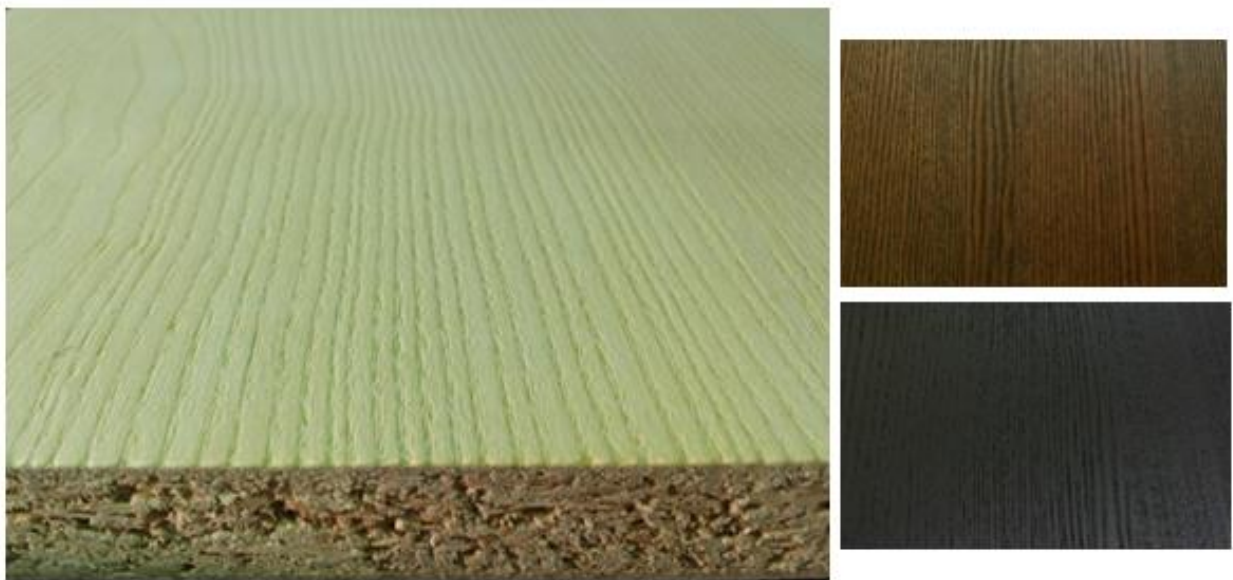
Platesnė informacija apie įrenginių technines charakteristikas pateikia Prieduose "Priedas 1"

Taikant paviršiaus struktūrizavimą po pirminio šlifavimo jis atliekamas „Heesemann“ firmos struktūrizavimo staklėmis, kuriose yra naudojami 3 cilindriniai „Anderlon“ struktūrizavimo šepečiai (23 pav.a) ir vienas iš diskinių šepečių sudarytas sąstatas (23pav. b)



23 pav. „Heesemann“ struktūrizavimo staklės: cilindriniai struktūrizavimo šepėčiai (a) ir diskinių šepėčių sąstatas (b) [24]

Taikant paviršiaus struktūrizavimą yra išryškinama medienos tekstūra ir jos dekoratiškumas. Priešingai nei būdinga daugumai medienai taikomų apdailų nėra siekiama gauti kuo lygesnį paviršių, o kaip tik išryškinti skirtumą tarp ankstyvosios ir vėlyvosios medienos ir kitų medieną sudarančių elementų (šerdis spindulių, indų).



24 pav. Bandinių faneruotų uosio mediena paviršiaus struktūrizavimas ir taikomos apdailos „Uosis juoda“ (dešinėje viršuje) ir „Uosis rudas 1,4“ (dešinėje apačioje)



5 lentelė. Ažuolo medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: „Ažuolas 2“, „Ažuolas 3“, „Ažuolas 2 1.4“, ir „Ažuolas 2 3.4“ [23]

Apdailos technologija		Ažuolas 2	Ažuolas 3	Ažuolas 2 1.4	Ažuolas 2 3.4
Operacija	Įrengimas	Naudojamos medžiagos			
Pirminis šlifavimas	Heesemann-plačiajuostės šlifavimo staklės	Skersinis - P 100 Išilginis - P 120 P 150	Skersinis - P 100 Išilginis - P 120 P 150	Išilginis - P 100 P 120 P 150	
Paviršiaus struktūrizavimas	Heesemann – šepetinės šlifavimo staklės	netaikoma	netaikoma	P80, P80, P120, RUT metaliniais šereliais, fladeris P280/P220	
Izoliacinis gruntas	SORBNI beicavimo staklės	netaikoma	netaikoma	B. ACROMA izoliacinis gruntas 46 g/m <sup>2</sup>	
Džiovinimas	Džiovykla BURKLE JET	netaikoma	netaikoma	80 C <sup>0</sup> /IRM 65%	
Glaistymas/gruntavimas	SORBINI - glaisto įrenginys su įtrinimo velenu	Herlac glaistas 10-13g/m <sup>2</sup>	Herlac glaistas 10-13g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA gruntas 9,6 g/m <sup>2</sup>	
Glaisto/grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 100-140 mJ/cm <sup>2</sup>			
Glaistymas/gruntavimas	SORBINI - glaisto užnešimo įrenginys be įtrinimo veleno	Herlac glaistas 10-12g/m <sup>2</sup>	Herlac glaistas 10-12g/m <sup>2</sup> + koncentratas	B. ACROMA gruntas 7,8 g/m <sup>2</sup>	
Glaisto/gruntodžiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 100-140 mJ/cm <sup>2</sup>			
Gruntavimas	SORBINI - grunto užnešimo įrenginys	Herlac gruntas 11-15 g/m <sup>2</sup>	Herlac gruntas 11-15 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA gruntas 8,1 g/m <sup>2</sup>	
Grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 250-280 mJ/cm <sup>2</sup>			
Tarpinis šlifavimas	DMC - plačiajuostės šlifavimo staklės	MIRCA - šlifavimo diržai Cilindriniam bloke – P400/P500 Segmentiniame bloke P600		MIRCA - šlifavimo diržai Cilindriniam bloke – P360 Segmentiniame bloke P600	
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	Herlac lakas 2,5 - 3 g/m <sup>2</sup> detalių blizgesiui pakelti IL 033	Herlac lakas 1,5 - 3 g/m <sup>2</sup> + koncentratas	B. ACROMA lakas 3,5 g/m <sup>2</sup>	
Lako džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 100-145 mJ/cm <sup>2</sup>			
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	Herlac lakas 1,5 - 3 g/m <sup>2</sup> Detalių blizgesiui pakelti lakas IL 033	Herlac lakas 1,5 - 3 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA lakas 4,0 g/m <sup>2</sup>	
Lako džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 250 -300 mJ/cm <sup>2</sup>			

6 lentelė. Buko medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: „Bukas 2“ ir „Bukas 25“ [23]

Apdailos technologija		Bukas 2	Bukas 25
Operacija	Įrengimas	Naudojamos medžiagos	
Pirminis šlifavimas	Heesemann-plačiajuostės šlifavimo staklės	Skersinis - P 120 Išilginis - P 120 P 150	Skersinis - P 100 Išilginis - P 120 P 120
Beicavimas	SORBINI beicavimo staklės	netaikoma	B.ACROMA beicas 18-23 g/m <sup>2</sup>
Beico džiovinimas	Džiovykla BURKLE JET-TRUDE	netaikoma	70-75 C <sup>0</sup>
Glaistymas	SORBINI - glaisto įrenginys su įtrinimo velenu	Herlac glaistas 10-13 g/m <sup>2</sup>	B.ACROMA glaistas 15-17 g/m <sup>2</sup>
Glaisto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG minimalus UV B energijos kiekis 160 mj/cm <sup>2</sup>	UV lempa HG minimalus UV energijos kiekis 100 mj/cm <sup>2</sup>
Glaistymas/gr untavimas	SORBINI - glaisto užnešimo įrenginys be įtrinimo veleno	Herlac glaistas 10-12 g/m <sup>2</sup>	B.ACROMA glaistas 8-10 g/m <sup>2</sup>
Glaisto/grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 160 mj/cm <sup>2</sup>	UV lempa HG Minimalus UV energijos kiekis 100 mj/cm <sup>2</sup>
Gruntavimas	SORBINI - grunto užnešimo įrenginys	Herlac gruntas 11-15 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA gruntas 8-12 g/m <sup>2</sup>
Grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 325 mj/cm <sup>2</sup>	UV lempa HG Minimalus UV energijos kiekis 250 mj/cm <sup>2</sup>
Tarpinis šlifavimas	DMC - plačiajuostės šlifavimo staklės	MIRCA - šlifavimo diržai Cilindriniam bloke - P 400/P500 Segmentiniame bloke P600	
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	Herlac lakas 1,5 - 3 g/m <sup>2</sup> + koncentratas	B. ACROMA lakas 2-3 g/m <sup>2</sup> + koncentratas (+ lakas detalių blizgesiui pakelti)
Lako džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 160 mj/cm <sup>2</sup>	UV lempa HG Minimalus UV energijos kiekis 100 mj/cm <sup>2</sup>
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	Herlac lakas 1,5 - 3 g/m <sup>2</sup> + koncentratas	B. ACROMA lakas 2-3 g/m <sup>2</sup> + koncentratas (+ lakas detalių blizgesiui pakelti)
Lako džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 325 mj/cm <sup>2</sup>	Minimalus UV energijos kiekis 250 mj/cm <sup>2</sup>



7 lentelė. Uosio medienai taikomų apdalos medžiagų technologiniai režimai: "Uosis juodas", „Uosis juodas strukt.“, „Uosis rudas 1.4“ ir „Uosis rudas 3.4“ [23]

Apdailos technologija		Uosis juodas	Uosis juodas strukt.	Uosis rudas 1.4	Uosis rudas 3.4
Operacija	Įrengimas	Naudojamos medžiagos			
Pirminis šlifavimas	Heesemann-plačiajuostės šlifavimo staklės	Skersinis - P 100 Išilginis - P 100 P 120	Skersinis - P 100 Išilginis - P 100 P 100		
Paviršiaus struktūrizavimas	Heesemann – šepetinės šlifavimo staklės	netaikoma	P80, P80, P120, RUT metaliniais šereliais, fladeris P280/P220		
Beicavimas	SORBNI beicavimo staklės	B.ACROMA beicas 40 g/m <sup>2</sup>	B.ACROMA beicas 37 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA beicas 37 g/m <sup>2</sup>	
Beico džiovinimas	Džiovykla BURKLE JET	80 C <sup>0</sup>			
Glaistymas/gruntavimas	SORBINI - glaisto įrenginys su įtrinimo velenu	B. ACROMA glaistas 25g/m <sup>2</sup>	B.ACROMA glaistas+glaistas su spalva	B. ACROMA gruntas (10g/m <sup>2</sup> prieš įtrinimą – po 6 g/m <sup>2</sup> )	
Glaisto/grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 100 mj/cm <sup>2</sup>			
Gruntavimas	SORBINI - glaisto užnešimo įrenginys be įtrinimo veleno	B.ACROMA gruntas 6-11 g/m <sup>2</sup>	B.ACROMA gruntas 7,2 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA gruntas 8,7 g/m <sup>2</sup>	
Grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 250 mj/cm <sup>2</sup>			
Gruntavimas	SORBINI - grunto užnešimo įrenginys	B.ACROMA gruntas 6-11 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA gruntas 7,2 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA gruntas 7,4 g/m <sup>2</sup>	
Grunto džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 340 mj/cm <sup>2</sup>			
Tarpinis šlifavimas	DMC - plačiajuostės šlifavimo staklės	MIRCA - šlifavimo diržai Cilindriniam bloke - P 800 Segmentiniame bloke P800	MIRCA - šlifavimo diržai Cilindriniam bloke - P 240 Segmentiniame bloke P800		
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	B. ACROMA lakas 2 - 3 g/m <sup>2</sup>	B. ACROMA lakas 3,5 g/m <sup>2</sup>		
Lako džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 170 mj/cm <sup>2</sup>			
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	B. ACROMA lakas 2 - 3 g/m <sup>2</sup> Detalių blizgesiui pakelti lakas IL 033	B. ACROMA lakas 4 g/m <sup>2</sup>		
Lako džiovinimas	UV džiovykla	UV lempa HG Minimalus UV B energijos kiekis 250 mj/cm <sup>2</sup>			

\*tarpinio šlifavimo nušlifuojamo grunto kiekis 3-4 g/m<sup>2</sup>

8 lentelė. Beržo medienai taikomų apdailos medžiagų technologiniai režimai: "Skaidri apdaila" [23]

Operacija	Įrengimas	Naudojamos medžiagos
Pirminis šlifavimas	Heesemann- plačiajuostės šlifavimo staklės	Skersinis - P 150 Išilginis - P 150 P 180
Glaistymas	SORBINI - glaisto įrenginys su įtrinimo velenu	Herlac glaisto sąnauda - 10-13g/m <sup>2</sup>
Glaisto džiovinimas	UV džiovykla	Minimalus UV B energijos kiekis 100-140mJ/cm <sup>2</sup>
Glaistymas	SORBINI - glaisto įrenginys su įtrinimo velenu	Herlac glaisto sąnauda - 10-12g/m <sup>2</sup>
Glaisto džiovinimas	UV džiovykla	Minimalus UV B energijos kiekis 100-140mJ/cm <sup>2</sup>
Gruntavimas	SORBINI - glaisto užnešimo įrenginys be įtrinimo veleno	Herlac grunto sąnauda - 11-15 g/m <sup>2</sup>
Grunto džiovinimas	UV džiovykla	Minimalus UV B energijos kiekis 250-280 mJ/cm <sup>2</sup>
Tarpinis šlifavimas	DMC - plačiajuostės šlifavimo staklės	Cilindriniam bloke - P 400/ P500 Segmentiniame bloke P600
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	Herlac lako sąnauda - 1.5 - 3 g/m <sup>2</sup>
Lako džiovinimas	UV džiovykla	Minimalus UV B energijos kiekis 100-145 mJ/cm <sup>2</sup>
Lakavimas	BURKLE - lako užnešimo įrenginys	Herlac lako sąnauda - 1.5 - 3 g/m <sup>2</sup> Detalių blizgesiui pakelti lakas IL 33
Lako džiovinimas	UV džiovykla	Minimalus UV B energijos kiekis 250-300 mJ/cm <sup>2</sup>

\* Nušlifuojamo grunto kiekis 2-4 g/m<sup>2</sup>

Šiomis apdailos medžiagomis dengti paviršiai atitinka ISO 12720 „Baldai. Paviršiaus atsparumo šaltųjų skysčių poveikiui įvertinimas“ keliamus reikalavimus. Paviršių atsparumas šaltiems skysčiams yra nustatomas atliekant šiuos testus:

- Kavos – 1 valandą pagal standartą EN 12720
- Vandens – 16 valandų pagal standartą EN 12720
- Riebalų (skysto parafino) – 24 valandų pagal standartą EN 12720

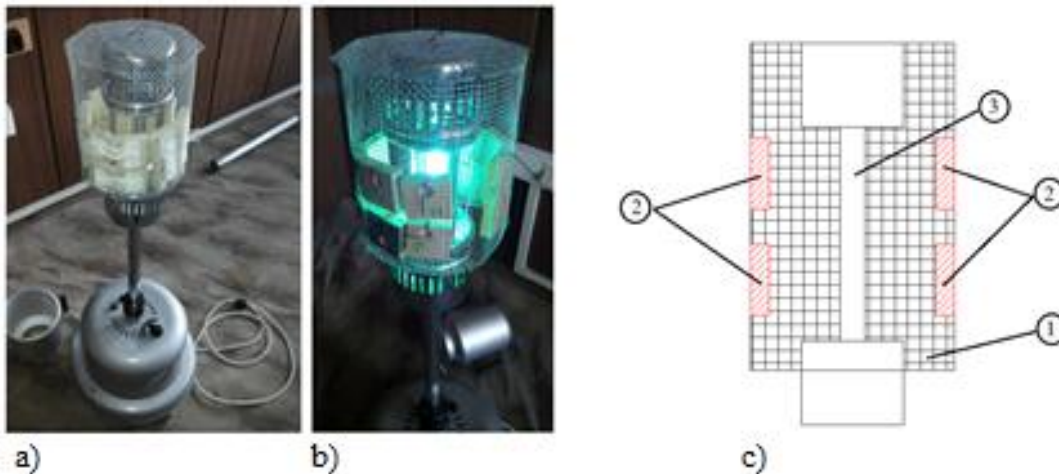
Atsparumas šaltiems skysčiams yra vertinimas balais nuo 1 iki 5 : 1 – paviršius stipriai paveiktas – 5 – pakitimų nerasta;

## 5.2 Paviršių sendinimas

Bandinių paviršiai sendinami trimis būdais:

- Kvarcine lempa;
- Specialiame UV spindulių stende;
- Natūraliomis sąlygomis  $45^\circ$  laipsnių kampu prie lango (laikotarpiu 2014.05.01-2015.05.01)

### 5.2.1 Sendinimas kvarcinė lempa



25 pav. Kvarcinė lempa su specialiu tinkleliu: a – bendras vaizdas; b – veikianti lempa; c – lempos schema : 1 – specialus tinklelis; 2 – bandiniai; 3 – kvarcinė lempa;

Sendinimo metodas buvo pasirenkamas remiantis ISO 11341 ir ISO 11507 standartais. Tyrimams atlikti buvo naudojama kvarcinė lempa „DRT 1000“, spinduliuojanti spindulių spektrą srityje 248-580 nm [25]. Lempa sudaryta iš kvarcinio stiklo vamzdelio – kolbos, kurios galuose yra įlyditi elektrodai. Kolbos vidus yra pripildytas gyvsidabriu ir argonu. Lempos veikimo principas yra UV spindulių spinduliavimas iš gyvsidabrinio lankelio. Tyrimams atlikti buvo specialiai sukurtas tinklelis, kuris leido išdėstyti bandinius aplink lempą. Tinklelis specialios konstrukcijos - leidžiantis aplinkos orui kondicionuoti per bandinius ir aušintis kaistančiais lempai.

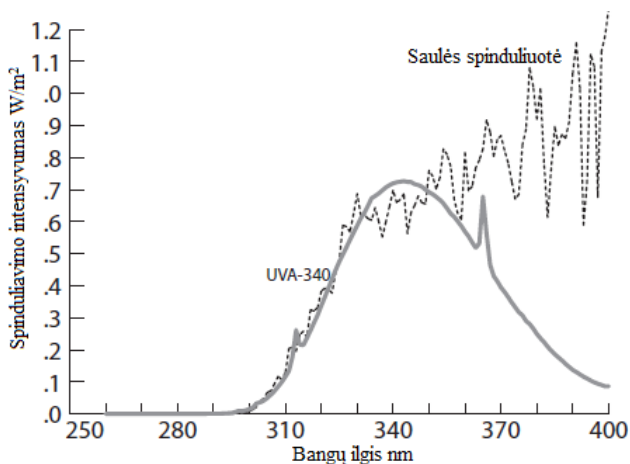
Sendinimas vyko cikliška: 15 min intensyviai veikia kvarcinė lempa – bandiniai sendinami, 15 minučių kvarcinė lempa išjunginama – vyksta bandinių kondicionavimas. Po kiekvieno ciklo nuimama po vieną bandinį ir taip cikliška tai kartojama 15 kartų, kol nuimamas paskutinis bandinys UV spinduliuose išbuvęs 225 min.

9 lentelė. Lempos „DRT 1000“ parametrai.

Parametras	Vienetai
Maitinimo įtampa	220 V
Starto srovė	11 A
Srovė	8,05+1,0 A
Įtampa	145 V
Galingumas	1000 W
Spinduliavimo intensyvumas	128 W/m <sup>2</sup>

### 5.2.2 Sendinimas UV stende

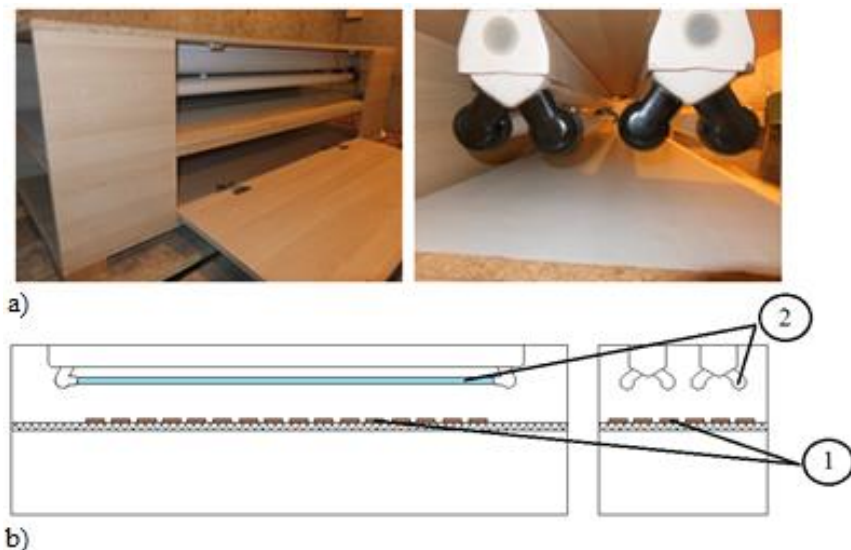
UVA lempos yra specialiai nudojamos skirtingų tipų polimerams, nes tokio tipo lempos neskleidžia trumpesnių nei 295 nm spindulių, kas pagreitina medžiagos ardymą (UVB spinduliai). Tokios lempos geriausiai atitinka natūraliai saulės skleidžiamus spindulius.



26 pav. Lempų UVA-340nm skleidžiamų bangų ilgio palyginimas su saulės spinduliuotės skleidžiamu spindulių bangų ilgiu.[26]

Bandinių sendinimui buvo specialiai sukonstruotas UV stendas remiantis standartu BS EN 927-6 (2006 m.). Stendą sudaro 4 viename lygmenyje išdėstytos lempos, kurių skleidžiamos šviesos bangos ilgis - 340nm (skleidžia UV-A spindulius), spinduliavimo intensyvumas - 0,71 W/m<sup>2</sup>, įkaitimo laipsnis - 62°C.

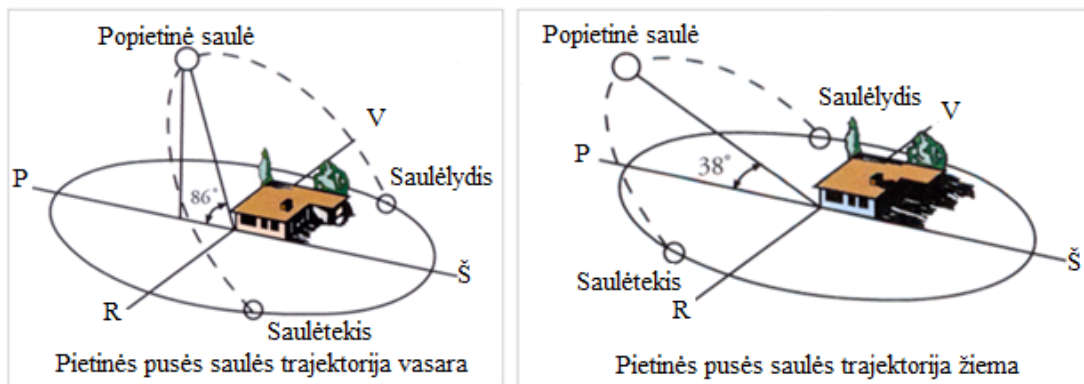
Bandiniai prieš sendinimą kondicionuojami patalpoje, kurios temperatūra  $20 \pm 2$  °C ir drėgmė  $65 \pm 5$  % (pagal ISO 554 standartą). Bandiniai į stendą talpinami trimis eilėmis ir pasirenkamas numatomas sendinimo laikas, atitinkamai 10, 30, 60, 100, 200 ir 300 valandų. Tyrimui su UV stendu buvo pasirinkta po 6 vienetus tam tikros apdailos medžiagomis dengti bandiniai.



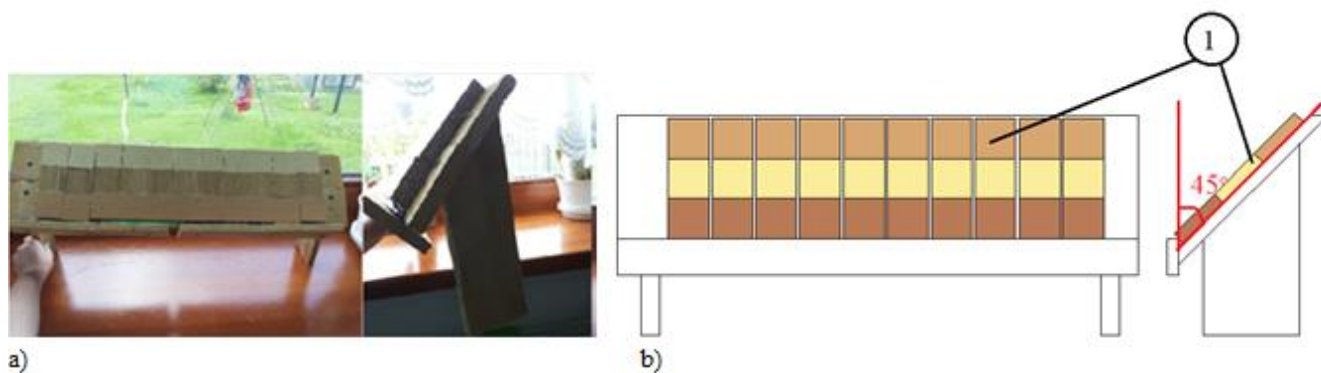
27 pav. UV stendas: a – bendras vaizdas; b – stendo schema: 1 – bandiniai; 2- UV lempos;

### 5.2.3 Sendinimas natūraliomis aplinkos sąlygomis

Kadangi tyrimai yra atliekami su apdailos medžiagomis, kurios yra skirtos dengti vidaus patalpose eksploatuojamiems baldams, tai ir sendinimas natūraliomis slygomis buvo vidaus patalpose. Buvo sudaromos aršiausios sąlygos – pasirinkta daugiausia saulės šviesos gaunanti pietinė namo pusė ir bandiniai sendinami arčiausiai lango – ant palangės. Saulės spinduliai bandinius pasiekdavo praėję pro trijų stiklų paketą. Sendinimo vietos geografinės koordinatės (platuma 54,9589, ilguma 23,9187). Bandiniai, kaip ir tyrimams su kitomis sendinimo priemonėmis buvo pasirinkti standartinių matmenų 50x50x16 mm, ir išdžiovinti iki eksploatacinio drėgumo 8%. Specialiai sendinimui suprojektuotas stendas, kad bandiniai būtų pasvirę  $45^\circ$  laipsnių kampu. Tyrimams buvo pasirinktos tik trys apdailos rūšys („Beržas skaidri apdaila“, „Bukas 2“ ir „Ažuolas 2 1.4“). Viso bandinių po 12 vnt kiekvienai apdailai ir bandiniai po vieną nuimami kiekvieno mėnesio pradžioje. Sendinimo pradžios 2014.05.01 – pabaigos 2015.05.01 laikas.



28 pav. Sendinimo natūraliomis sąlygomis patalpų orientavimas pagal pasaulio kryptis [11].



29 pav. Stendas sendinimui natūraliomis sąlygomis: a – bendri vaizdai; b – principinė schema: 1 – bandiniai;

### 5.3 Sendinimų įtakojamų pokyčių vertinimui naudojamos priemonės

Atlikus bandinių sendinimus skirtingais metodais buvo įvertinti bandinių koloristiniai ir blizgumo pokyčiai. Koloristinius bandinių pokyčiai buvo nustatomi spektrofotometru „X RiteColor“ (30 pav. a), o blizgumo pasikeitimas – blizgometru „Uni Gloss 60Plus“ (30 pav. b).



30 pav. Paviršiaus pokyčių matavimo prietaisai: a -spektrofotometras „X RiteColor“ [27]; b - Blizgometras „Uni Gloss 60Plus“ [28]

### 5. 3. 1 Bandinių spalvos matavimas

Bandinių spalvinės charakteristikos buvo nustatomos plačiai naudojamu CIE taikomu principu. 1931 metais CIE (arba tarptautinė apšvietimo komisija) standartizavo spalvos nustatymo sistemą nurodant šviesos šaltinį (arba apšvietimą), stebėtoją ir metodiką.

CIE spalvos sistemą sudaro trys kolorimetriniai parametrai, siekiant nustatyti spalvą tam tikroje spalvų erdvėje. Yra kelios spalvų erdvės:

- CIE XYZ;
- CIE L\*a\*b;
- CIE L\*C\*h\*;

Pagrindinė, kuria remiasi dauguma mokslinių darbų, yra CIE L\*a\*b – tai spalvų modelis, kuris aprašomas trimis koordinatėmis. Kur  $L$  - apibrėžia spalvos šviesumą,  $a$  - eina nuo žalios į neigiamas reikšmes iki raudonos, o  $b$  - nuo mėlynos į teigiamas reikšmes iki geltonos.

Spalvą prietaisai nustato tuo pačiu principu - surenkant ir filtruojant atspindėtus nuo matuojamo paviršiaus bangos ilgius. Šios reikšmės yra užrašomos kaip taško koordinatės ir yra įvardinamos kaip spektroskopiniai duomenys. Ir surinkus duomenis galime gauti spektroskopinę kreivę.

Spalva  $E^*_{ab}$  ir spalvos pokytis  $\Delta E^*_{ab}$  apskaičiuojami formulėmis:

$$\text{Spalva - } E^*_{ab} = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

čia  $E^*_{ab}$  – bendroji spalvos koordinatė

$L^*$  – šviesumo koordinatė

$a^*$  – žalios – raudonos spalvos koordinatė

$b^*$  – mėlynos – geltonos spalvos koordinatė

$$\text{Spalvos pokytis} \quad - \quad \Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_S^* - L_R^*)^2 + (a_S^* - a_R^*)^2 + (b_S^* - b_R^*)^2} \quad (2)$$

$\Delta E^*_{ab}$  – spalvos pokytis

$L_S^*$  – pradinė šviesumo koordinatė

$L_R^*$  – lyginamos spalvos šviesumo koordinatė

$a_S^*$  – pradinė žalios – raudonos spalvos koordinatė

$a_R^*$  – lyginamos spalvos žalios – raudonos spalvos koordinatė

$b_S^*$  – pradinė mėlynos – geltonos spalvos koordinatė

$b_R^*$  – lyginamos spalvos mėlynos – geltonos spalvos koordinatė

### 5.3.2 Bandinių blizgumo matavimas

Siekiant išmatuoti paviršiaus blizgumą ar matiškumą yra naudojamas blizgumo matuoklis (blizgomatis). Blizgumas matuojamas „Uni Gloss 60Plus“ blizgometru atitinkančiu IOS 2813 standarto reikalavimus. Šiuo blizgomačiu blizgumas yra matuojamas 60° kampu.

Matavimai atliekami ant lygaus bandinio paviršiaus. Mažiausias bandinio plotis turi būti 50 mm. Atliekant blizgumo matavimus yra matuojami mažiausiai trys vieno bandinio taškai. Medienos blizgumo matavimai turi būti atliekami lygiagrečiai pluošto kryptims. Taigi, matuojami trys taškai ant kiekvieno tyrimams naudojamo bandinio, stengiantis pasirinkti kuo lygesnę bandinio vietą.

Blizgumo vienetai (BV) tai santykis atspindėto šviesos srauto nuo tiriamos paviršiaus su atspindėtu šviesos srautu nuo veidrodinio paviršiaus padaugintas iš 100.

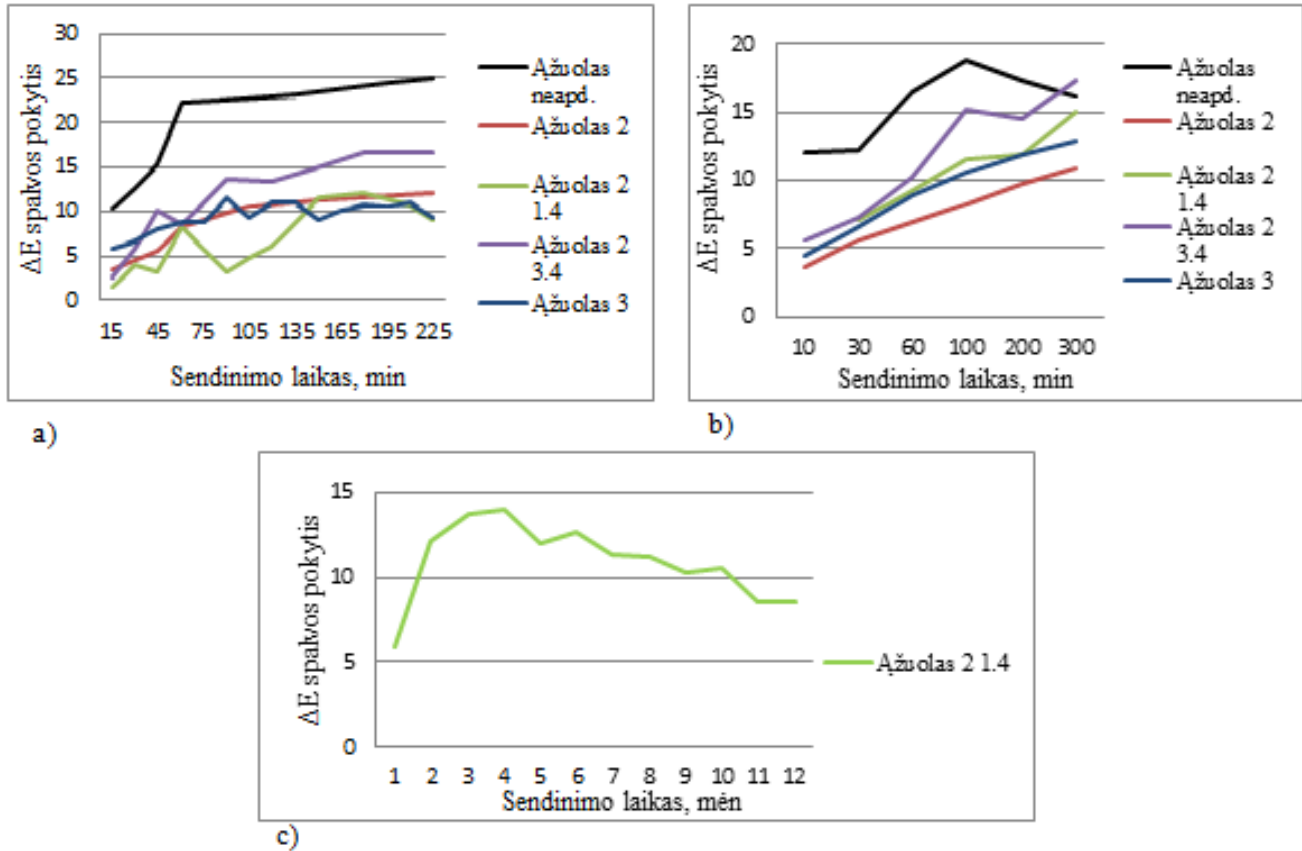
Negalima nubrėžti mažiausios ribos, nuo kurios žmogaus akis pajunta blizgumo ar matiškumo skirtumą, nes tai priklauso nuo paviršiaus blizgumo/matiškumo: jei lyginame matinį (5 BV) paviršių, tai padidėjus blizgumui 3 BV (8 BV) žmogaus akis jau gali nustatyti, kad paviršius yra blizgesnis, tačiau kai lyginame blizgius paviršius (60 BV) blizgumui padidėjus dar 3 BV žmogaus akis gali nematyti skirtumo.[29]



# Spektrinio jautrio tyrimų rezultatai

## 1.2 Kolorimetrinių savybių pokyčiai

Spalvos pokyčio tyrimų rezultatai gauti taikant skirtingus sendinimo metodus pateikti paveiksluose: ąžuolo medienos (31 pav.), beržo medienos spalvos pokytis (32 pav.) ir šviesumo L\* koordinatės kitimas per sendinimo laiką (33 pav.), buko medienos (34 pav.) ir uosio medienos spalvos pokytis (35 pav.). Matavimų metu gautos koloristinės reikšmės pateikiamos prieduose „Priedas 2“

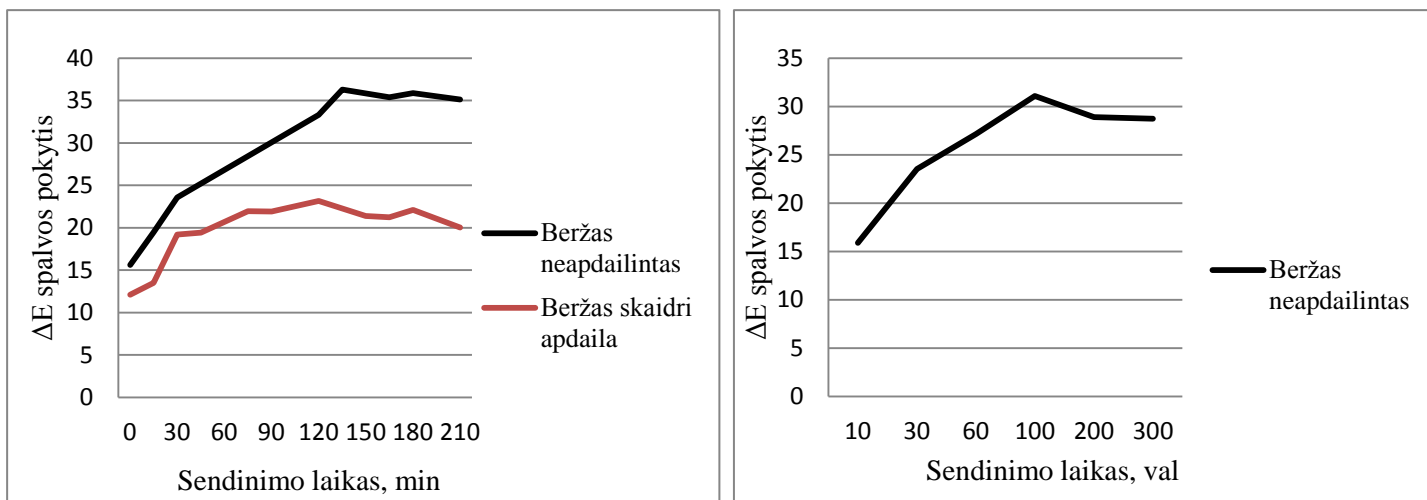


31 pav. ąžuolo medienos spalvos pokytis  $\Delta E^*$ : a - sendinimo su kvarcine lempa; b - sendinimo UV stende; c – sendinimo natūraliomis sąlygomis

Spalvos pokytis  $\Delta E^*$  neapdailinto ąžuolo sendinusių paviršių 225 min kvarcine lempa lygus 24,86, kai tuo tarpu jau po pirmųjų 15 minučių spalvos pokytis pasiekia 10,43 ir . Lyginant, kaip intensyviai kinta spalva, neapdailinto ąžuolo bandinio sendinto UV stende gauname, kad po pirmųjų 10 val spalvos pokytis lygus 11,53, o po 300 val  $\Delta E^*$  pasiekia 16. Bendrai tendencija yra tokia pati, paviršius intensyviai keičia spalvą sendinimo pradžioje, o vėliau spalvos pokytis stabilizuojasi ir kinta nežymiai. Apdailinti bandiniai tokiu dideliu spalvos pokyčiu  $\Delta E^*$  nepasižymi – didžiausias  $\Delta E^*$  yra gautas 17,97

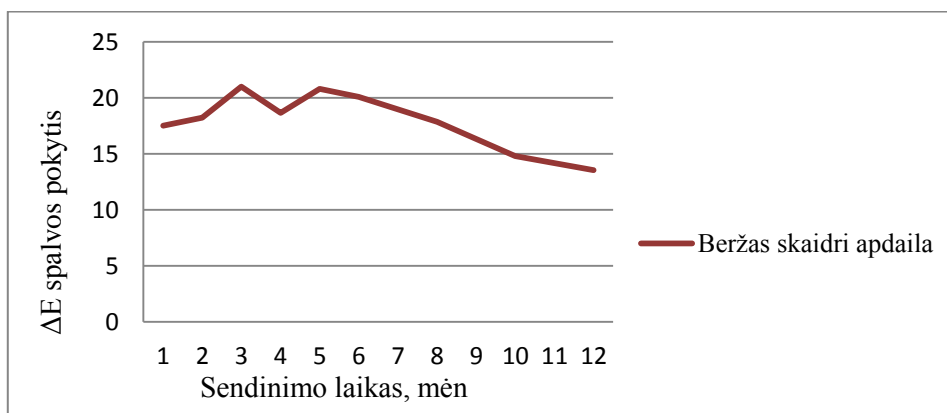
“Ąžuolas 2“ apdaila padengtų bandinių. Mažiausiai pasikeičia “Ąžuolas 3” apdaila apdailintų bandinių paviršius, didžiausias spalvos pokytis  $\Delta E^*$  - 11. “Ąžuolas 3” apdaila turi baltos spalvos pigmentą, o tai suteikia balkšvumo paviršiui.

Vertinant struktūrizuotus ąžuolo medienos bandinius (“Ąžuolas 1.4” ir “Ąžuolas 3.4”) matoma, kad “Ąžuolas 3.4” sendinant tiek kvarcine lempa, tiek ir UV stende pasižymi didesniu spalvos pokyčiu.



a)

b)

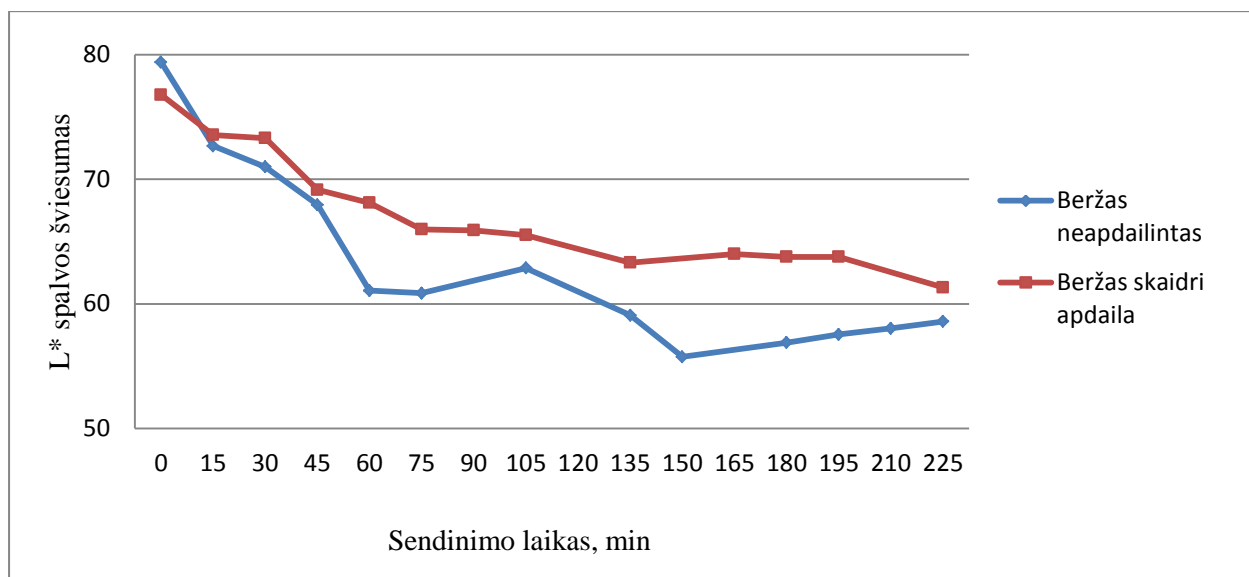


c)

32 pav. Beržo medienos spalvos pokytis  $\Delta E^*$  a) sendinant kvarcine lempa; b) sendinant UV stende; c) sendinant natūraliomis sąlygomis;

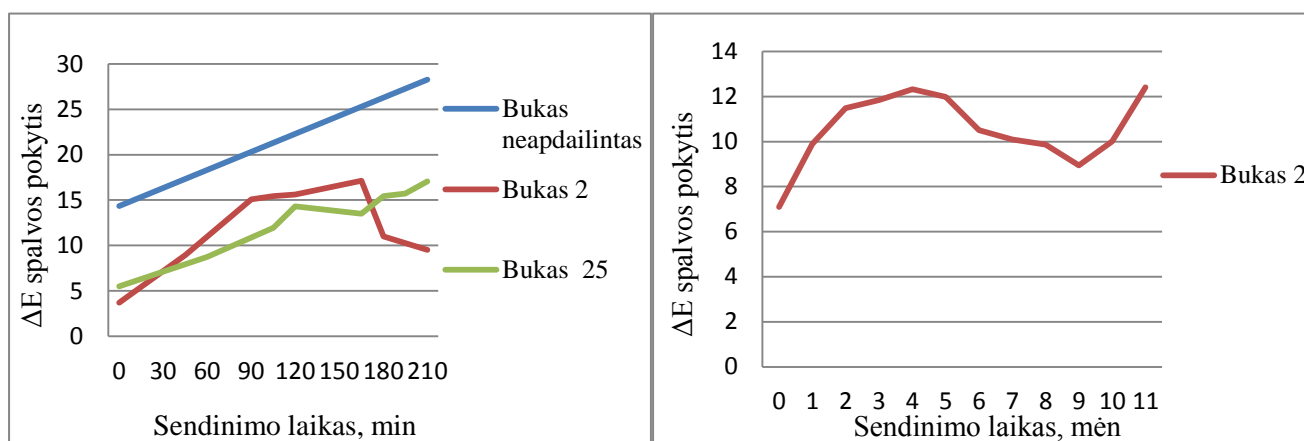
Analizuojant neapdailinto beržo spalvos pokytį  $\Delta E$  galime pastebėti tą pačią tendenciją tiek kvarcine lempa, tiek ir UV stende sendintų bandinių – laikui bėgant spalva intensyviai kinta ir po 150 min (sendinant kvarcine lempa) ir po 100 val (UV stende) pasiekia maksimalų tašką ir vėliau spalva kinta nežymiai. Įvertinant apdailintų bandinių spalvos pokytį matome (32 pav a ir b), kad bandiniai

sendinimo pradžioje pasiekia didžiausią spalvos pokytį ir vėliau kinta nežymiai. Lyginant apdailintų ir neapdailintų bandinių spalvos pokyčius, matome, kad neapdailintus beržo badius veikiant šviesa spalvos pokytis  $\Delta E$  svyruoja tarp 30-35, o jei bandiniai dengti skaidria danga  $\Delta E$  pasiekta didžiausia reikšmė yra apie 23. Taigi, žinant, kad skaidrios dangos prasčiau apsaugo medinius paviršius nuo neigiamai paviršius veikiančių spindulių, tačiau tai apsaugo nuo stipresnio spalvos pokyčio.



33 pav. Bandinių faneruočių beržo lukštu spalvos šviesumo L\* kitimo grafikas

Stebint apdailinto skaidriomis apdailos medžiagomis ir neapdailinto beržo medienos kreivių tendencijas (33 pav.), matome, kad neapdailinti apdailos medžiagomis bandiniai tamsėjo intensyviau.

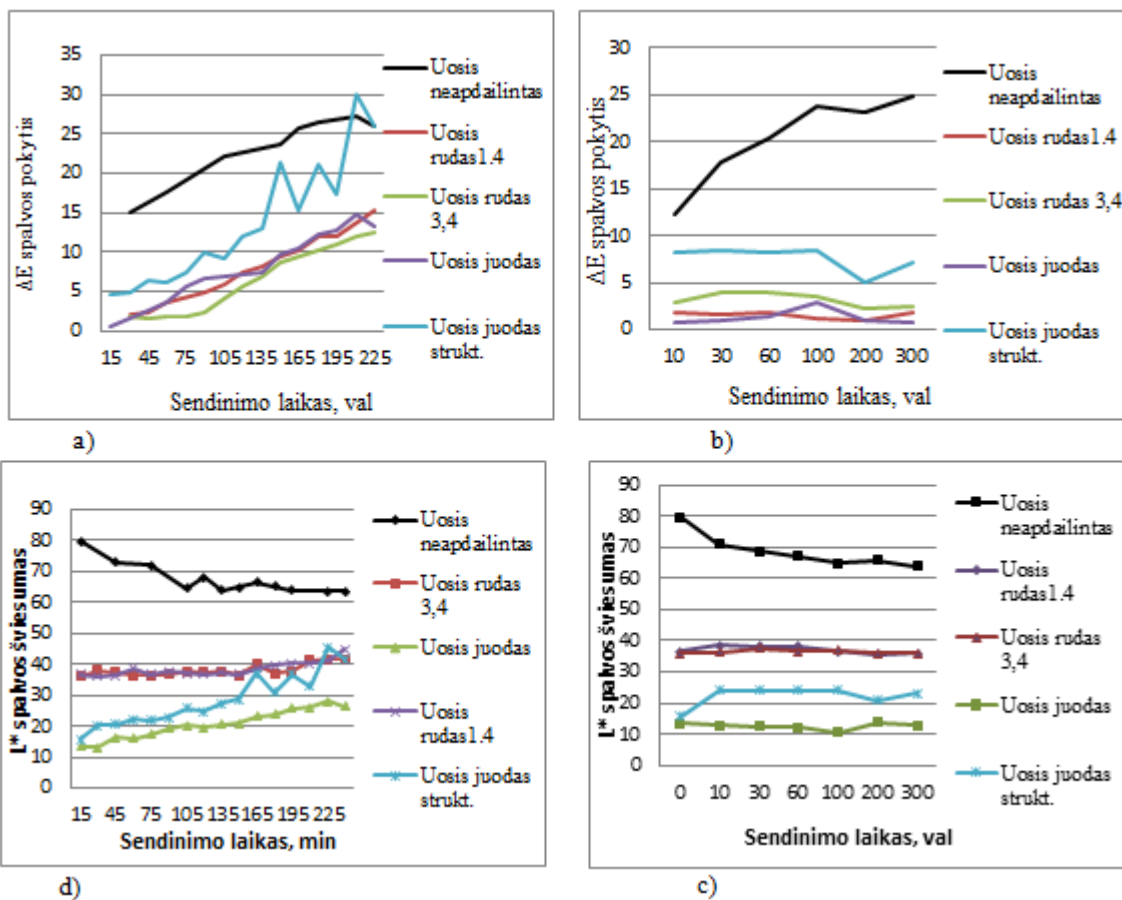


a)

b)

34 pav. Buko medienos spalvos pokytis  $\Delta E^*$  a) sendinant kvarcine lempa; b) sendinant natūraliomis sąlygomis;

Natūrali neapdailinto uosio mediena, neišsiskiria niekuo, nuo kitų neapdailintų bandinių - ilgėjant sendinimo laikui spalva intensyviai kinta – jau per pirmąsias sendinimo minutes (35 pav. a) spalvos pokytis  $\Delta E^*$  pasiekia 15. Bandiniai apdailinti neskaidriomis apdailos medžiagomis sendinami UV stende pasižymėjo nedideliu spalvos pokyčiu -  $\Delta E^*$  iki 5, o sendinant kvarcine lempa spalvos pokytis yra didesnis, nes tamsūs paviršiai ilgėjant sendinimo laikui pradėjo balti, jų paviršiuje formavosi suardytos dangos sluoksnis, kuris primena dulkių ar miltų pavidalą ir perbraukus tokį paviršių ranka ant pirštų galime pastebėti tarsi dulkių sluoksnį.

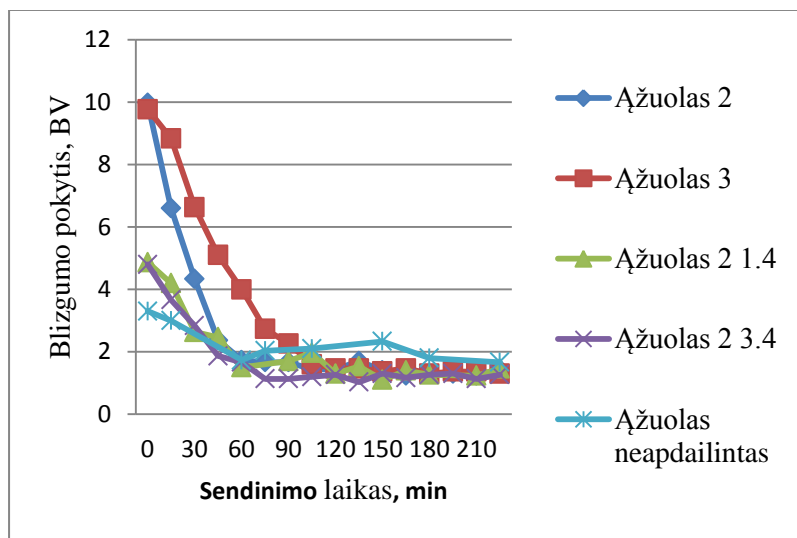


35 pav. Bandinių faneruočių uosio mediena spalvos pokytis  $\Delta E^*$ : a) sendintų kvarcine lempa; b) sendintų UV stende; ir spalvos šviesumo  $L^*$  kitimo grafikas: d) sendintų kvarcine lempa; c) sendintų UV stende

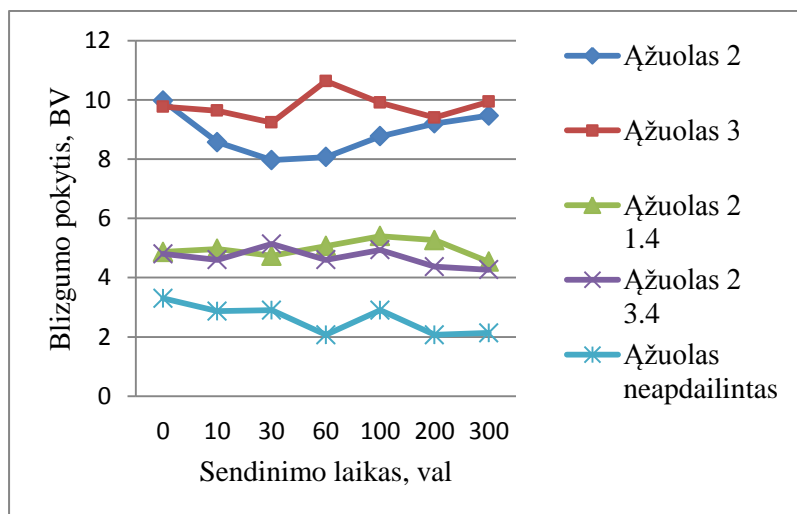
Panaši tendencija yra ir su šviesumo rodikliu  $L^*$ , neapdailintų bandinių šviesumas mažėjo, apdailintų sendintų baldinių UV stende šviesumas beveik nepakito, o sendintų kvarcine lempa šviesumas didėjo, nes kaip buvo minėta, bandinių paviršiai balo.

### 1.3 Blizgumo pokyčiai

Blizgumo pokytis skirtingais sendinimo metodais sendintų bandinių pateikiamas paveiksluose: ąžuolo medienos (36, 37 ir 43 pav.), beržo bandinių (38, 39 ir 43pav.), buko bandinių (40 ir 43 pav.) ir uosio medienos blizgumas (41 ir 42 pav.). Matavimų metu gautos blizgumo reikšmės pateikiamos prieduose „Priedas 3“



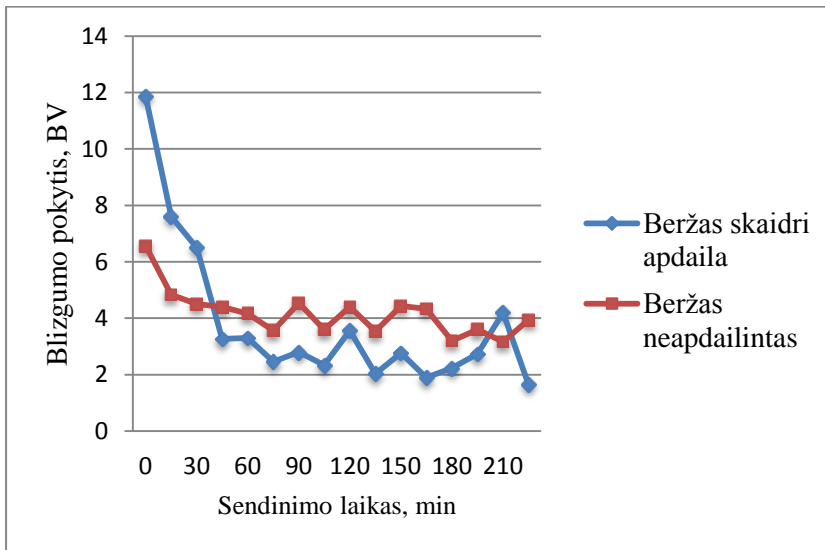
36 pav. Neapdailinto ir apdailinto ąžuolo blizgumas BV sendinant kvarcine lempa



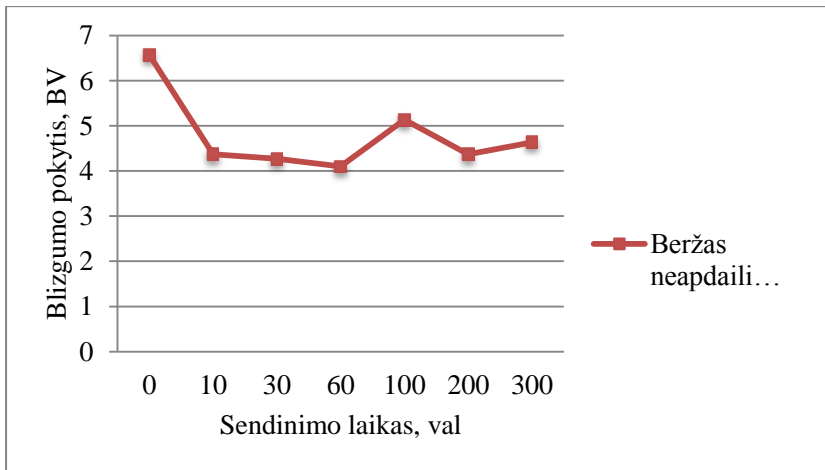
37 pav. Neapdailinto ir apdailinto ąžuolo blizgumas BV sendinanat UV stende

Lyginant ąžuolo lukštu dengtų bandinių blizgumo kitimo tendenciją laikui bėgant akivaizdžiai yra matoma, kad bandiniai sendinti taikant kvarcinės lempos skleidžiamus spindulius intensyviai mažėja,

nuo sendinimo pradžios. Tik neapdailinto ąžuolo blizgumo pokytis sendinant skirtingais sendinimo būdų yra artimas.

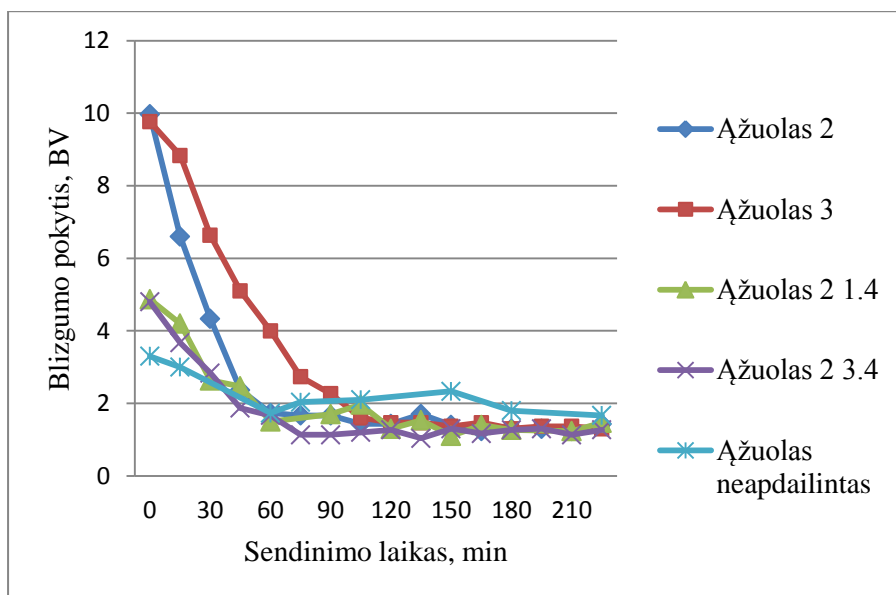


38 pav. Neapdailinto ir skaidriomis apdailos medžiagomis apdailinto beržo blizgumas BV sendinant kvarcine lempa



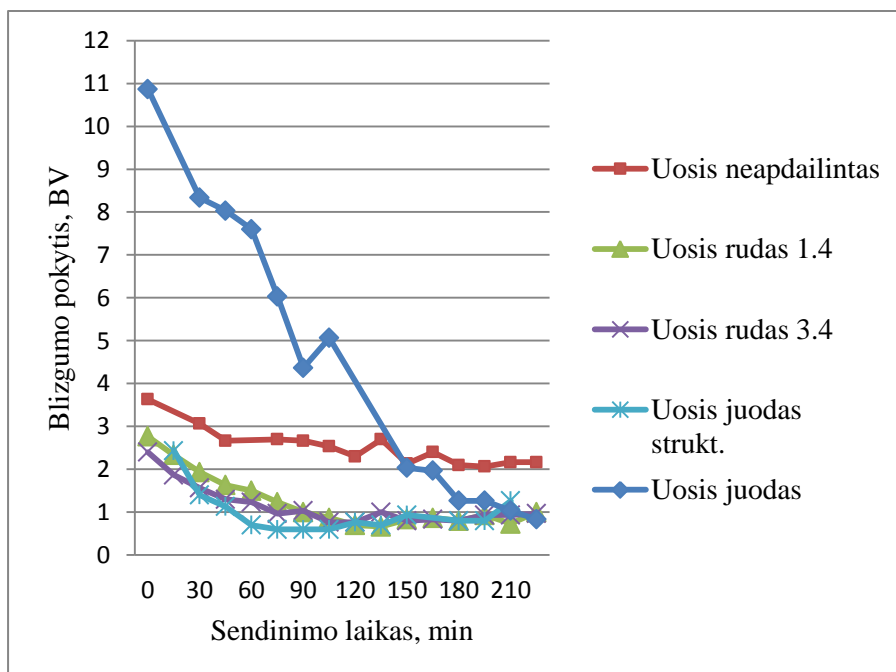
39 pav. Neapdailinto beržo blizgumas BV sendinamant UV stende

Apdailinto skaidriomis apdailos medžiagomis beržo medienos spalvos blizgumas intensyviai mažėja ilgėjant sendinimo laikui. Per sendinimo laiką 225 min su kvarcine lempa, paviršiaus blizgumas pasikeičia nuo 12 iki 2. Lyginant neapdailinto beržo blizgumo pokyčius matome panašią tendenciją kaip ir neapdailinto ąžuolo, bandinių blizgumas kinta panašiai. Neapdailintų beržo bandinių blizgumas nuo pradinio – 6,5 sumažėja iki 4-4,6.

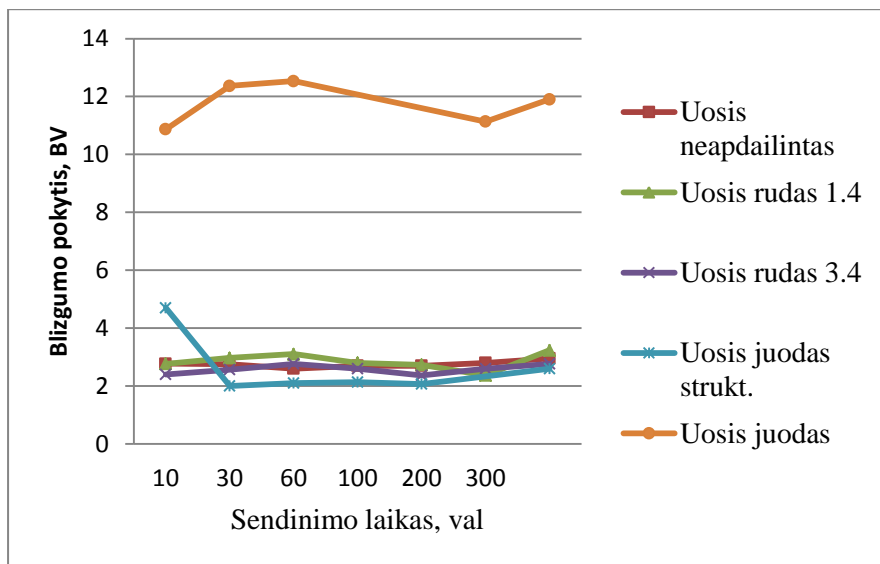


40 pav. Neapdailinto ir apdalto buko blizgumas BV sendinant kvarcine lempa

Buko bandinių blizgumas, kaip ir prieš tai neginėtų ąžuolo ir beržo medienos pasižymi tokiu pačiu pokyčiu: apdailinti bandiniai sendinatt su kvarcine lempa kinta intensyviausiai sendinimo pradžioje ir “Bukas 25” blizgumas pasikeičia nuo 12 iki 1, o “Bukas 2” nuo 10,5 iki 1,9. O neapdailinto bandinio blizgumo pokytis pakinta nedaug nuo 2,9 iki 1,8.

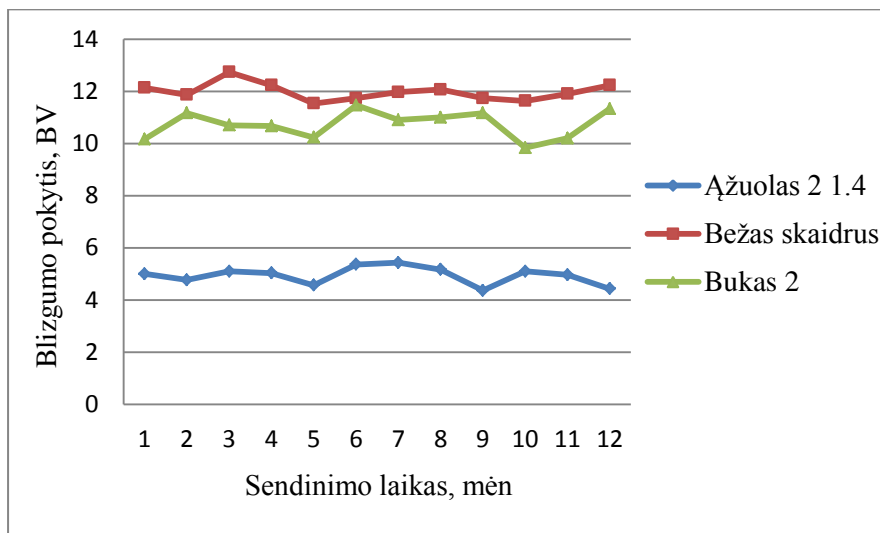


41 pav. Neapdailinto ir apdalto uosio blizgumas BV per sendinant kvarcine lempa



42 pav. Neapdailinto ir apdailinto uosio blizgumas BV sendinanat UV stende

Blizgiausi uosio lukštu dengti bandiniai buvo dengti apdaila “Uosis juodas” ir sendinant šiuos bandinius su kvarcine lempa jų blizgumas intensyviai mažėjo, ir paskutinėmis sendinimo minutėmis pasiekė ribą 0,8. Tie patys bandiniai “Uosis juodas” sendinti UV spindulių stende blizgumo sumažėjimu nepasižymėjo. Kvarcine lempa sendinti bandiniai “Uosis rudas 1,4” ir ”Uosis rudas 3,4” pasižymėjo blizgumo pasikeitimu, o sendinimas UV stende jiems įtakos neturėjo ir blizgumas išliko panašus.



43 pav. Natūraliomis sąlygomis sendintų bandinių blizgumas BV.

Bandinių, sendintų natūraliomis sąlygomis vienerius metus, paviršiaus blizgumas nepakito (43 pav.)



## 1.4 Skirtingų sendinimo būdų sulyginimas

Šiems tyrimams atlikti turime žinoti kiek suminio saulės energijos kiekio pasiekia Kauną per visus metus ir kiek saulės valandų patyrė natūraliomis sąlygomis sendinti bandiniai.

10 lentelė. Tiesioginės Saulės spinduliuotės trukmė per metus Kaune giedrą dieną arba esant debesuotumui su pragiedruliais (valandomis) [30]

Spinduliuotės trukmė, h	Plokštumos padėtis			
	Horizontali	Vertikali		
		Š	R	V
1773	273	804	838	1444

11 lentelė. Vidutiniai suminiai spinduliuotės energijos kiekiai, tenkantys 1m<sup>2</sup> įvairios orientacijos paviršiams Kaune (MJ/m<sup>2</sup>) per metų sezoną ir per metus, įvertinus debesuotumą [30]

Paviršiaus padėtis	Per sezoną			Per metus
	Didžiausio debesuotumo mėnesiai: sau-sis, lapkritis, gruodis	Vidutinio debesuotumo mėnesiai: vasaris, kovas, balandis, rugsėjis, spalio	Saulėti mėnesiai: nuo gegužės iki rugpjūčio	
Horizontali	148	1237	2214	3599
Vertikali	Š	–	39	107
	R	31	377	1018
	V	33	358	923
	PV	320	654	1618
	P	170	768	1539

Sudarome algoritmą skirtingų sendinimo metodų prisilyginimui natūraliai saulės spinduliuotei išskaičiuojant „šviesos“ valandas, kai yra žinoma, kad:

$$10 \text{ kJ/m}^2 \text{ 340 nm spinduliuose} = 1 \text{ MJ/m}^2 \text{ (295 – 385 nm spinduliuose)} \quad [31] \quad (3)$$

Kvarcinės lempos algoritmas:

$$\frac{15390 \text{ kJ/m}^2 * 0,18}{128 \text{ W/m}^2 * 3,6} = 6,01 \text{ valandos} = 360 \text{ min} = 2,16 * 10^4 \text{ sek}$$

UV stendo algoritmas:

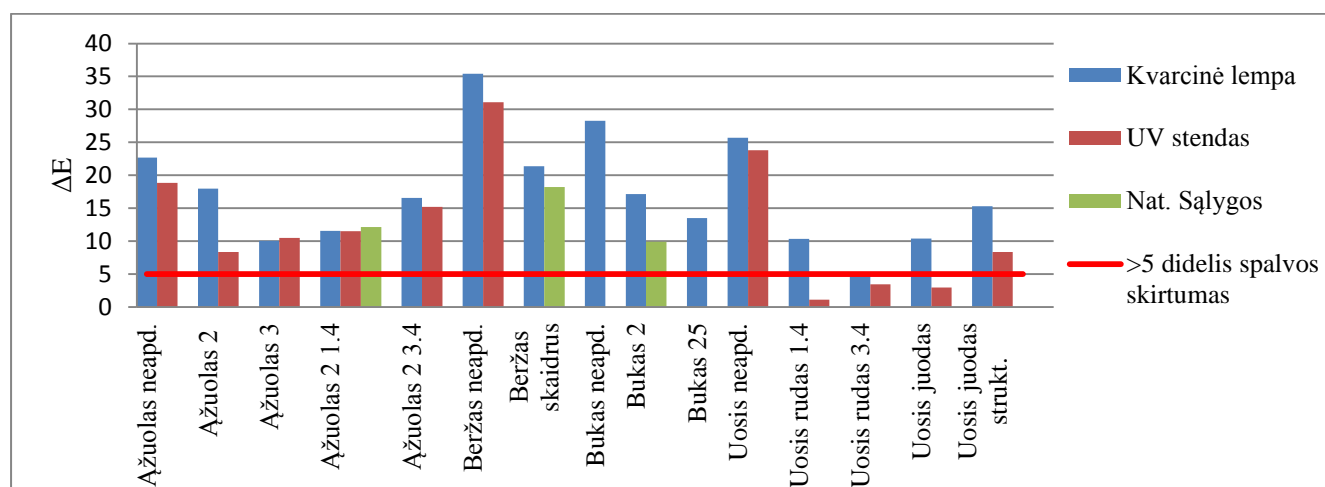
$$\frac{15390 \text{ kJ/m}^2 * 0,18}{4 * 0,71 \text{ W/m}^2 * 3,6} = 271 \text{ valandos} = 16257 \text{ min} = 9,75 * 10^6 \text{ sek}$$

Kaune per metus vidutiniškas saulėtų valandų skaičius - 1751 val ir saulėtų valandų skaičius kiekvienam mėnesiui atskirai (12 lentelė) [32]

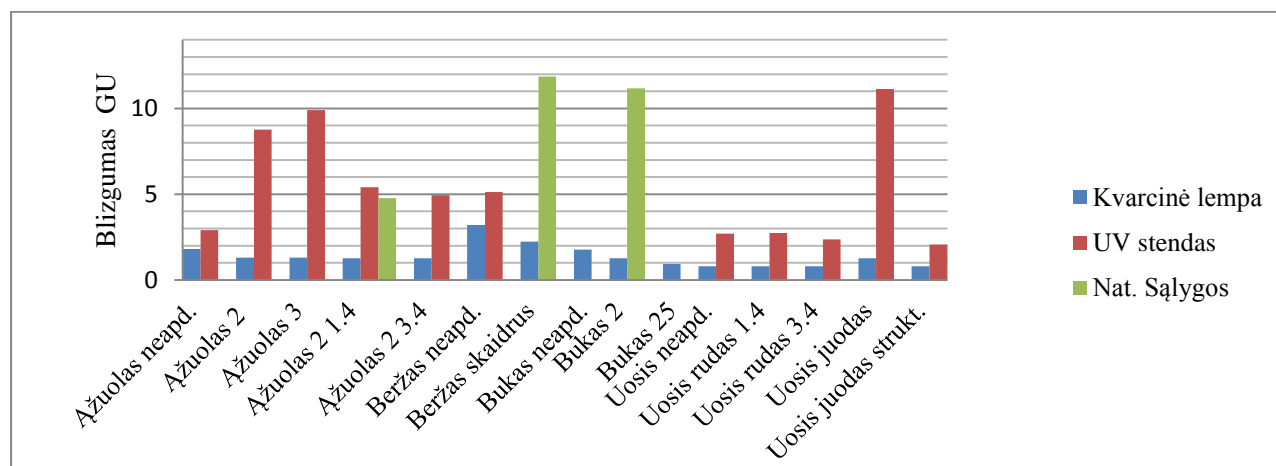
Tačiau turime tikslesnius duomenis, kad pietinės saulės valandų skaičius yra 1444 val per metus, ir prisitaikius santykį pietinės saulės valandų skaičiui galime nusistatyti priklausomybę tarp sendinimo natūraliomis slygomis ir sendinimo dirbtinai sukurtuose spinduliuose sąlygomis

12 lentelė. Sendinimo dirbtinai sukurtuose spinduliuose prilyginimas natūralioms sąlygoms.

Kaunas													
Metų mėnuo	Geguzė	Birzelis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Per metus
Saulėtų valandų skaičius   horizontalių paviršių, val	251	265	256	238	160	99	41	30	40	68	128	175	1751
Saulėtų valandų skaičius, min	15060	15900	15360	14280	9600	5940	2460	1800	2400	4080	7680	10500	105060
koef mėnesiui	0.14	0.15	0.15	0.14	0.09	0.06	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.10	1.00
Pietinės saulės saulėtų valandų skaičius, min	12420	13112	12667	11776	7917	4899	2029	1484	1979	3365	6333	8659	86640
Sendinimo kvarcine lempa atitikmuo, min	52	106	159	208	241	261	270	276	284	298	325	361	361
Sendinimo UV stende atitikmuo, val	39	80	119	156	181	196	203	207	214	224	244	271	271

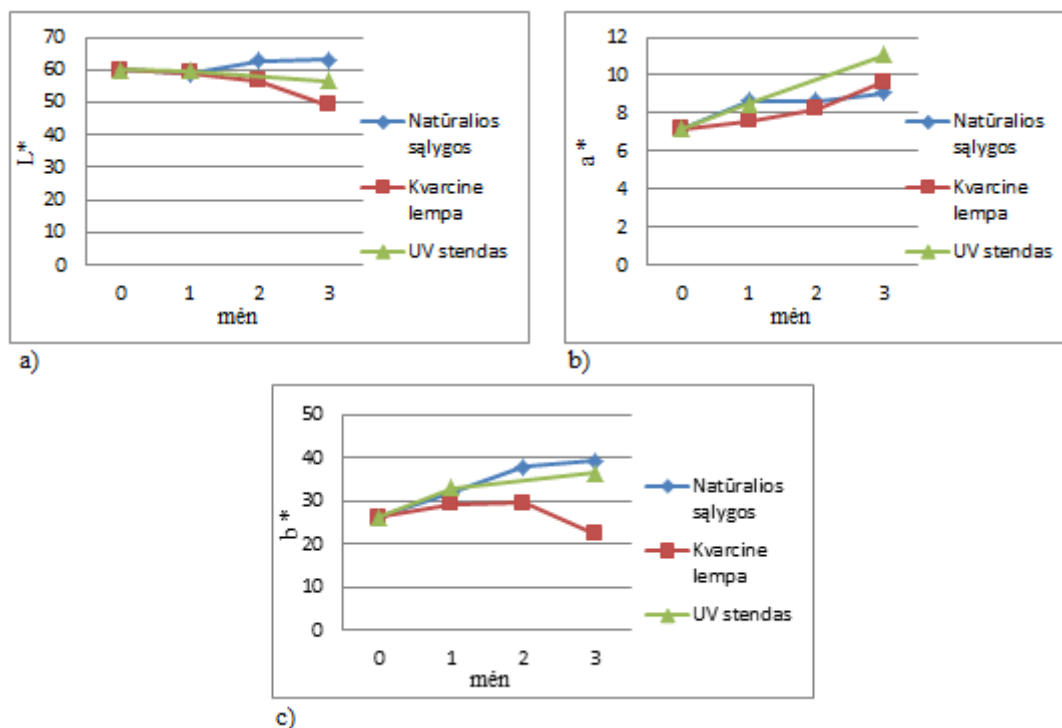


44 pav. Spalvos pokyčio  $\Delta E^*$  palyginimas sendinant skirtingais metodais



45 pav. Blizgumo reikšmės gautos sendinant skirtingais metodais ir jų sulyginimas

Matome, kad prisilyginus sendinimą kvarcine lempa ir UV stendu gauname, kad spalvos pokytis bandinių “Ažuolas 2 1.4” yra panašus: kvarcine lempa sendinto bandinio  $\Delta E^* = 11.6$ , UV stende  $\Delta E^* = 11.5$ , o natūraliomis sąlygomis  $\Delta E^* = 13.7$ . Tačiau lyginant bandinių blizgumo pasikeitimą, matome, kad jis kvarcine lempa sendintų bandinių buvo daug didesnis, nei sendintų UV stende ir natūraliomis sąlygomis (45 pav.) ir taip pat bandinius vertinant vizualiai matosi didesnis skirtumas. Tokiu atveju palyginame atskirų koordinačių,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  kitimą (46 pav.).



46 pav. Skirtingais sendinimo metodais gautų koordinačių  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  kitimas prisilyginus dirbtinai sendintus bandinius prie sendintų natūraliai

Matome, kad koordinatės  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  natūraliomis sąlygomis sendintų bandinių turi panašią tendenciją kaip ir sendintų UV stende, o bandinių sendintų kvarcine lempa koordinatės  $L^*$  ir  $b^*$  kinta didesniu intensyvumu: šviesumą įvertinančios koordinatės  $L^*$  reikšmės intensyviau mažėja, o tai reiškia, kad bandiniai tamsėja labiau, o  $b^*$  koordinatė rodo spalviškumą nuo mėlynos iki geltonos, taiga mažėjančios reikšmės leidžia daryti prielaidą, kad sendinant kvarcine lempa bandiniai nuo geltonos spalvos tolsta į mėlynos spalvos zoną. Tai bendrai galime susieti su bandinių tendencija tamsėti.

## Rezultatų panaudojimas praktiškai ir rekomendacijos

Tyrimo darbu metu gauti rezultatai gali būti pateikti kaip rekomendacijos vartotojui, pirkėjui, nes tikriausiai retas kuris susimąsto prieš įsigijant naują baldą ar kokį kitą medienos produktą, kad jo įsigytas pirkinys po kurio laiko gali būti visai nebe toks kokį jis įsigijo. Taigi, pateikiame rekomendacijas vartotojui pagal atliktus tyrimus:

- Medienos paviršius būtina padengti apdailos medžiagomis siekiant kuo ilgiau išlaikyti pirminę paviršiaus spalvą, nes labiausiai jautrūs saulės poveikiui yra neapdailinti paviršiai;
- Mažiausia apsauga gaunama taikant skaidrias apdailos medžiagas, tačiau net ir tai sumažina spalvos pokytį ir tuo pačiu pagerina medienos estetinę išvaizdą: paryškina spalvą, suteikia paviršiui norimą blizgumą. Bendrai apdailintų paviršių spalvos pokytis yra 40 - 60 % mažesnis nei neapdailintų [8];
- Ilgaamžiškiausi yra medienos paviršiai padengti neskaidriomis apdailos medžiagomis;
- Įsigyjant labai blizgius ir blizgius gaminius, reikia įsivertinti ir tai, kad kuo didesnis paviršiaus pradinis blizgumas, tuo jis labiau pasikeičia paviršiui senėjant [14]. Ta pati tendencija buvo gauta atlikus tyrimus su kvarcine lempa, tačiau bandiniai sendinti UV stende ir natūraliomis sąlygomis neparodė reikšmingo blizgumo/matiškumo pasikeitimo;
- Lyginant tarpusavyje standartinio tipo UV linijoje apdailintus bandinius su bandiniais, kuriems taikomas paviršiaus struktūravimas galime daryti tokias prielaidas, kad pirmiausia yra skirtingas apdailos tikslas, kuris įtakoja galutinį produktą: standartine technologija apdailinti bandiniai turėjo didesnę paviršiaus blizgumą, kai tuo tarpu struktūruojant paviršių yra stengiamasi paryškinti medienos dekoratyvumą ir naudojamos artimos (mažo blizgumo) apdailos medžiagos. Kaip ir buvo minėta prieš tai, taip ir šiuo atveju – kuo mažesnis pradinis paviršiaus blizgumas, tuo mažesnis blizgumo pokytis paviršiui senėjant. Lyginant pagal spalvos pokytį gauname, kad sunku tiksliai teigti, kad viena ar kita taikyta apdailos technologija pasižymi didesniu spalvos pokyčiu, taigi, šiuo aspektu jos lygiagrečios. Tačiau struktūrizuotas paviršius turi privalumą, kad jo blizgumas pasikeičia mažiau;
- Taip pat stengtis, kad medienos paviršius kuo mažiau pasiektų saulės spinduliai;

Rekomendacijos atliekantiems, ar planuojantiems atlikti panašius tyrimus:

- Spalvos pokytis priklauso nuo pirminės spalvos tamsumo, temperatūros sendinimo metu ir skleidžiamos spinduliuotės intensyvumo [18]. Tai galime patvirtinti gautais rezultatais, nes intensyviausi spinduliai buvo sendinant kvarcine lempa. Siekiant susiaurinti skleidžiamos spinduliuotės spektrą ir gauti artimą saulės šviesai spektrą yra siūloma naudoti filtrą [8,13,15,19].
- Didžiausias spalvos pokytis buvo bandinių paveiktų pietinės ir vakarinės saulės spindulių [18]. Taigi, sendinant natūraliai ir siekiant sudaryti aršiausias sąlygas yra siūloma pasirinkti tokias puses, kad bandinius veiktų pietinės ir/arba vakarinės saulės spinduliai.

## Išvados

1. Tyrimu metu nustatyta, kad didžiausias spalvos pokytis yra visiškai neapdailintų bandinių: mažiausiai spalva pasikeitė neapdailinto ąžuolo medienos - 25, labiausiai – neapdailinto beržo medienos bandiniai -  $\Delta E^* = 35$  sendinant kvarcine lempa;
2. Apdailintų paviršių spalvos pokytis yra 20 – 40 % mažesnis, nei neapdailintų.
3. Skaidriomis apdailos medžiagomis paviršiai pasižymėjo spalvos pokyčiu  $\Delta E^*$  apie 20.
4. Atspariausi neskaidriomis apdailos medžiagomis apdailinti paviršiai, jų spalvos pokytis mažiausias  $\Delta E^*$  iki 10.
5. Gauta, kad kuo yra mažesnis pradinis paviršiaus blizgumas, tuo mažiau paviršius matiškėja senėjant – pradinis paviršiaus blizgumas yra didžiausias;
6. UV spindulių stendas buvo suprojektuotas taip, kad jo sklidedžiamų spindulių spektras būtų labai artimas natūralios saulės spinduliuotės spektrui ir lyginant gautus rezultatus su kitais rezultatais, gautais sendinant kvarcine lempa ir natūraliomis sąlygomis, šią prielaidą galime patvirtinti, nes spalvos pokytis ir blizgumas buvo labai artimi rezultatams, gautiems sendinant natūraliomis sąlygomis.
7. Lyginant rezultatus gautus sendinant kvarcine lempa su rezultatais gautais sendinant UV stende, galime daryti išvadą, kad sendinant kvarcine lempa buvo sudarytos agresyvios sendinimo sąlygos, nes nebuvo taikytas filtras trumpų ultravioletinių spindulių sugėrimui ir bandiniai buvo veikiami aukštesnių temperatūrų. Šie veiksniai suardė apdailos medžiagas ir labai paveikė bandinių blizgumą - bandinius, kurie prieš sendinimą buvo patenkantys į vidutinio blizgumo kategoriją (blizgumas daugiau negu 10), jau po 30 minučių sendinimo buvo galima priskirti prie matinių paviršių grupės;
8. Lyginant skirtingas apdailos technologijas galime daryti išvadą, kad norint gauti kuo struktūriškesnį paviršių, nušlifuojamą sluoksnį tenka kompensuoti didesniu apdailos medžiagų kieki. Struktūrizuotų paviršių blizgumas kinta nežymiai, nes pačios apdailos principas yra kuo natūralesnis medienos struktūrą išryškinantis paviršius, taigi jo blizgumas yra artimas natūraliai medienai;
9. Siekiant sudaryti artimas sendinimo sąlygas natūralioms, reikia tinkamai pasirinkti sendinimo metodą ir įvertinti neigiamo veiksnio – temperatūros – padidėjimo galimybę;

## Literatūros sąrašas

1. Internetinė prieiga: [http://victorianantiques.us/?page\\_id=64](http://victorianantiques.us/?page_id=64) Peržiūrėta 2014.04.06
2. Internetinė prieiga:<http://homedesigncollection.com/search/history+of+furniture-design> Peržiūrėta 2014.04.06
3. Internetinė prieiga: [http://www.archilabdesign.es/table-in-ashwoodpainted-prodotti\\_\\_105.aspx#.VWXmFyusW-0](http://www.archilabdesign.es/table-in-ashwoodpainted-prodotti__105.aspx#.VWXmFyusW-0) Peržiūrėta 2014.03.15
4. Internetinė prieiga: <http://www.houzz.com/photos/249638/ROGER-Chair-scandinavian-dining-chairs> . Peržiūrėta 2014.03.15
5. Beate Buchelt, André Wagenführ „Evaluation of colour differences on wood surfaces”/ European Journal of Wood and Wood Products, Germany, 2011
6. Internetinė prieiga: <http://terminai.vlkk.lt/pls/tb/tb.result> Peržiūrėta 2015.04.20
7. Carmen-Alice Teaca, Dan Rosu, Ruxanda Bodirlau and Liliana Rosu „Structural changes in wood under artificial UV light irradiation determined by FTIR spectroscopy and color measurements – a brief review“/ „Wood’s changes by UV: Review“ BioResources 1478-1507, 2013
8. Internetinė prieiga: [http://www.hilltech.com/faq/faq\\_uv.html](http://www.hilltech.com/faq/faq_uv.html). Peržiūrėta 2013.12.28 20:45
9. Beatrice George, Ed Sutte, Andre Merlin, Xavier Deglise „Photodegradation and photostabilisation of wood – the state of the art“/Polymer degradation and stability, 2004
10. Juozas Vidas Gražulevičius, Rimtautas Kavaliūnas “Medienos cheminė technologija”/ KTU Cheminės technologijos fakultetas, 2012
11. Krishna K. Pandey, Tapani Vuorinen „Comparative study of photodegradation of wood by a UV laser and xenon light source“ / „Polymer degradation and stability“ ScienceDirect, Finland, 2008
12. Sara Olsson „Enhancing UV protection of clear coated exterior wood by reactive UV absorber and epoxy functional vegetable oil“/Doctor Thesis, KTH Chemical Science and Engineering, Stockholm, 2014
13. Evelyn PÖHLER, Raoul KLINGNER, Tina KÜNNIGER „Beech (Fagus sylvatica L.) – Technological properties, adhesion behaviour and colour stability with and without coatings of the red heartwood“/EMPA Swiss Federal Laboratories for Materials testing and research, 2011

14. Josip Miklečić, Vlatka Jirouš-Rajković1 „Accelerated Weathering of Coated and Uncoated Beech Wood Modified with Citric Acid“/DRVNA INDUSTRIJA 277-282, 2011
15. Angela Lo Monaco, Luca Calienno, Claudia Pelosi, Federica Balletti, Giorgia Agresti, Rodolfo Picchio „Technical properties of beech wood from aged coppices in central Italy“/iForest – Biogeosciences and Forestry, 2014
16. Erica Scrinzi, Stefano Rossi, Flavio Deflorian, Caterina Zanella „Evaluation of aesthetic durability of waterborne polyurethane coatings applied on wood for interior applications“/Progress in organic coatings 81-87, 2011
17. Laszlo Tolvaj a,\*, Katsuya Mitsui b “Correlation between hue angle and lightness of light irradiated wood“/Polymer degradation and stability, 2009
18. Petra R  ther & Bj  rn Petter Jelle „Color changes of wood and wood-based materials due to natural and artificial weathering“/Wood material science and engineering , 2012
19. Laura Oltean, Alfred Teischinger, Christian Hansmann „Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure“/ Institute of Wood Science and Technology, Department of Material Sciences and Process Engineering, University of Natural Sciences and Applied Life Sciences, 2007
20. L  szl   TOLVAJ\* – D  nes VARGA „Photodegradation of Timber of Three Hardwood Species Caused by Different Light Sources“/ Institute of Physics and Electrotechnics, University of West Hungary, Sopron, Hungary, 2012
21. Darius Albrektas, Antanas Baltrušaitis, Inga Juodeikienė, Ginataras Keturakis, Darius Minelga, Valdas Norvydas, Vilija Pranckevičienė, Kristina Ukvalbergien   „Medienos inžinerija“/ Mokomoji knyga, 2011
22. Kauno Kolegijos seminaro "Apdailos med  ziagos sistemos ir technologijos" med  ziaga, - G  n  s Kedainien  s paskaitos med  ziaga 2013m.
23. AB "Klaipėdos Baldai" įmonės med  ziaga.
24. Internetinė prieiga: <https://www.stilesmachinery.com/heesemann/bm-8> Peržiūrėta 2014.04.28
25. Internetinė prieiga: [http://www.ldm.lt/Rest\\_centras/Restauratoriai\\_Ragauskiene2.htm](http://www.ldm.lt/Rest_centras/Restauratoriai_Ragauskiene2.htm) Peržiūrėta 2014.10.30
26. Q lab corporation „ A choice of lamps for the QUV Accelerated weathering tester“
27. Internetinė prieiga: <http://paleomag.uqar.ca/spip.php?article54> Peržiūrėta 2015.05.06
28. Internetinė prieiga: <http://www.directindustry.it/cat/misure-acustiche-ottiche/glossmetri-AJ-1670.html> Peržiūrėta 2015.05.08



29. Internetinė prieiga: <http://www.imbotec.com/products/306/> Peržiūrėta 2015.05.08
30. Internetinė prieiga: <http://remontogidas.lt/> Peržiūrėta 2014.10.30
31. Internetinė prieiga: <http://www.strenometer.dk/Files/Downloads/Guidebook.pdf> Peržiūrėta 2014.11.20
32. Internetinė prieiga: (<http://www.saulesbaterija.lt/saules-baterijos/sauletos-dienos-lietuvoje>) Peržiūrėta 2015.03.15

## **Priedai**