

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas  
MIŠKŲ INSTITUTAS  
Miško genetikos ir selekcijos skyrius

**„SAVAIME LIETUVOS MIŠKUOSE  
PLINTANČIO PLATANALAPIO KLEVO (*Acer  
pseudoplatanus* L.) KILMĖS IR GENETINĖS  
ĮVAIROVĖS TYRIMAS BEI SELEKCINIŲ  
PRIEMONIŲ TAIKYMAS“**

Sutarties Nr. VPS-120

2025 metų mokslinė ataskaita

Užsakovas: Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija

Instituto direktoriaus  
dr. Marius Aleinikovas

Miško genetikos ir selekcijos  
skyriaus vedėjas  
dr. Virgilijus Baliuckas

Darbo vadovas  
dr. Virgilijus Baliuckas

Kaunas-Girionys, 2025

Ataskaita pristatyta ir apsvarstyta Genetinių miško medžių išteklių, sėklininkystės ir miško atkūrimo ekspertų komisijos posėdyje 2025 m. lapkričio 25 d. (Valstybinė miškų tarnyba, Pramonės pr. 11A, Kaunas).

Recenzentas: Valstybinės miškų tarnybos Miško genetinių išteklių skyriaus vedėjas Darius Raudonius

Darbo vadovo adresas:

LAMMC Miškų institutas  
Miško genetikos ir selekcijos skyrius  
Liepų 1, Girionys  
LT-53101 Kauno r.  
Tel.: +370 682 67866  
El. paštas: [virgilijus.baliuckas@lammc.lt](mailto:virgilijus.baliuckas@lammc.lt)  
Internetas: <https://www.lammc.lt/lt/>

## Vykdytojų sąrašas

- vyriausiasis mokslo darbuotojas dr. Virgilijus Baliuckas – klausimo apžvalga, metodikos parengimas, duomenų rinkimas, augalinės medžiagos rinkimas, duomenų statistinė ir dalykinė analizė, lentelių ir grafikų parengimas, rezultatų apibendrinimas, ataskaitos rašymas;
- vyriausiasis mokslo darbuotojas, prof. dr. Darius Danusevičius (VDU) - duomenų statistinė ir dalykinė analizė, lentelių ir grafikų parengimas, rezultatų apibendrinimas, ataskaitos rašymas;
- vyresnysis mokslo darbuotojas dr. Darius Kavaliauskas – metodikos DNR analizei parengimas, ir rezultatų apibendrinimas; ataskaitos rašymas;
- mokslo darbuotoja dr. Rūta Kembrytė-Ilčiukienė (VDU) - DNR mėginių PGR atlikimas
- mokslo darbuotoja dr. Jurata Buchovska - DNR mėginių paruošimas ir išskyrimas
- jaunesnioji mokslo darbuotoja dr. Aušra Juškauskaitė – duomenų rinkimas ir dalykinė analizė, augalinės medžiagos rinkimas, lentelių ir grafikų parengimas, ataskaitos rašymas;
- doktorantė Ilona Kavaliauskienė – DNR mėginių paruošimas, genotipavimas ir gautų duomenų analizė.

## Referatas

Miško mokslo darbo „Savaime Lietuvos miškuose plintančio platanalapio klevo (*Acer pseudoplatanus* L.) kilmės ir genetinės įvairovės tyrimas bei selekcinų priemonių taikymas“ ataskaitą sudaro 54 puslapiai, tame tarpe 12 lentelių ir 27 paveikslai.

Darbo tikslai - nustatyti Lietuvos medynuose augančio platanalapio klevo kilmę, genetinės įvairovės rodiklius ir inbrydingo riziką, atrinkti platanalapio klevo sėklų šaltinius, įvertinti klonų rinkinius (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014) ir bandomuosius želdinius (kodai – 33KpBZ002 ir 45KpBZ001), nustatyti platanalapio klevo naudojimo Lietuvos teritorijoje ir selekcijoje galimybes. Atrinkti rinkinius medžius, paruošti jų duomenis pasams sudaryti, surinkti jų dauginamąją medžiagą sėklinei plantacijai veisti, parengti sėklinės plantacijos projektą. Parengti rekomendacijas platanalapio klevo plėtrai ir selekcijai Lietuvoje.

Tyrimo metu atrinkti medynai Vakarų Lietuvoje su platanalapio klevo priemaiša. Geografinės kilmės tyrimai parodė, kad Lietuvos platanalapio klevo populiacijos yra kilę iš dviejų skirtingų geografinės kilmės regionų: Šiaurės rytų Lenkijos ir plataus Vakarų Vokietijos geografinio regiono. Genetinės įvairovės tyrimas pagal DNR žymenis parodė, kad Lietuvos populiacijų genetinė įvairovė yra nevienoda ir priklauso nuo jų kilmės regiono. Iš Vakarų Vokietijos genetinio klasterio kilę Lietuvos populiacijos savo aleline įvairove ir inbrydingo lygmeniu reikšmingai neišskyrė nuo natūralios kilmės populiacijų Vokietijoje, tačiau iš Šiaurės rytų Lenkijos kilusios populiacijos turėjo reikšmingai mažesnę alelinę įvairovę ir reikšmingai mažesnį inbrydingo koeficientą, nei likusios Lietuvos populiacijos.

Rambyno regioniniame parke pasirinktas medynas, kuriame surinkti mėginiai (101 vnt. tėvinės kartos ir 101 vnt. palikuonių kartos) ir nustatyta erdvinė genetinė struktūra, taip pat inbrydingo laipsnis palikuonyse. Rezultatai rodo, kad inbrydingo depresijos rizikos dabartinėje palikuonių populiacijoje nėra, tačiau platanalapio klevo natūraliuose želdiniuose gali formotis erdviniai giminių klasteriai.

Atrinkti 48 rinkiniai medžiai VI Valstybinių miškų Kretingos ir Šilutės regioninių padalinių girininkijose, paruošti duomenys rinkinių medžių pasams sudaryti ir perduoti Valstybinei miškų tarnybai. Nuo atrinktų medžių paimta dauginamoji medžiaga vegetatyviniame dauginimui skiepijant ir pristatyta VI Valstybinių miškų Dubravos medelynui. Medynai, kuriuose atrinkti rinkiniai medžiai, įvertinti pagal produktyvumą ir selekcinę kategoriją. Nustatytas seniausių ir medynų pirmo ardo medžių amžius.

Atlikti matavimai dviejuose platanalapio klevo bandomuosiuose želdiniuose. Pagal patvirtintą metodiką atrinkta 15 geriausių šeimų, kuriose parinkta po vieną selekciškai vertingiausių medį. Siūloma atrinktus genotipus įtraukti į būsimos sėklinės plantacijos sudėtį. Parengtos praktinės rekomendacijos rūšies selekcinę plėtrai Lietuvoje.

**Turinį žymintys žodžiai:** platanalapis klevas, genetinė įvairovė, DNR žymenys, rinkiniai medžiai, selekciniai požymiai, sėklinė plantacija.

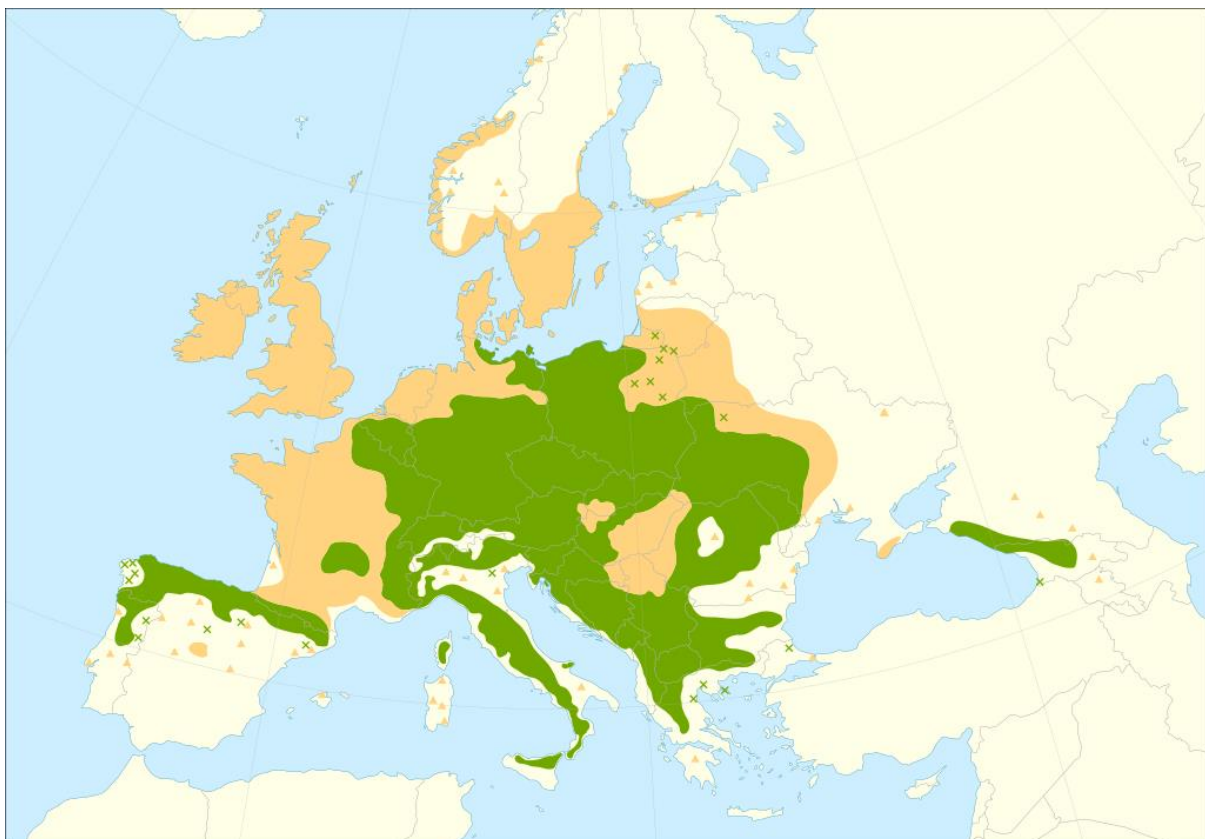
## Turinys

1. Platanalapio klevo paplitimas ir biologinės savybės .....	6
2. Metodika .....	11
2.1 Tyrimų objektas ir darbo uždaviniai .....	11
2.2 Platanalapio klevo geografinės kilmės regionų, genetinės įvairovės rodiklių, erdvinės genetinės struktūros ir inbrydingo rizikos nustatymas DNR žymenų pagalba .....	12
2.2.1 DNR išskyrimas .....	13
2.2.2 Mikrosatelitinių DNR fragmentų pagausinimas ir vizualizacija.....	14
2.2.3 DNR duomenų statistinės analizės.....	16
2.3 Lietuvos medynuose augančių skirtingos kilmės platanalapių klevų ir klonų rinkinių (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014) adaptyvumo, fenologijos, stiebo kokybės požymių įvertinimas ir palyginimas bei jų tinkamumo naudoti Lietuvos miškuose nustatymas .....	17
2.4 Platanalapio klevo bandomųjų želdinių (kodai – 33KpBZ002 ir 45KpBZ001) įvertinimas selekciniu ir atsparumo aspektais.....	18
2.4.1 Genotipų atrankos bandomuosiuose želdiniuose statistinės analizės metodai .....	20
2.5 Tinkamos genetinės įvairovės pribrešančio ir brandaus platanalapio klevo sėklų šaltinių ir rinktinių medžių atranka bei dauginamosios medžiagos rinkimas .....	21
3. Rezultatai .....	23
3.1 Platanalapio klevo geografinės kilmės regionai, genetinės įvairovės rodikliai, erdvinė genetinė struktūra ir inbrydingo rizika.....	23
3.1.1 DNR lokusų charakteristika .....	24
3.1.2 Lietuvos platanalapio klevo populiacijų genetinė kilmė .....	26
3.1.3 Lietuvos platanalapio klevo populiacijų genetinė įvairovė .....	29
3.1.4 Platanalapio klevo Rambyno populiacijos erdvinės genetinės struktūros tyrimas .....	33
3.2 Lietuvos medynuose augančių skirtingos kilmės platanalapių klevų ir klonų rinkinių (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014) adaptyvumas, fenologija, stiebo kokybės požymiai ir jų palyginimas bei tinkamumas naudoti Lietuvos miškuose .....	37
3.3 Platanalapio klevo bandomųjų želdinių (kodai – 33KpBZ002 ir 45KpBZ001) selekciniai ir atsparumo aspektai .....	40
3.4 Tinkamos genetinės įvairovės pribrešančio ir brandaus platanalapio klevo sėklų šaltinių ir rinktinių medžių atranka bei dauginamosios medžiagos rinkimas .....	44
Genetinių tyrimų išvados .....	48
Praktinės rekomendacijos .....	50
Literatūros šaltiniai .....	51
Priedai .....	53

# 1. Platanalapio klevo paplitimas ir biologinės savybės

Platanalapis klevas (*Acer pseudoplatanus* L.) vidurio Europos medžių rūšis, auganti ir Kaukaze bei Pirėnuose, aptinkama mišriuose miškuose kalnų šlaituose (Banaszczak, 2010). Jis paplitęs Austrijoje, Lenkijoje, Rumunijoje, Italijoje, Šveicarijoje ir Balkanų pusiasalyje (1 pav.). Ši rūšis randama net šiaurės Vokietijos lygumose, o pietų Vokietijoje jis plinta Alpių priekalnėse ir dažnai pasitaiko net ties medžių augimo riba.

Nuo XVII a. pradėtas sodinti už natūralaus paplitimo arealo ribų tokiose vietovėse kaip Britų salos (įskaitant Airiją), Belgija, Nyderlandai, Vakarų Prancūzija ir Skandinavija (Rusanen ir Myking, 2003, Pasta et al., 2016). Ši rūšis nesuformuoja grynų medynų, paprastai auga pavieniui arba grupėmis pagrindiniame miško tipe, kuriame vyrauja paprastasis bukas, paprastasis skroblas, europinis kėnis, paprastoji eglė, rečiau aptinkamas su alksniu ir ažuolu. Platanalapis klevas tampa svarbiu arba dominuojančiu ardo medžiu tik bukui netinkamose buveinėse.



- x Natūralus paplitimo arealas ir izoliuotos populiacijos
- ▲ Introdukcija ir natūralizacija bei izoliuotos populiacijos

1 pav. Platanalapio klevo paplitimo arealas (Caudullo et al., 2017)

Žinoma, kad vakarinėje Lietuvos dalyje platanalapis klevas auginamas nuo XIX a. pabaigos. Pirmasis dokumentuotas savaiminis klevo paplitimas užfiksuotas 1950 m. netoli Pagėgių (Gudžinskas, 1998). Lietuvoje nuo seno mėgiamas ir vadinamas jovaru, rūšies plitimą Lietuvoje lėmė sodinimas parkuose ir miestų želdynuose, sodybose, pakelėse taip pat miškuose. Panagrinėjus Lietuvos miestų ir miestelių želdynų inventorizacijos ataskaitas galima rasti, kad platanalapis klevas gana dažnai randama rūšis. Taip pat neretai sutinkamos ir dekoratyvinės jo formos „Atropurpurea“, „Purpurescens“. Labiausiai paplitęs „Atropurpureum“ platanalapis klevas tamsiai žalia viršutine lapo puse ir raudonai violetine apačia. Jis gerai dauginasi sėklomis ir palankiose sąlygose plinta savaime. Klevai auga Pakruojo r. Linkuvos miestelio želdiniuose, Radviliškio miesto parke, Dotnuvos dvaro parke, Utenos miesto parkuose, Ukmergės ligoninės parke, Vilkaviškio miesto želdiniuose, Vilniaus miesto parkuose, Šilutės miesto ir rajono parkuose, Kauno miesto ir rajono želdiniuose bei parkuose, Alytaus miesto želdiniuose. Platanalapis klevas grupėmis auga šiuose Lietuvos parkuose ir miesto želdiniuose: Fredos dvaro parke – botanikos sode, Abromiškių parke (Elektrėnų sav.), Apytalaukio parke (Kėdainių raj.), Baisogaloje (Radviliškio raj.), Liūdynės parke (Panevėžio raj.), Paežerių parke (Vilkaviškio raj.), Pajūrio parke (Šilalės raj.), Rudaminos parke (Lazdijų raj.), Šūklių dvaro parke (Vilkaviškio raj.), Terespolio parke (Kėdainių raj.), Veisiejų parke, Vilkenų parke (Šilutės raj.), Zyplių parke (Šakių raj.) ir kt.

Pagal ataskaitose pateikiamus dendrologinius rodiklius, galime matyti, kad platanalapis klevas ir dabar yra sodinamas miestų želdiniuose pvz. Šiauliuose Karaliaučiaus g. 2024 m. inventorizuoti 4 platanalapiai klevai, kurių aukštis siekia 5 metrus ir pažymėta, kad laiku nepašalinti sodinimo kuolai. Šilutės miesto želdinių inventorizavimo duomenų byloje (2011 m.) rašoma, kad Klaipėdos krašto miškuose gausu jo savaiminukų. Medžiai, augantys vakarinėje Lietuvos dalyje gerai auga, žydi ir dera, ypač pajūryje. Kontinentinėje dalyje per šaltąsias žiemas jo formos apšąla, o stiebai nukenčia nuo žiemospirgių. Čia apžvelgta tik nedidelė dalis ataskaitų, kurios yra viešai prieinamos, todėl tikėtina, kad platanalapis klevas yra gana plačiai paplitęs miestų parkuose ir želdiniuose.

Lietuvos miškuose šis klevas nėra gausiai paplitęs, pagal iš VĮ Valstybinių miškų urėdijos pateiktus duomenis bendras sklypų plotas, kuriuose platanalapis klevas nurodomas kaip vyraujanti rūšis yra 18,3 ha. Labiausiai jis paplitęs vakarinėje Lietuvos dalyje, kai kuriuose miško sklypuose gana gausiai pvz. Norkaičių, Juodkrantės, Rambyno girininkijose. Tai sparčiai auganti rūšis ankstyvoje stadijoje ir toleruojanti įvairaus tipo dirvožemius, todėl gali būti perspektyvi miškų atkūrimo (Pâques L. E., 2013, Pasta et al., 2016). Klevo metinis aukščio prieaugis pirmaisiais metais derlingose dirvose gali būti didesnis nei 1 metras (Rusanen ir

Myking, 2003). Jis taip pat pasižymi greitu natūraliu atsikūrimu, kas kartu su greitu augimu suteikia jam konkurencinį pranašumą prieš kitas rūšis (Vacek et al. 2018). Palankiausi augimui drėgni dirvožemiai, saulėta ar dalinio pavėsio vieta, netoleruoja sausų dirvožemių, todėl netinkamas kaip miesto gatvių medis (Banaszczak, 2010). Tačiau jis yra labai vertingas parkų, sodų ir pakelių medis.

Po paskutiniojo ledynmečio visos dabartinės vietinės miško medžių rūšys atkeliavo į Lietuvą iš ledynmečio prieglobsčio zonų, buvusių toli į pietus, pietvakarius arba pietryčius nuo Lietuvos. Keičiantis klimatui, keitėsi ir miškų rūšinė sudėtis, o bėgant laikui Lietuvos teritoriją pasiekė skirtingos medžių rūšys. Ši poledynmetinė rūšių migracija yra natūralus procesas, kuris tęsiasi iki šiol. Todėl rūšys, kurių natūralaus paplitimo arealas netoli Lietuvos, turėtų būti laikomos nekeliančiomis grėsmės vietinėms miško medžių rūšims. Yra tik laiko klausimas kada šios rūšys natūraliai plisdamos pasieks Lietuvos teritoriją ir praturtins mūsų miškus. Kituose kraštuose augančios medžių rūšys į Lietuvą patenka įvairiais keliais. Vienos iš jų atvežamos iš savo natūralaus išplitimo vietų, kitos pasiekia Lietuvą jau spėję adaptuotis netolimosiose Lietuvai šalyse. Kai kurie mokslininkai siūlo medžių rūšių invazijos etapus sieti su tam tikra rūšies populiacija, ypač kai rūšies paplitimo arealas didelis. Tačiau bet kuriuo atveju reikalingi tyrimai, kad įsitikinti, kokį poveikį vietos augalijai turės svetimžemės rūšies paplitimas Lietuvoje.

Platanalapis klevas yra aplinkos stresoriams atsparus medis, toleruojantis saulės spindulių poveikį ir pramoninę taršą, todėl jis yra naudingas kaip vėjo užtvara miesto aplinkoje, o jo stiprios šaknys puikiai tinka dirvožemio erozijai mažinti (Florineth et al., 2002). Jis yra labai prisitaikantis, gali augti ant stačių uolų šlaitų, nuolaužų ir tarpeklių įvairiose aplinkose ir klimato sąlygose. Platanalapis klevas gerai auga kalkinguose ir maistinių medžiagų turinčiuose dirvožemiuose, nors jam reikalingas geras vandens tiekimas, bet jis sunkiau pakenčia drėgnus dirvožemius (Neophytou et al., 2019). Ši rūšis apdulkinama vėjo ir vabzdžių, o sėklos pasklinda vėjo ir vandens pagalba. Platanalapio klevo mediena yra vertinga baldų gamybai ir stalių darbams, grindų dangoms, popieriaus gamybai, muzikos instrumentų gamybai. Mediena yra kreminės baltos spalvos, švari, neturi nemalonaus kvapo ar skonio, todėl idealiai tinka kulinarijoje (Rusanen ir Myking, 2003).

Dėl klimato šiltėjimo natūraliai plintančios medžių rūšys papildė miško ekosistemas ir užpildė mažiau prie pasikeitusių klimatinių sąlygų prisitaikiusių rūšių ekologines nišas. Tai natūralus ekosistemų kaitos procesas, užtikrinantis miško ekosistemų tvarumą ir praturtinantis jų bioįvairovę (Eiserhardt et al., 2015). Pagal kitų šalių mokslininkų ekologinių nišų talpos modeliavimo tyrimus, panašių ekoklimatinių sąlygų ekosistemos Azijoje talpina penkis, o

Šiaurės Amerikoje du kartus daugiau sumedėjusių augalų rūšių, lyginant su Europos temperatinės zonos ekosistemomis. Tokios rūšys kaip mažalapė ir didžialapė liepos, paprastasis ir platanalapis klevas, bekotis ažuolas ir paprastasis bukas neturi biologinių invaziškumo požymių ir būtų naudingos tiek ekonominiu, tiek ekologiniu požiūriu (Rusanen ir Myking, 2003; Hein et al., 2009).

Šiltėjant klimatui, ypač dėl žemesnio minimalių temperatūrų ekstremumų dažnio, Lietuvos miškuose natūraliai plinta platanalapiro klevo žėliniai (Straigytė ir Baliuckas, 2015). Pagal Rusanen ir Myking (2003), platanalapis klevas greitai auga ir brandina kietą ir ekonominiu požiūriu vertingą medieną, ypač tinkančią grindims, baldams, o greitesnio augimo genotipų – ir popieriaus gamybai. Kai kurie iš jų brandina išskirtinės vertės banguoto rašto medieną, kuri naudojama muzikiniams instrumentams gaminti. Platanalapis klevas atsparus aplinkos taršai, turi gilią šaknų sistemą su pridėtinėmis šaknimis, atsparus vėjovartoms, tinka šlaitams sutvirtinti. Jo sėklų daigumas geras, jauni medžiai auga labai sparčiai ir lenkia daugumą Europos miško medžių rūšių (Rusanen ir Myking, 2003, Pasta et al., 2016).

Platanalapis klevas daugiausiai plinta pietvakarių Lietuvoje, tikėtina – iš vokiečių miškininkų įveistų mažų, mišrių su kitomis medžių rūšimis medynų. Šis klevas natūraliai plinta ir iš autochtoninių šaltinių, esančių šiaurinėje platanalapiro klevo natūralaus išplitimo arealo dalyje dabartinėje Kaliningrado srityje (Caudullo et al., 2017). Pagal 2003 m. inventorizacijos duomenis, jo natūralus išplitimo arealo šiauriausios populiacijos siekė Kaliningrado srities pietinę dalį (Rusanen ir Myking, 2003). Pagal 2017 m. inventorizacijos duomenis, platanalapiro klevo šiauriausios populiacijos pasiekė Lietuvos pietinę ribą. Išliekant panašiam plitimo greičiui, tikėtina, kad per artimiausią dešimtmetį platanalapiro klevo natūralus išplitimo arealas peržengs Lietuvos ribas ir kartu čia jau augančiais mažais medynais sudarys platanalapiro klevo genofondo pagrindą Lietuvoje. Tačiau nežinoma, kiek šis platanalapiro klevo genofondas tvarus, t.y., kokia natūraliai plintančių žėlinių genetinė įvairovė ir kilmė. Dėl neaiškios kilmės žėlinių prisitaikymas prie vietinių ekologinių sąlygų gali būti nepakankamas: pietinės populiacijos, perkeltos toli į šiaurę, gali nukentėti nuo rudeninių šalnų ir žiemos šalčių pažeidimų. Rūšiai plintant iš mažos genetinės įvairovės giminingų šaltinių po visą šalies teritoriją, naujų medynų genetinė įvairovė gali būti per maža norint palaikyti jų tvarumą. Tolimesnėse kartose gali iškilti inbrydingo depresijos rizika, lemianti ligas ir mažą gyvybingumą. Todėl, siekiant ištirti platanalapiro klevo plitimo galimybes, būtina nustatyti pagrindinių platanalapiro klevo sėklų šaltinių Lietuvoje giminystės laipsnį, sąsajas su medžių stiebo kokybe, genetinės įvairovės lygmenį ir kilmės šaltinius pagal DNR žymenis.

LAMMC filiale Miškų institute 2010-2011 m. vykdytos nacionalinės mokslo programos „Lietuvos ekosistemos: klimato kaita ir žmogaus poveikis“ projekto „Svetimkraščių medžių rūšių plitimas Lietuvoje ir procesą sąlygojantys veiksniai“ tyrimai parodė, kad didelė dalis platanalpio klevo pomiškio formuojasi derlingesnėse augavietėse ir ši rūšis geriausiai plinta beržynuose, pušynuose, klevynuose ir liepynuose. Platanalpiui klevui trako glaudumas neturi didelės įtakos: jis gerai plinta vyresnio amžiaus medynuose. Projekte be kitų tyrimų buvo nustatyti svetimkraščių medžių rūšių (*Quercus rubra*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer negundo*, *Fagus sylvatica*, *Larix* spp., *Pinus mugo*, *Pinus contorta*, *Prunus serotina*) plitimą Lietuvoje lemiantys veiksniai, šių rūšių plitimo keliai ir būdai, atskirų rūšių invazyvumo lygmuo. Projekto ataskaitos išvadose paminėta, kad iš tirtų rūšių platanalapis klevas pirmauja tiek pagal pomiškio kiekį, tiek pagal plitimo atstumą. Vienodai gerai plinta keliose augavietėse. Rūšies invazijos laipsnis yra didesnis už vidutinį, o invazyvumas yra žemesnis nei vidutinis.

Vykdamas platanalpio klevo tyrimus Lietuvoje nustatyta, kad jis paplitęs ne tik parkuose, bet ir miškuose. Kaip ir paprastasis klevas, ši rūšis sparčiai plinta miškuose, o atvirose vietose plinta geriau nei paprastasis klevas. Todėl jau dabar būtina atrinkti geriausius ir perspektyviausius medžius sėklinėms plantacijoms veisti, siekiant jų panaudoti miškų atkūrimui ir įveisimui genetiniu-ekologiniu pagrindu, t.y. selekciškai vertinga, atsparia aplinkos veiksniams ir kokybiška miško dauginamąja medžiaga. Kilmės perkėlimo riziką galima įvardinti kaip nedidelę. Keičiantis klimatui iš platanalpio klevo galima tikėtis to paties kaip ir iš paprastojo klevo, t.y. didesnio išplitimo ir įsivyravimo, jei netaikyti kontrolės priemonių.

Lietuvoje įveisti du nevietinės kilmės platanalpio klevo klonų rinkiniai VĮ Valstybinių miškų urėdijos Radviliškio regioninio padalinio Labūnavos girininkijoje – 1,8 ha ir 2,9 ha ploto.

## 2. Metodika

### 2.1 Tyrimų objektas ir darbo uždaviniai

#### **Tyrimų objektas**

Medynai su didele platanalapio klevo priemaiša rūšinėje sudėtyje esantys Kėdainių, Jurbarko ir Šilutės rajonų savivaldybėse. Platanalapio klevo bandomieji želdiniai 2018 m. įveisti Kazlų Rūdos r.p. Šunskų girininkijoje (33KpBZ002) ir Anykščių r.p. Vyžuonų g-joje (45KpBZ001) bei klonų rinkiniai įveisti 2007 m. Radviliškio r.p. Kėdainių g-joje (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014).

#### **Darbo uždaviniai:**

1. Nustatyti Kėdainių, Jurbarko ir Šilutės rajonų savivaldybėse augančių platanalapio klevo medynų su didele šios medžių rūšies priemaiša rūšinėje sudėtyje geografinės kilmės regionus, genetinės įvairovės rodiklius ir inbrydingo riziką DNR žymenų pagalba.
2. Įvertinti ir palyginti Lietuvos medynuose augančių skirtingos kilmės platanalapių klevų ir klonų rinkinių (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014) adaptyvumo, fenologinius, stiebo kokybės požymius, nustatyti jų tinkamumą naudoti Lietuvos miškuose.
3. Atrinkti tinkamos genetinės įvairovės pribrešančio ir brandaus platanalapio klevo sėklų šaltinius ir rinkinius medžius (ne mažiau kaip 40 rinktinių medžių) ateityje naudoti miško dauginamosios medžiagos gavybai ir selekcijai, vadovaujantis Genetinių miško medžių išteklių atrankos metodika, patvirtinta Valstybinės miškų tarnybos direktoriaus 2011 m. gruodžio 30 d. įsakymu Nr. 118-11-0V „Dėl Genetinių miško medžių išteklių atrankos metodikos patvirtinimo“ ir bendradarbiaujant su Valstybine miškų tarnyba. Paruošti duomenis rinktinių medžių pasams sudaryti ir perduoti juos Valstybinei miškų tarnybai.
4. Viename iš tinkamą amžiaus struktūrą turinčių platanalapio klevo medynų atlikti erdvinės genetinės struktūros tyrimą, nustatant inbrydingo laipsnį palikuonyse.
5. Įvertinti platanalapio klevo bandomuosius želdinius (kodai – 33KpBZ002 ir 45KpBZ001) selekciniu ir atsparumo aspektais.

6. Surinkti atrinktų rinktinių medžių dauginamąją medžiagą ir perduoti ją VĮ Valstybinių miškų urėdijai skiepyti ir išauginti skiepytus klonus sėklinei plantacijai įveisti, parengti platanalapio klevo sėklinės plantacijos projektą.

7. Vadovaujantis atliktų tyrimų rezultatais, parengti rekomendacijas platanalapio klevo plėtrai ir selekcijai Lietuvoje.

## 2.2 Platanalapio klevo geografinės kilmės regionų, genetinės įvairovės rodiklių, erdvinės genetinės struktūros ir inbrydingo rizikos nustatymas DNR žymenų pagalba

Pagal gautus duomenis iš VĮ VMU apie platanalapio klevo paplitimą miškuose bei Miškų instituto turimą informaciją buvo atrinkti medynai su didele šios rūšies priemaiša rūšinėje sudėtyje Vidurio bei Vakarų Lietuvoje. Pasirinktuose medynuose atsitiktiniu būdu buvo parenkami medžiai išsidėstę ne mažesniu nei 20 – 30 m atstumu vienas nuo kito. Medienos pavyzdžiai surinkti 2024 m. rugpjūčio – rugsėjo mėn. iš Radviliškio r.p. Lančiūnavos, Šilutės r.p. Rambyno, Norkaičių, Šilutės, Kretingos r.p. Juodkrantės, Palangos girininkijų bei Radviliškio r.p. Kėdainių g-joje esančiame klonų rinkinyje 11KpKR012. Iš kiekvieno medyno buvo surinkta po 25 vnt. medienos pavyzdžių (iš viso 5 medynai). Šilutės r.p. Rambyno g-joje pasirinktas miškas erdvinės genetinės struktūros tyrimui, kuriame pasirinktas 101 brandus medis ir 101 jaunas medelis, iš brandžių medžių imti medienos, o iš jaunų – lapų pavyzdžiai. Klonų rinkinyje 11KpKR012 buvo pasirinktas 51 vnt. skirtingos kilmės klonų. DNR tyrime iširta 1351 platanalapio klevo medžių DNR ėminiai iš 26 populiacijų iš Vokietijos, Šiaurės rytų Lenkijos (Lenkijos pajūrio Nerijos Krinica Morska vietovė) ir Lietuvos.

DNR analizės atliktos Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės Ūkio Akademijos Miško medžių genetikos laboratorijoje, kurioje yra visa įranga reikalinga DNR išskyrimui ir analizėms. DNR išskyrimui naudota įranga: DNR mėginių džiovintuvas (Vacuum Freeze Dryer LDplus, Christ); DNR išskyrimui skirtos pipetės (HandyStep®); mėgintuvėlių maišyklės (IKA® Vortex Genius 3), centrifugos (Eppendorf® 5430/5430R), medžiagos smulkintuvas/homogenizatorius, skirtas susmulkinti medžiagą (spyglius/medieną) DNR išskyrimui (Retsch MM400); DNR koncentracijos matuoklis - bekiuvetis spektrofotometras (NanoDrop One); traukos spintos; PGR prietaisas-gausintuvas/termocikleris (ABI thermal cycler PCR System 9700, Applied Biosystems, Foster City, California, USA); DNR genetinis analizatorius (ABI SeqStudio, Applied Biosystems by Thermo Fisher Scientific, Foster City,

California, USA); rezultatų vertinimo programa GeneMapper ver.6 (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), kompiuteriai ir kt.

### 2.2.1 DNR išskyrimas

Platanalapio klevo (*Acer pseudoplatanus* L.) DNR buvo išskirta iš lapų ir medienos drožlių. Lapai ir medienos drožlės prieš DNR išskyrimą buvo džiovinami, laikant mėginius izoliuotoje dėžėje ant silikagelio apie savaitę. DNR išskirta naudojant modifikuotą Lefort DNR išskyrimo metodą (Lefort ir Douglas, 1999). DNR išskyrimui naudota 100 mg sausų lapų arba 100 mg sausų medienos drožlių. Išdžiovinta medžiaga susmulkta 2 ml „Eppendorf“ mėgintuvėliuose, įdedant metalinius kamuoliukus, naudojant medžiagų homogenizatorių „Retsch MM400“. Susmulkinus medžiagą, išimti metaliniai kamuoliukai, su HandyStep pipete (12,5 ml švirkštas) įpilta 500 μl Lefort DNR išskyrimo buferio. Mėgintuvėliai uždaryti ir trumpai pamaišyti mėgintuvėlių maišyklė. Į kiekvieną mėginį su HandyStep pipete (5 ml švirkštas) įpilta 100 μl 10% SDS buferio. Įpipetuota 6 μl ProteinaseK. Į kiekvieną mėginį su HandyStep pipete (5 ml švirkštas) įpilta 20 μl DTT (1M). Supipetavus DTT, toliau buvo dirbama traukos spintoje. Visas mėgintuvėlio turinys sumaišytas mėgintuvėlių maišyklė ir laikytas vandens vonelėje 1 valandą (lapams) ir 4 valandas (medienai) 60 °C temperatūroje inkubuotis. Po inkubacijos valandų, išėmus mėgintuvėlius iš vonelės, leista mėginams atvėsti apie 10 min. Su HandyStep pipete (12,5 ml švirkštas) į kiekvieną mėginį įpilta 625 μl DNR išskyrimo III buferio. Mėgintuvėliai uždaryti ir mėginiai maišyti mėgintuvėlių maišyklė, kol gautas homogeninis mišinys. Mėginiai įdėti inkubuotis mažiausiai 10 min. -20 °C šaldiklyje. Po inkubacijos, mėgintuvėliai centrifuguoti 15 min. 13 000 rpm greičiu 4 °C temperatūroje. Paruošti nauji, švarūs 1,5 ml mėgintuvėliai. Skaidri tirpalo fazė (apie 650 μl) nupipetuota į naujus, sunumeruotus mėgintuvėlius, naudojant antgalius su filtrais, stengiantis nepaimti šiukšlių. Su HandyStep pipete (12,5 ml švirkštas) į kiekvieną mėginį įpilta 490 μl šalto (laikyto -20 °C) izopropanolio. Mėginiai uždaryti ir kelis kartus atsargiai apversti, kad susimaišytų. Mėginiai buvo paliekami per naktį -20°C šaldiklyje. Išėmus mėginius iš šaldiklio, mėginiai centrifuguoti 25 minutes 13000 rpm greičiu 4 °C temperatūroje. Atsargiai buvo pašalintas visas skystis, paliekant DNR gumulėlį ant mėgintuvėlio dugno džiūti iki 5 minučių. Su HandyStep pipete (12,5 ml švirkštas) į kiekvieną mėginį įpilta 400 μl 70% šalto etanolio (laikytas -20 °C temperatūroje) ir purtant išlaisvinamas DNR gumulėlį nuo mėgintuvėlio dugno. Mėginiai vėl centrifuguoti 10 minučių 13 000 rpm greičiu 4 °C temperatūroje. Po centrifugavimo atsargiai pašalintas visą skystis, paliekant DNR gumulėlį ant mėgintuvėlio dugno džiūti mažiausiai 1

valandą kambario temperatūroje. Su HandyStep pipete (5 ml švirškštas) į kiekvieną mėginį įpilta 50 µl (medienai) ir 100 µl (lapams) distiliuoto autoklavuoto vandens ir įpipetuota 5µl RNAzės. Mėgintuvėliai uždaryti ir trumpai centrifuguoti, po to padėti į šaldytuvą ir laikyti iki ryto. Kitą dieną matuota DNR koncentracija NanoDrop One bekiuvečiu spektrofotometru. Po išskyrimo DNR laikoma šaldiklyje -20 °C temperatūroje.

## 2.2.2 Mikrosatelitinių DNR fragmentų pagausinimas ir vizualizacija

Platanalpio klevo (*Acer pseudoplatanus*) DNR tyrimui buvo naudoti 15 polimorfinių branduolio mikrosatelitų lokusų (2.1 lent).

2.1 lent. Platanalpio klevo (*Acer pseudoplatanus*) DNR tyrimui naudotų mikrosatelitų lokusų charakteristika.

Lokusas	Seka (5' - 3')	Lauktinas aleliu dydis (bp)	Referencija
MAP12 F MAP12 R	CAAAGACCCCAAACTGTAAAGAC AAATATAAAGACATCGGAAAGTTGAG	142-220	Pandey et. all, 2004 (O. Gailing coowriter)
MAP9 F MAP9 R	ACAATAAAAGAGCCACATAGATAG TCTCTCAATTGCAAGGCTTC	89-113	
MAP2 F MAP2 R	CATTAAACACATTTAAGCAAAACAAG ATCGGTTTGACATTGAGTGG	140-196	
MAP40 F MAP40 R	TGCAGGGACACAAATGAATG GTGCATGTCTGTTAGGATTTTGG	148-184	
MAP34 F MAP34 R	ACCATTCTCACCCCTCCATC TAAGTGGGAACATGGCAAGG	120-162	
MAP46 F MAP46 R	CATAATGTAGGGACACATATGAATG GAGCGTCAAAGATTGACTTGG	152-194	
MAP33 F MAP33 R	GCAATGAACACATATACAAACAAGAG GCAACAAATGCCCTCTCAAG	148-184	Segarra-Moragues et al., 2008
MAP10 F MAP10 R	CCACGATCTGGGGTACTGAG CTCTTCTTCGCACCTTTTGG	92-114	
Aop943 F Aop943 R	ACTGTGTAGGAGAGTGAGTGTGAA CTTCCCAAAGGTAGGAACCA	140-170	
Aop122 F Aop122 R	TCCCTCGTTAGATTTACGGTGGTTT TTCTTGATGACGATGATGACGATG	180-200	Graignic et al., 2013
Aop116 F Aop116 R	GGTGGTGTGCTTGATTTGAG CTGTTCGTCCAAAGGAGAAAGAC	90-140	
SM29 F SM29 R	TTAAACAAGCTGAACAACCCAA TCACACGGAAAGACATCAGC	281-301	Kikuchi and Shibata, 2008
SM21A F SM21A R	TAGTTGTGCACCAACCATGC TCCATCAAACGCTGCTATG	179-243	
SM60 F SM60 R	CTTTAGAGCGGCCAAGTTA GAGGGCCATTTTCAGTTGAG	224-237	
Am118 F Am118 R	GAGGGAGGAGGCTGAGAAGA TATCAAAGAAGCCAAGGAAGGTG	140-190	

Platanalapio klevo žymenys buvo pagausinti suskirsčius į dvi žymenų grupes. Kiekvienas žymuo pagausintas 15 µl reakcijos mišinyje (7,5 µl Qiagen Multiplex PCR Master Mix, 1,5 µl Primer Mix, 3 µl RNase free water, 1 µl PVP 1%, 1 µl BSA 20mg/ml ir 1 µl DNR). DNR pagausinimo reakcijos atliktos termocikleryje GeneAmp PCR System9700. Pagausinimo pakopos pateiktos 2.2 lentelėje. Visi blogai identifikuojami ar neaiškūs žymenų pagausinimai buvo pakartojami.

2.2 lentelė. Platanalapio klevo žymenų pagausinimo (PGR) pakopos.

Ciklų skaičius	Pakopos	Temperatūra	Laikas
Ko1	Pirminė denatūracija	95 °C	15 min
28	Denatūracija	94 °C	30 sek.
	Pradmenų prisijungimas	57 °C	1 min. 30 sek.
	DNR sintezė	72 °C	30 sek.
	Galutinė DNR sintezė	60 °C	30 min.
	Inkubacija	4 °C	∞
Ko2	Pirminė denatūracija	95 °C	15 min
28	Denatūracija	94 °C	30 sek.
	Pradmenų prisijungimas	64 °C	1 min. 30 sek.
	DNR sintezė	72 °C	30 sek.
	Galutinė DNR sintezė	60 °C	30 min.
	Inkubacija	4 °C	∞

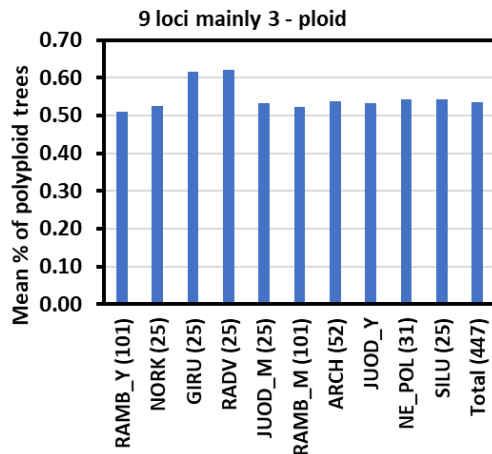
Platanalapio klevo PGR produktų vizualizavimas buvo atliekamas ABI SeqStudio™ (Applied Biosystems by Thermo Fisher Scientific, Foster City, California, USA ) genetiniu analizatoriumi. Alelinis vertinimas buvo atliekamas GENEMAPPER ver. 6 (APPLIED BBIOSYSTEMS).

### 2.2.3 DNR duomenų statistinės analizės

Kadangi 4 iš 9 lokusų buvo poliploidiniai, buvo atlikta ploidiškumo pasiskirstymo tarp populiacijų analizė, siekiant nustatyti ar ploidiškumas nėra būdingas tam tikrai populiacijai. Rezultatai parodė, kad individai, kurie 4-ioose lokusuose turėjo daugiau nei 2 alelius, populiacijose pasiskirsto gana tolygiai, todėl manome, kad mūsų atliktas chromosomų variantų pasirinkimas DNR polimorfizmo ištyrimui neturi reikšmingos įtakos populiacijų struktūros tikslumo nustatymui. Vidutiniškai apie 50 proc. genotipuotų medžių kiekvienoje populiacijoje buvo poliploidai (daugiausiai triploidai). Šiai netolygaus poliploidų pasiskirstymo populiacijose hipotezei nepasitvirtinus (2.1 pav.) ir įvertinus, kad (a) tik mažesnė dalis tam tikro lokuso medžių buvo poliploidiniai, bei (b) vienas ar du iš poliploidiniai lokuso variantų buvo labai žemo polimorfizmo (paprastai dominavo 1-as alelis) į statistines duomenų analizes buvo imti 2 didžiausią imtį ir polimorfizmą turintys tam tikro lokuso variantai (1 priedas). Taigi sudaryti diploidiniai variantai turėjo ir aukšto polimorfizmo poliploidų chromosominius variantus 4-ioose lokusuose. Tokiu būdu buvo atsisakyta mažo informatyvumo variantų lokuse ir analizuojami diploidiniai duomenys. Diploidinio duomenų masyvo sudarymas buvo reikalingas apskaičiuoti standartinius genetinės įvairovės rodiklius tam, kad palyginti juos su natūralios kilmės Vokietijos populiacijomis.

Tradiciniai genetinės įvairovės rodikliai populiacijų viduje apskaičiuoti programa GeneAlex, (Peakall ir Smouse, 2012). Genetinės diferenciacijos (skirtumų) reikšmingumas tarp populiacijų buvo nustatytas pagal genetinės diferenciacijos indeksus, kurie skaičiuoti pagal alelių dažnių skirtumus tarp genetinių vienetų (Gst) programa GeneAlex (Peakall ir Smouse, 2012). Lietuvos populiacijų genetinės kilmės analizė atlikta dviem metodais: (a) Principinių koordinačių analizė pagal želdinių vertinimo (1986) genetinius atstumus tarp populiacijų ir (b) pagal nparametrinį Bajeso klasterinės analizės metodus kompiuterine programa STRUCTURE ver. 2.2.3 (Pritchard et al., 2000). STRUCTURE programos nustatymai: 100 000 MCMC iteracijų, 100 000 žingsnių ilgio *burn-in* periodą tikslu suskirstyti populiacijų medžius į nuo 1 iki 10 genetinių grupių (klasterių K), po 10 pakartojimų kiekvienai grupei. Analizes atlikome pagal giminingų alelių dažnių ir admiksijos algoritmus, su ir be *loc prior* funkcijos. Labiausiai tikėtinas genetinių grupių K skaičius nuo 1 iki 10 Lietuvos populiacijoje buvo nustatytas statistškai pagal programos STRUCTURE\_HARVESTER (Earl ir Von Holdt, 2012) apskaičiuotą deltaK kriterijų ir individų priskyrimo tikimybių paklaidų mažėjimą. Erdvinė genetinė struktūra Rambyno populiacijoje nustatyta pagal (a) erdvinės autokoreliacijos analizę programa GeneAlex (Peakall ir Smouse, 2012) ir (b) genetinių grupių geografinį pasiskyrimą. Genetinės grupės nustatytos visiems 202 Rambyno populiacijos

individams (t.y. kartu brandūs ir jauni medžiai) pagal Bajeso klasterinę analizę kompiuterine programa STRUCTURE ver. 2.2.3 (Pritchard et al., 2000). Labiausiai tikėtinas genetinių grupių K skaičius nuo 1 iki 10 Rambyno populiacijoje buvo nustatytas statistiškai pagal programos STRUCTURE\_HARVESTER (Earl ir Von Holdt, 2012) apskaičiuotą deltaK kriterijų ir individų priskyrimo tikimybių paklaidų mažėjimą.



2.1 pav. Vidutinis (9-ių lokusų vidurkis) procentas poliploidinių individų pagal Lietuvos platanalapijo klevo populiacijas. Skaičiai ties populiacijų kodais X ašyje rodo populiacijos imties dydį.

2.3 Lietuvos medynuose augančių skirtingos kilmės platanalapijų klevų ir klonų rinkinių (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014) adaptyvumo, fenologijos, stiebo kokybės požymių įvertinimas ir palyginimas bei jų tinkamumo naudoti Lietuvos miškuose nustatymas

Atrinktuose 5 medynuose su didele platanalapijo klevo priemaiša Šilutės r.p. Rambyno ir Norkaičių g-jose, Kretingos r.p. Palangos ir Juodkrantės g-jose buvo įvertinta 30 pirmo ardo medžių parinktų atsitiktine tvarka, bet augančių 30 m ir didesniu atstumu vienas nuo kito ir atlikti šie matavimai:

- Aukštis, matuotas aukštimačiu „VERTEX LASER GEO“;
- Skersmuo, matuotas 1,3 m aukštyje žerglėmis „Haglof Mantax“;
- Selekcinė kategorija, vertinta balais nuo 1 iki 5, 1 – blogesnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę, 5 – geresnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę.

Kiekviename medyne amžiaus grąžtu „Haglof“ (35 cm) buvo paimta po du medienos gręžinėlius iš vizualiai vyriausių ir pribrešančių medžių amžiaus nustatymui.

Platanalapio klevo klonų rinkinyje (11KpKR012) buvo atlikti šie matavimai:

- Aukštis, matuotas aukštimačiu „VERTEX LASER GEO“;
- Skersmuo, matuotas 1,3 m aukštyje žerglėmis „Haglof Mantax“;
- Selekcinė kategorija, vertinta balais nuo 1 iki 5, 1 – blogesnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę, 5 – geresnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę.
- Vertintas išlikimas

Platanalapio klevo klonų rinkinyje 11KpKR014 vertinimai nebuvo atliekami dėl jauno medelių amžiaus. Projekto techninėje užduotyje buvo numatyta, kad reikia įvertinti abu klonų rinkinius, todėl jie abu ir įvardijami kaip tyrimų objektai. Buvo nuvykta į abu klonų rinkinius ir fiksuota jų būklė, dėlto atskaitoje naudojome vaizdinę medžiagą iš abiejų rinkinių.

## 2.4 Platanalapio klevo bandomųjų želdinių (kodai – 33KpBZ002 ir 45KpBZ001) įvertinimas selekciniu ir atsparumo aspektais

Bandomuosiuose želdiniuose 2024 – 2025 m. atlikti fenologiniai stebėjimai bei atlikti aukščio ir skersmens matavimai, vertinta selekcinė kategorija bei fiksuotas išlikimas. Fenologija vertinta 2024 04 30 Kazlų r.p. Šunskų g-joje ir 2024 05 03 Anykščių r.p. Vyžuonų g-joje įveistuose bandomuosiuose želdiniuose. Kiekvienam medžiui buvo nustatoma fenologinė fazė pagal 2.3 lentelėje pateiktus požymius. Kiekvienai fazei priskirtas balas: 1 – pumpurų brinkimas, 5 – pilnas lapų išsivystymas (2.2 pav.). Kiekvienam medžiui buvo matuotas aukštis naudojant teleskopinę matuoklę 15 m (1 cm tikslumu), taip pat matuotas skersmuo slankmačiu „TOPEX“ (150 mm) 0,5 m aukštyje (1 mm tikslumu). Selekcinė kategorija vertinta balais nuo 1 iki 5, 1 – blogesnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę, 5 – geresnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę (2.3 pav.). Išlikimas vertintas pažymint kiek yra išlikusių medelių kiekvienoje šeimoje.



1-Pumpurų brinkimas      2- Pumpurų sprogimas      3- Lapų atsivėrimas      4- Lapų pilnas išsiskleidimas      5- Lapų pilnas išsivystymas

## 2.2 pav. Skirtingos fenologinės fazės

### 2.3 lent. Medžių lapų skleidimosi fenologinės fazės

Fazė	Trumpas aprašymas	Vizualiniai požymiai	Biologiniai procesai	Tipinė temperatūra / sąlygos
Pumpurų brinkimas	Pumpurai išbrinksta, pasiruošia sprogimui	Pumpurai pabąla, padidėja, žievė blizgi	Aktyvuojasi augimo hormonai, vyksta ląstelių dalijimasis, pumpuras sugeria vandenį	Vidutinė paros temp. > +5 °C
Pumpurų sprogimas	Žvyneliai skilinėja, matosi lapų užuomazgos	Matomas žalias audinys tarp žvynelių	Chlorofilo sintezės pradžia, stipri augimo aktyvacija	+6–10 °C, be šalnų
Lapų atsivėrimas	Lapai pradeda skleistis, dar švelnūs ir raukšlėti	Maži, šviesiai žali, raukšlėti lapai	Chloroplastų formavimasis, pradeda veikti fotosintezė	+10–12 °C
Lapų pilnas išsiskleidimas	Dauguma lapų visiškai atsivėrę	Laja vientisa, medžio spalva ryškiai žalia	Intensyvi fotosintezė, aktyvi transpiracija	+12–15 °C
Pilnas lapų išsivystymas	Lapai pasiekia galutinį dydį ir tamsiai žalią spalvą	Tanki, pilnai išsivysčiusi laja	Stabilus fotosintezės laikotarpis, medžio energijos kaupimas	+15–20 °C, vegetacijos stabilumas



2.3 pav. Selekcinės kategorijos vertinimas balais

Didesnis įvertinimas skiriamas geresnei požymio vertei. Taikytas kompleksinis selekcinis indeksas šeimų atrankai bandomuosiuose želdiniuose:

$$\text{indeksas} = 0,3 \cdot h_{st} + 0,2 \cdot d_{st} + 0,4 \cdot kat_{st} + 0,1 \cdot isl_{st},$$

kur  $h_{st}$  – šeimos aukščio standartizuota selekcinė vertė,  $d_{st}$  – skersmens,  $kat_{st}$  – selekcinės kategorijos,  $isl_{st}$  – išlikimo.

Medžių šeimose atrankai taikytas indeksas:

$$\text{indeksas} = 0,3 \cdot h_{st} + 0,2 \cdot d_{st} + 0,5 \cdot kat_{st},$$

kur atitinkamai naudotos standartizuotos selekcinės individualių medelių vertės (žymėjimas atitinka prieš tai naudotą).

### 2.4.1 Genotipų atrankos bandomuosiuose želdiniuose statistinės analizės metodai

Duomenų analizė ir programavimas atlikti su statistinės analizės programa SAS (9.4 versija). Palikuonių šeimų selekcinis vertinimas buvo atliktas modifikuojant SAS programą, paruoštą pagal metodiką, kuri buvo patvirtinta vykdant Aplinkos ministerijos užsakomąjį darbą "Paprastosios pušies ir paprastosios eglės genotipų genetiniai tyrimai diferencijuotai selekcijai" (2013 m.) bei "Želdinių vertinimo kriterijai ir metodika" (2005 m.). Naudotos procedūros GLM, TTEST, STANDART, PLOT, MIXED, RANK, CORR. Apskaičiuojant šeimų selekcinės vertes ir genetinius parametrus su procedūra MIXED naudotas statistinis modelis, kur šeima buvo analizuojama kaip atsitiktinis efektas, o blokas kaip fiksuotas. Duomenys buvo filtruojami, pašalinant mažesnio nei dvigubas standartinis nuokrypis nuo vidurkio aukščio medžius. Taip pat šeimos, kuriose likę mažiau nei 4 medžiai, nebuvo vertinamos. Pagrindiniai statistinės analizės metodai: dispersinė analizė (skirtumų esmingumas ir variacijos analizė),

dispersijos komponentų analizė (genetiniai rodikliai), Pearson koreliacijos koeficientai (ryšiai tarp požymių).

Palikuonių želdinių augimo modeliavimui (naudojant duomenis iš abiejų bandymų) buvo panaudotos SAS procedūros REG, RSREG ir G3GRID.

## 2.5 Tinkamos genetinės įvairovės pribrešančio ir brandaus platanalapio klevo sėklų šaltinių ir rinktinių medžių atranka bei dauginamosios medžiagos rinkimas

Medynuose su platanalapio klevo priemaiša vadovaujantis Genetinių miško medžių išteklių atrankos metodika, patvirtinta Valstybinės miškų tarnybos direktoriaus 2011 m. gruodžio 30 d. įsakymu Nr. 118-11-0V „Dėl Genetinių miško medžių išteklių atrankos metodikos patvirtinimo“ buvo atrinkti 48 platanalapio klevo medžiai. Jie pažymėti įprastu rinktinių medžių žymėjimu. Kiekvienam medžiui buvo išmatuoti/ įvertinti žemiau pateikti rodikliai:

- Aukštis, matuotas aukštimačiu „VERTEX LASER GEO“;
- Skersmuo, matuotas 1,3 m aukštyje žerklėmis „Haglof Mantax“;
- Aukštis iki žalių šakų, matuotas aukštimačiu „VERTEX LASER GEO“;
- Aukštis iki sausų šakų, matuotas aukštimačiu „VERTEX LASER GEO“;
- Lajos vidutinis skersmuo, matuotas aukštimačiu „VERTEX LASER GEO“ P→Š ir R→V kryptimis ir apskaičiuotas vidurkis;
- Stiebo tiesumas, vertintas 5 balų skalėje, 5 – labai tiesus, 1 – labai kreivas (daug išsikreivinimų);
- Šakojimosi kampas, vertintas pusės medžio aukštyje 5 balų skalėje, 5 – status (>90°), 1 – labai smailus (<30°);
- Šakų storis, vertintas pusės medžio aukštyje 5 balų skalėje, 5 – labai plonos, 1 – labai storos;
- Sunykusių šakų užgijimas, vertintas 5 balų skalėje: 5 - visiškai užgiję.
- Vilkūglių išsivystymas, pažymimas buvimas arba nebuvimas;
- Sanitarinė būklė, vertinta 5 balų skalėje, 5 – geresnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę, 1 – blogesnė už vidutinę kitų medyno medžių būklę;
- Lajos forma;
- Žievės forma;

- Koordinatė, fiksuota mobiliąja aplikacija „GPS Coordinates“.

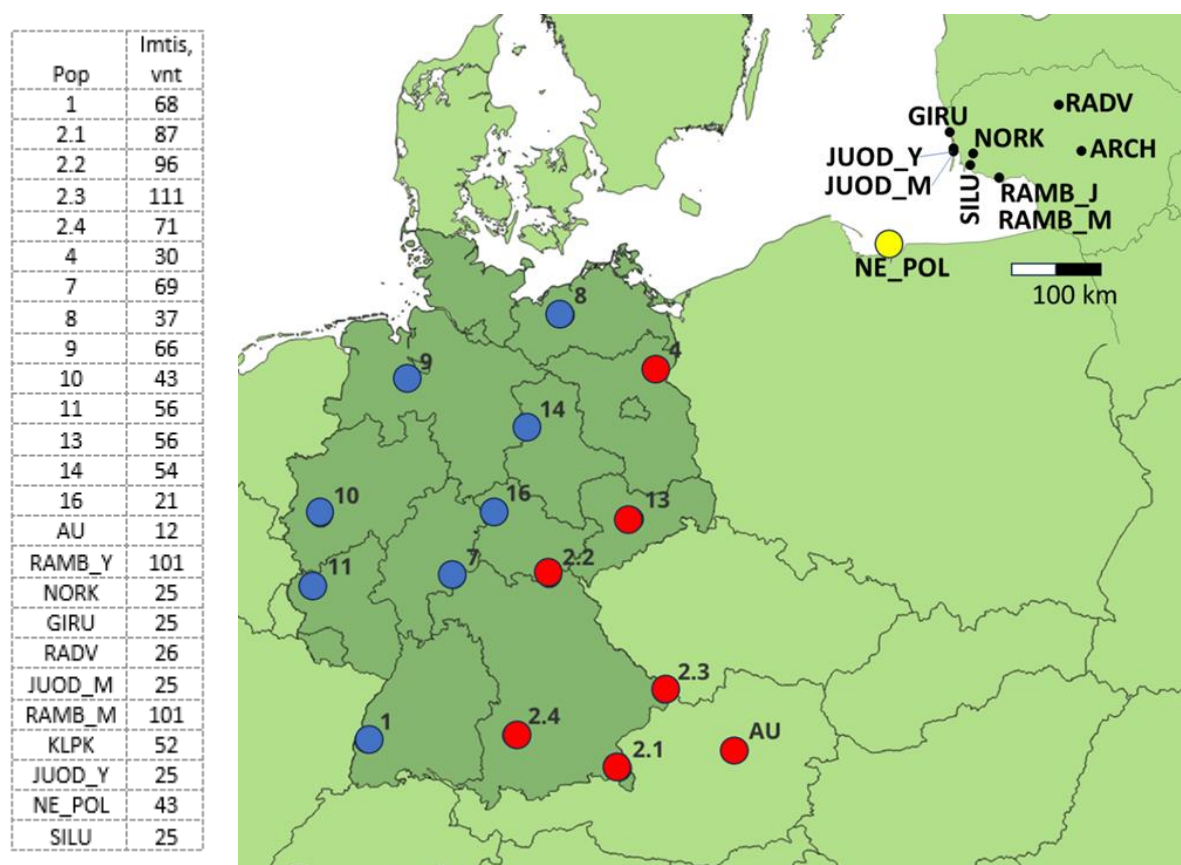
2024 m. pavasarį iš Lenkijos medelyno (artimiausio nuo Lietuvos valstybės sienos sodinukus pardavinėjančio medelyno) buvo nupirkti ir į VMU Dubravos medelyną pristatyti 1000 vnt. platanalapio klevo sodinukų atvira šaknų sistema. Sodinukai buvo pasodinti į 5 l talpos vazonėlius ir toliau auginti medelyne. 2025 m. kovo mėn. nuo atrinktų medžių naudojant teleskopinį 12 m sekatorių arba lipant į medį (taip vadinamu “medžių dviračiu”) buvo surinkti ūgliai ir pristatyti į VMU Dubravos medelyną. Skiepijimo darbus atliko medelyno specialistai.

Didžiąją dalį atrinktų rinktinių medžių (31 vnt.) atlikta genetinė analizė. Rambyno regioniniame parke, kur buvo atliktas erdvinės genetinės struktūros tyrimas, jų yra 23 vnt. Rinktiniai medžiai atrinkti 5 skirtinguose medynuose, vykdant jų atranką buvo išlaikomas 20 – 30 m atstumas tarp atskirų individų. Atrinkti medžiai nėra vienos amžiaus klasės ir tai mažina jų artimos giminystės tikimybę.

### 3. Rezultatai

#### 3.1 Platanalapio klevo geografinės kilmės regionai, genetinės įvairovės rodikliai, erdvinė genetinė struktūra ir inbrydingo rizika

DNR tyrime ištirta 1351 platanalapio klevo (toliau pl. klevo) medžių DNR ėminiai iš 26 populiacijų iš Vokietijos, Šiaurės rytų Lenkijos (Lenkijos pajūrio Nerijos Krinica Morska vietovė) ir Lietuvos (3.1 pav.). Lietuvoje ištirti 474 DNR ėminiai iš 11 populiacijų.



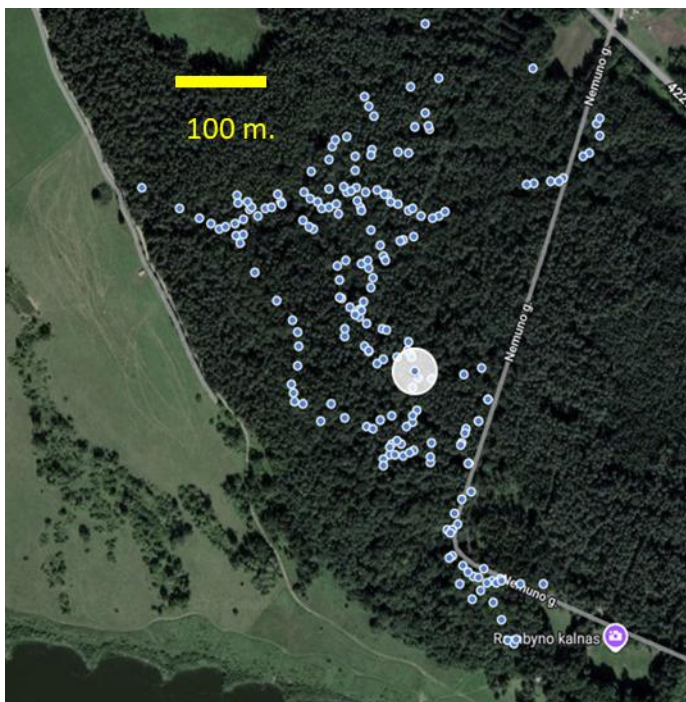
3.1 pav. Tirtų platanalapio klevo populiacijų imties dydžiai (kairėje) ir kilmės vietos (dešinėje). Vokietijos ir Lenkijos teritorijoje skirtingų spalvų apskritimai žymi skirtingus genetinius klasterius pagal DNR tyrimus (Vakarų Vokietija – mėlyni, Rytų Vokietija – raudoni ir ĖR. Lenkija – geltoni). Iš

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112718311289> (1) Neophytou, C.; Konnert, M.; Fussi, B. Western and Eastern Post-Glacial Migration Pathways Shape the Genetic Structure of Sycamore Maple (*Acer Pseudoplatanus* L.) in Germany. Forest Ecology and Management 2019, 432, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.016>.

Medžių skaičius populiacijoje vyravo nuo 12 ar 102 (Vokietijos 2,3 ar Rambyno populiacijose) iki 25 individų (dauguma kitų populiacijų). Kitų šalių genetinės medžiagos ištirti neleido projekto finansinės galimybės. Visose populiacijose išskyrus Rambyno genotipuoti

lytiškai brandūs platanalapio klevo medžiai, išsidėstę ne artimesniais kaip 20-30 m. atstumais vienas nuo kito. Vokietijos populiacijų DNR ėminiai reprezentuoja mišinys iš geografiškai plataus regiono, atitinkančio Vokietijos pagrindinius administracinius regionus išskyrus Bavarijos žemę, kuri padalinta į 4-ris paregionius (2.1 iki 2.4).

Rambyno populiacijoje buvo atliktas erdvinės genetinės struktūros (EGS) tyrimas, todėl vienoje teritorijoje (apytikriai 1 km x 0.5 km) genotipuoti 101 lytiškai brandūs medis ir 101 jauni medeliai (iki 2 metrų aukščio) (3.2pav.).



3.2 pav. Rambyno platanalapio klevo populiacijos EGS tyrimui imtų 101 vyresnių (lytiškai brandžių) medžių ir 101 jaunų medžių išsidėstymas.

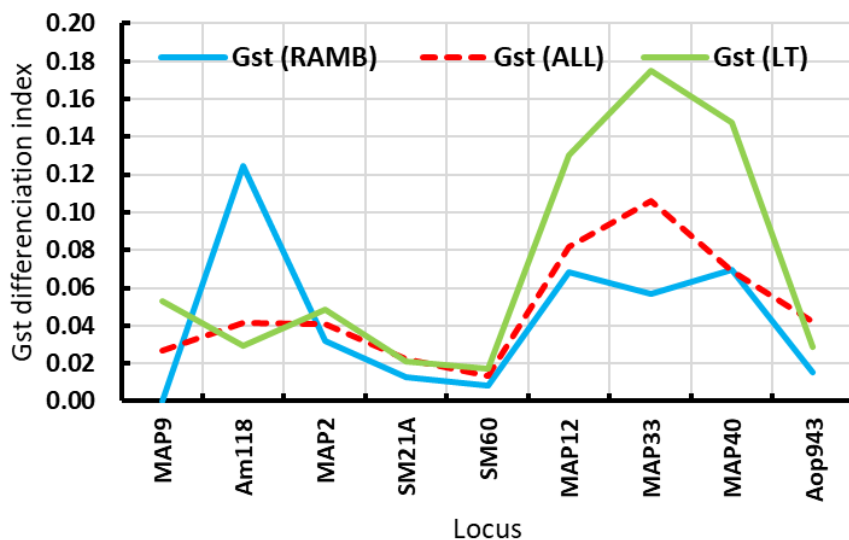
### 3.1.1 DNR lokusų charakteristika

Bendrai branduolio mikrosatelitų lokusai amplifikavo nuo 84 (Rambyno medynas) iki 145 (visa tyrimo imtis 1351 medžių) skirtingų alelių. Tai sudaro aukšto polimorfizmo DNR duomenų masyvą genetinės kilmės ir genetinės įvairovės tyrimui (3.1 lent.). Rambyno populiacija turėjo 84 iš 145 visoje medžiagoje aptiktų alelių, kas sudarė 72 proc. Tai yra palyginti nemažas skaičius alelių, priimant dėmesį vien tik dirbtinį įveisimą (be natūralaus plitimo) ir plitimą vien tik nuo dirbtinai įveistų pirminių šaltinių. Stebimo heterozigotiškumo ( $H_o$ ) rodiklis buvo ypač auštas ( $>0,9$ ) net 4-riems lokusams, kurie buvo poliploidiniai. Poliploidiskumas yra žinomas kaip biologinė savybė išvengti inbrydingo, ypač vabzdžių

apdulkinamoms ir ne visada medynus sudarančioms miško medžių rūšims, tokioms kaip platanalapis klevas. Diploidiniams lokusams  $H_o$  rodiklis buvo mažesnis ir vyravo tarp 0,3 ir 0,7. Poliploidinių lokusų inbrydingo koeficientas buvo neigiamas ir labai žemas, kas rodo stiprią savisaugą nuo inbrydingo šiuose lokusuose. Tai yra tikėtina tolimos evoliucijos pasekmė, gal būt formuojantis platanalapio klevo rūšiai kryžminantis su kitomis klevų rūšimis.

3.1 lent. Mikrosatelitų lokusų charakteristika Lietuvos populiacijų imties (474 medžiai) ir visos tirtos imties (1351 medžiai) ir Rambyno populiacijos (RAMB) pagrindu. Paskutiniame stulpelyje pateikti trumpa lokusų ploidiškumo analizė, kur Lietuvos populiacijų imčiai pateiktas visas sėkmingai gentipuočių individų skaičius (viso), 3-ploidinių ir 4-ploidinių individų skaičiai.

Lokusas	Na RAMB	Na LT	Na ALL	$H_o$ (LT)	$u_{He}$ (LT)	Fis (LT)	Gst (ALL)	Gst (LT)	Gst (RAMB)	Ploidiškumas (LT)
MAP9	5	9	10	0,91	0,55	-0,643	0,03	0,05	0,00	4 (viso 435, 3=110, 4=13)
Am118	8	10	13	0,67	0,72	0,069	0,04	0,03	0,12	2
MAP2	16	19	24	0,72	0,83	0,140	0,04	0,05	0,03	2
SM21A	7	9	10	0,94	0,66	-0,417	0,02	0,02	0,01	4 (viso 435, 3=236, 4=47)
SM60	7	10	11	0,95	0,64	-0,484	0,01	0,02	0,01	4 (viso 447, 3=125, 4=14)
MAP12	14	17	32	0,68	0,85	0,202	0,08	0,13	0,07	2
MAP33	12	18	20	0,61	0,89	0,313	0,11	0,17	0,06	2
MAP40	2	6	6	0,28	0,40	0,299	0,07	0,15	0,07	2
Aop943	13	19	19	0,97	0,80	-0,208	0,04	0,03	0,02	4 (viso 447, 3=414, 4=321)
<b>Mean</b>	<b>84</b>	<b>117</b>	<b>145</b>	<b>0,75</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,081</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04</b>	-
<b>SE</b>				<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,121</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	-



3.2 pav. Populiacijų genetinės diferenciacijos indeksai, apskaičiuoti skirtingose imtyse: RAMB - tarp 3-jų genetinių grupių Rambyno populiacijoje, ALL - visoje medžiagoje (1351 medžiai iš 26 populiacijų) ir Lietuvos populiacijos (474 medžiai iš 11 populiacijų).

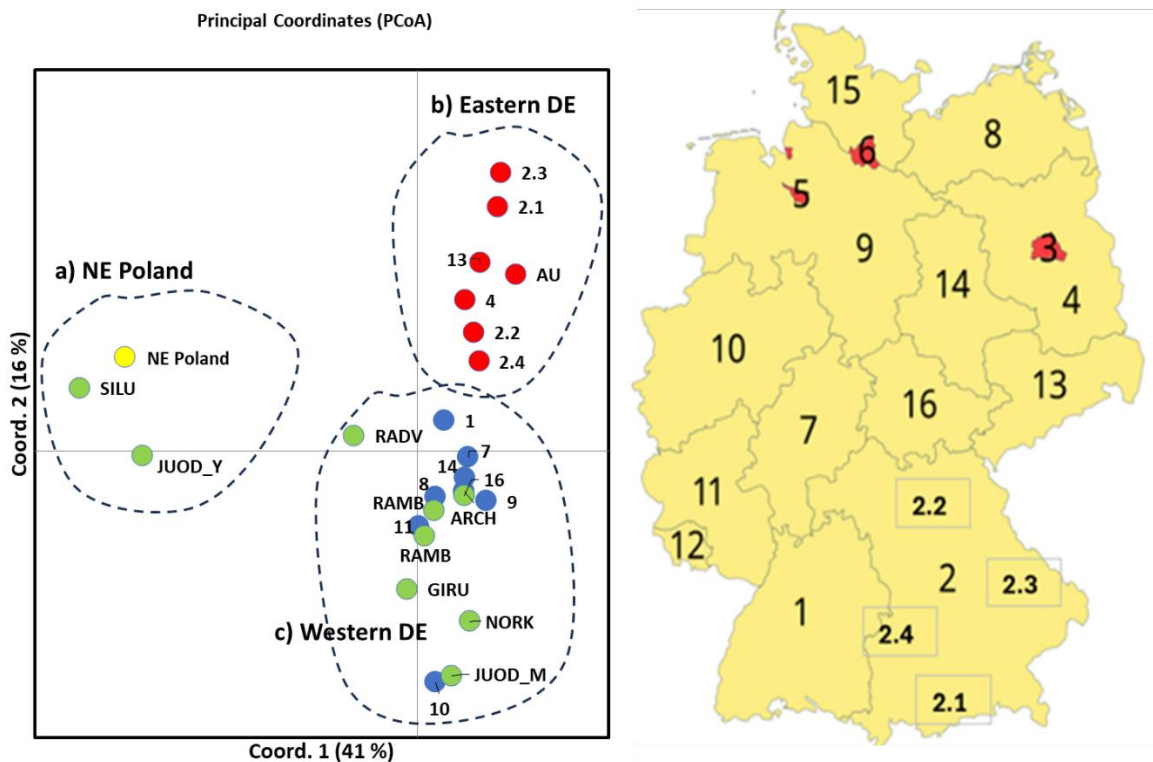
Lokusų geografinė genetinė diferenciacija visose populiacijose, tik lietuviškas populiacijas ir tik genetines grupes Rambynų medynė buvo panaši (3.2 pav.). Stipriausiai populiacijas ir genetines grupes medyno viduje skyrė 3 lokusai - MAP12, MAP33 ir MAP40. Tai būtent iš platanalpio klevo genomo išskirti mikrosatelitų lokusai, kai tuo tarpu kiti lokusai išskirti iš kitų klevo rūšių genomų. Ypač stipriai šie trys lokusai atskyrė Lietuvos populiacijas, kas rodo jų kilmės heterogeniškumą (3.2 pav.).

### 3.1.2 Lietuvos platanalpio klevo populiacijų genetinė kilmė

Principinių koordinacijų analizė (PKA) pagal genetinius atstumus tarp populiacijų parodė, kad mūsų tirtoje medžiagoje išsiskiria trys savitos genetinės grupės (3.3 pav.):

- a) Šiaurės rytų Lenkijos (Lenkijos pajūrio Nerijos Krinica Morska vietovė) genetinė grupė kartu su Šilutės populiacija ir Juodkrantės jaunų medelių populiacija,
- b) Vakarų Vokietijos genetinė grupė kartu su dauguma Lietuvos populiacijų ir
- c) Rytų Vokietijos ir Bavarijos genetinė grupė (toliau sutrumpintai vadinama Rytų Vokietija), į kurią nepateko nei viena Lietuvos populiacija.

Radviliškio populiacija turėjo genetinius panašumus su Šiaurės rytų Lenkijos ir Vakarų Vokietijos genetinėmis grupėmis. Pirma pora svariausių PKA komponentų sudarė 57 proc. viso DNR masyvo kintamumo, kas rodo, kad šios PKA yra svarbios populiacijų diferenciacijai. Pirmoji ir kur kas reikšmingesnė PKA atskyrė Šiaurės rytų Lenkijos ir Vokietijos populiacijas, o antroji – Vakarų ir Rytų Vokietijos populiacijas.



3.3 pav. Platanalpio klevo populiacijų genetinė struktūra pagal Nei genetinius atstumus Principinių koordinacių analizės (PKA) metodu. Lietuvos populiacijos žymėtos žaliai, Vakarų Vokietijos – mėlynai, Rytų Vokietijos - raudonai ir Šiaurės rytų Lenkijos - geltonai. Vienoje grupėje esančios populiacijos yra genetiškai panašios. Dešinėje esančiame Vokietijos žemių žemėlapyje parodyti Vokietijos populiacijų kilmės rajonai (kodai atitinka Vokietijos populiacijų kodus diagramoje kairėje pusėje).

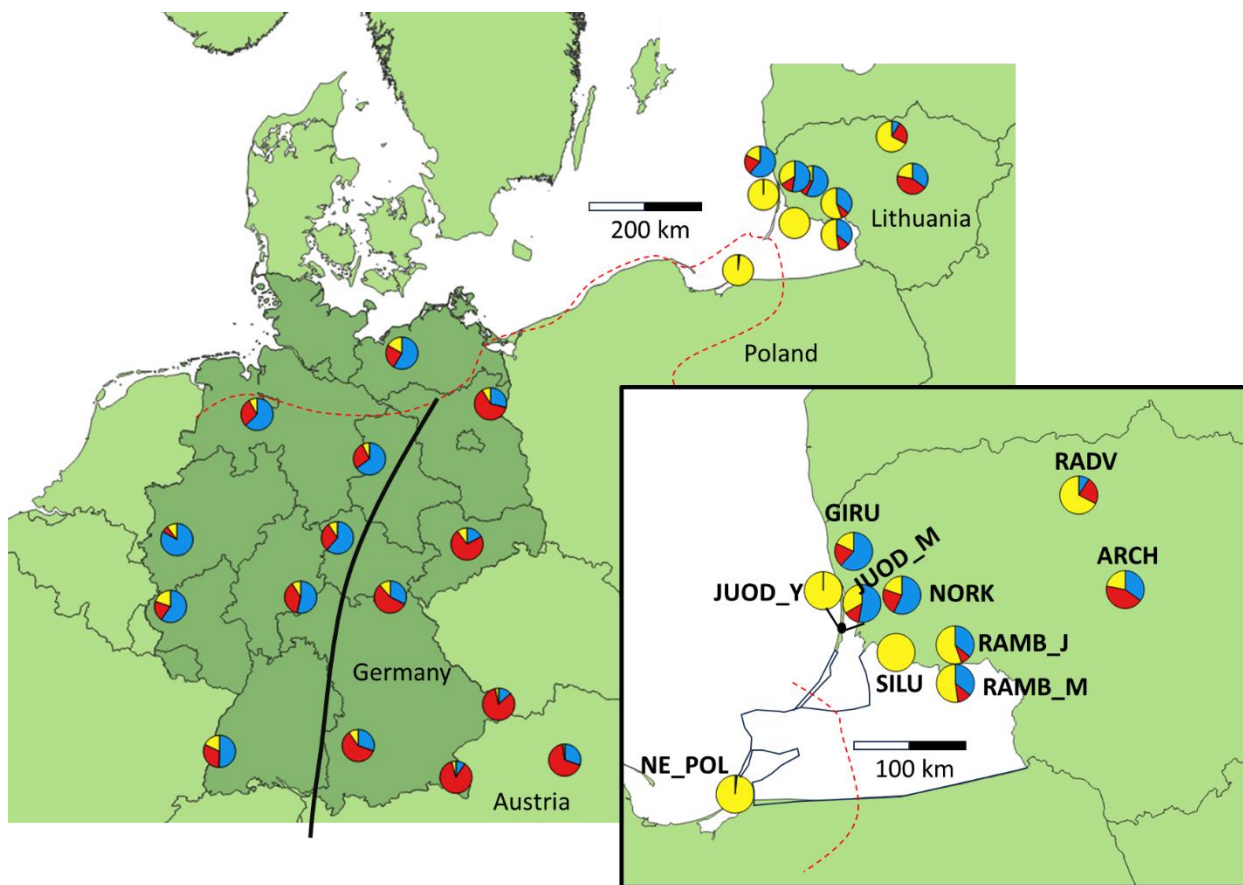
Bajeso klasterinė analizė patvirtino PKA analizės rezultatus (3.4 pav.): (a) Vokietijoje išskirtos dvi vakarų ir rytų genetinės grupės su stiprėjančia priemaiša (angl. admixture) tarp šių grupių jų geografinio artumo zonoje vidurio Vokietijoje, (b) Šiaurės rytų Lenkijos genetinis klasteris (NE Poland). Iš Lietuvos populiacijų, Juodkrantės jaunų medelių (JUOD\_Y) ir Šilutės (SILU) vyresnių (lytiškai brandžių) medžių populiacijos yra genetiškai tapačios su Šiaurės rytų Lenkijos populiacija (NE Poland). Juodkrantės vyresnių medžių (JUOD\_M), Girulių (GIRU) ir Norkaičių (NORK) vyresnių medžių populiacijose dominuoja Vakarų Vokietijos genetinė grupė. Rambyno (RAMB) tiek jaunų tiek vyresnių medžių populiacijose tolygiai išplitusios Vakarų Vokietijos ir Šiaurės rytų Lenkijos genetinės grupės. Radviliškio populiacijoje dominuoja Šiaurės rytų Lenkijos genetinė grupė. Kėdainių klonų archyve (ARCH) yra lygus skaičius atstovų iš visų mūsų tyrime rastų genetinių grupių.

Kaip parodė mūsų tyrimas ir ankstesni tyrimai Vokietijoje (Neophytou et al., 2019) platanalpio klevo genofondas Vokietijoje yra gana homogeniškas ir pagal DNR žymenis galima išskirti tik dvi – Vakarų ir Rytų Vokietijos genetines grupes. Tai lemia mūsų galimybes priskirti iš Vokietijos kilusias Lietuvos populiacijas tik vienai iš šių geografiškai plačių

genetinių grupių. Vokietijos populiacijų perkėlimo atstumas į Lietuvą yra gana tolimas, todėl vargu ar išleisti papildomi nemaži pinigai tikslesnių kilmės rajonų paieškai atsipirktų, kadangi adaptaciniu požiūriu populiacijos perkėlimo efektas reikšmingai nepasikeistų.

Neatmestina hipotezė, kad arčiausiai natūralaus platanalapio klevo išplitimo arealo esančių Juodkrantės jaunų medžių ir Šilutės populiacijos yra vieni pirmųjų natūralių platanalapio klevo migrantų palikuonys/atstovai. Mūsų tyrinėta Šiaurės rytų Lenkijos Krinica Morska populiacija yra Lenkijoje esančioje Nerijos dalyje, apie 100 km nuo Juodkrantės. Pagal 2014 metų duomenis, platanalapio klevo natūralus išplitimo arealas siekia Zelengradsko miestą Rusijos Kaliningrado srityje, t.y. apie 50 km nuo Juodkrantės (S1 pav. prieduose, Pasta et al. 2016). Nuo to laiko jau praėjo 10 metų! Platanalapio klevo sėklos puikiai plinta vandeniui. Šią natūralios migracijos hipotezę parvirtina ir mūsų atradimas, kad Juodkrantės vyresnių medžių populiacija priklausė Vakarų Vokietijos gentinei grupei, o jaunų medelių populiacija (kuri yra arčiau Baltijos jūros kranto) yra genetiškai tapati Lenkijos pajūrio Krinica Morska populiacijai. Tačiau šiai natūralus plitimo hipotezei patvirtinti reikia detalesnio genetinio tyrimo.

Apibendrinant Kėdainių, Jurbarko ir Šilutės rajonų savivaldybėse augančių platanalapio klevo medynų su didele šios medžių rūšies priemaiša rūšinėje sudėtyje DNR duomenų PKA ir Bajeso klasterinė analizės rezultatus galima teigti, kad minėtos Lietuvos platanalapio klevo populiacijos yra kilę iš dviejų skirtingų geografinės kilmės rajonų: (1) Šiaurės rytų Lenkijos: Juodkrantės jaunų medelių, Šilutės ir Radviliškio populiacijos ir dalis Rambyno populiacijos, (2) plataus Vakarų Vokietijos geografinės kilmės rajono: Juodkrantės vyresnių medžių, Norkaičių ir Girulių populiacijos ir dalis Rambyno populiacijos. Vienintelis Kėdainių klonų archyvas turėjo santykiškai ženklesnį kiekį Rytų Vokietijos genetinės grupės individų. Kaip parodė erdvinės genetinės struktūros analizė (žr. žemiau), Rambyno populiacija turi stipriai išreikštą erdvinę genetinę struktūrą, todėl tikėtina, kad jos kilmė galėjo būti iš abiejų Šiaurės rytų Lenkijos ir Vakarų Vokietijos regionų. 18-19 šimtmečiuose Vakarų Vokietijoje ypač Švarcvalde (Schwarzwald) veikė didelės sėklų aižymo ir prekybos įmonės (<https://www.fao.org/4/x5393e/x5393e05.htm>), kas galėtų būti būtent Vakarų Vokietijos platanalapio klevo genofondo dominavimo Lietuvoje priežastimi. Šiaurės rytų Lenkijos ir Lietuvos Juodkrantės bei Šilutės populiacijų genetinis panašumas gali būti natūralios platanalapio klevo migracijos vandeniui pasekmė. Tokiu būdu dalis platanalapio klevo genofondo yra pasiekusi Lietuvą natūralios migracijos būdu. Tačiau šiai natūralus plitimo hipotezei patvirtinti reikia detalesnio genetinio tyrimo.



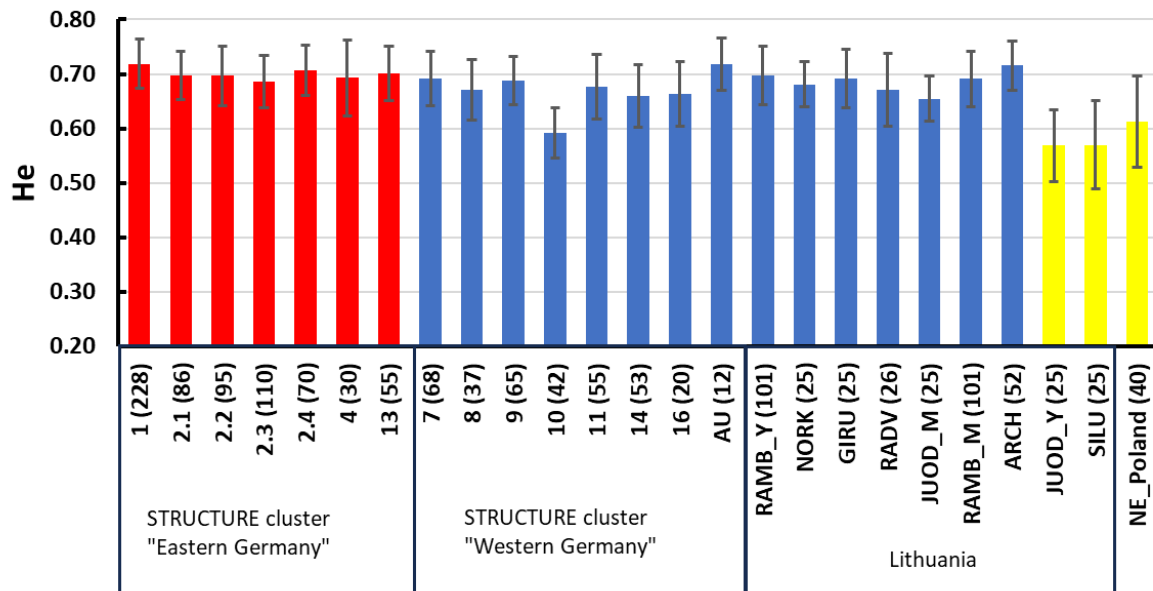
3.4 pav. Platanalapiro klevo populiacijų Bajeso klasterinės analizės rezultatai programa STRUCTURE. Individai suskirstyti į tris genetinės grupes ir jų santykinis pasiskirstymas parodytas apskritimų diagramose, žyminčiose populiacijų kilmės vietas. Raudona punktyrinė linija rodo platanalapiro klevo natūralaus išplitimo arealo šiaurinę ribą. Juoda vertikali linija išilgai Vokietijos skiria Rytų ir Vakarų Vokietijos platanalapiro klevo genetines grupes.

### 3.1.3 Lietuvos platanalapiro klevo populiacijų genetinė įvairovė

Lyginant Vokietijos ir Lietuvos populiacijų genetinę įvairovę, atkreiptinas dėmesys į skirtingas populiacijų imtis. Lietuvos ir Lenkijos populiacijose dominavo 25-40 individų imtis, išskyrus Rambyno populiacijas (po 101 vnt.), viso genotipuoti 474 Lietuvos platanalapiro klevo individai.

Pagrindinio genetinės įvairovės indikatorius - alelinės įvairovės rodikliai (lauktinas heterozigotiškumas,  $H_e$  ir efektyvus alelių skaičius,  $N_a$ ) reikšmingai nesiskyrė tiek lyginat Vokietijos su Lietuvos populiacijomis, tiek ir tarp Lietuvos populiacijų, išskyrus Juodkrantės jaunų medelių (JUOD\_Y), Šilutės vyresnių medžių (SILU) ir Šiaurės rytų Lenkijos populiacijas (NE\_Poland), kurios turėjo reikšmingai žemesnius alelinės įvairovės indeksus (3.2 lent., 3.5 pav.). Būtent Juodkrantės jaunų medelių, Šilutės vyresnių medžių ir Šiaurės rytų

Lenkijos populiacijos sudarė atskirą genetinį klasterį pagal savo genetinę kilmę (iš Šiaurės rytų Lenkijos, žr. praeitame poskyryje). Aukščiausia aleline įvairove pasižymėjo Kėdainių klonų archyvo populiacija, kas yra tikėtina tokiam objektui kaip klonų rinkinys iš skirtingų ir geografiškai nutolusių rūšies arealo dalių.



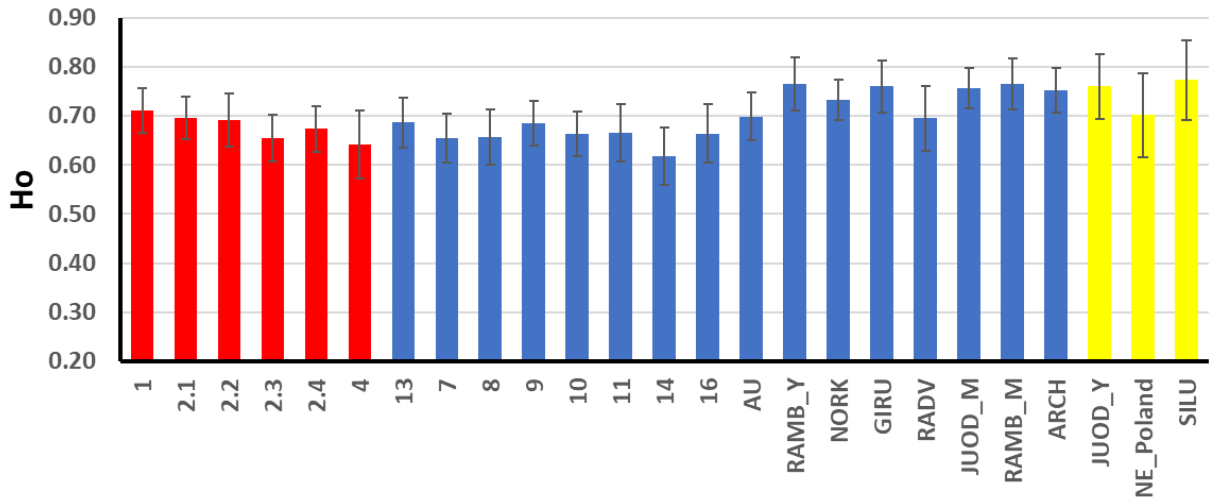
3.5 pav. Populiacijų vidutinis lauktinas heterozigotiškumas (pagrindinis alelinės įvairovės indeksas). Stulpelių spalva atitinka populiacijų genetinę grupę pagal kilmę (atskirtą vertikaliai brūkšniais X ašyje). Apačioje duoti genitinių grupių pavadinimai. Paklaidos linijos rodo standartinę paklaidą. Skaičiai ties populiacijų kodais rodo jų imties dydį.

Visos Lietuvos platanalpio klevo populiacijos turėjo gerokai aukštesnį stebimo heterozigotiškumo ( $H_o$ ) rodiklį (3.6 pav.). Tai rodo dažniau vykstantį kryžminimąsi tarp genetiškai skirtingų individų Lietuvos nei Vokietijos platanalpio klevo populiacijose. Lietuvos populiacijos taip pat turėjo reikšmingai žemesnį inbrydingo koeficientą nei Vokietijos populiacijos (3.7 pav.).

3.2 lent. Platanalpio klevo populiacijų genetinės įvairovės rodikliai. Na – alelių skaičius, Ne – efektyvus alelių skaičius, Ho stebimas heterozigotiškumas, uHe – lauktinas heterozigotiškumas, Fis – inbrydingo koeficientas.

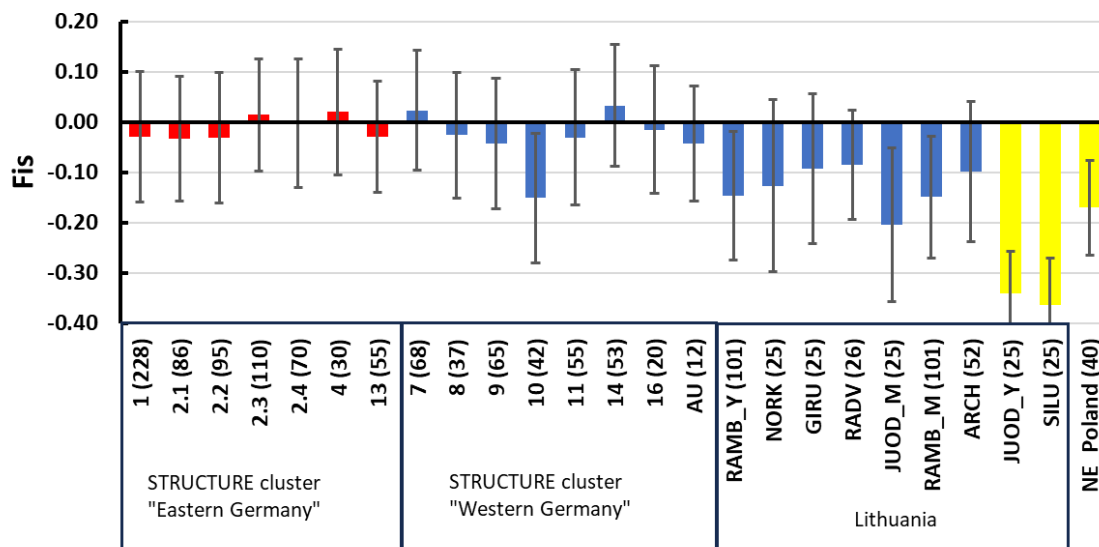
Genetinė grupė Vokietijoje	Populiacijos ID	Imtis, vnt	Na	Ne	Ho	uHe	Fis
Vakarų	1	228	11,3	4,490	0,71	0,72	-0,030
Rytų	2,1	86	9,7	3,949	0,70	0,70	-0,034
Rytų	2,2	95	9,9	4,533	0,69	0,70	-0,031
Rytų	2,3	110	9,6	4,015	0,65	0,69	0,014
Rytų	2,4	70	9,9	4,371	0,67	0,71	-0,003
Rytų	4	30	7,8	4,482	0,64	0,69	0,020
Rytų	13	55	7,8	4,223	0,69	0,70	-0,029
Vakarų	7	68	9,0	3,981	0,66	0,69	0,023
Vakarų	8	37	7,8	3,684	0,66	0,67	-0,027
Vakarų	9	65	8,6	3,785	0,68	0,69	-0,043
Vakarų	10	42	6,6	2,590	0,66	0,59	-0,151
Vakarų	11	55	9,2	3,970	0,67	0,68	-0,031
Vakarų	14	53	7,9	3,646	0,62	0,66	0,033
Vakarų	16	20	6,4	3,430	0,66	0,66	-0,015
Rytų	AU	12	6,3	3,888	0,70	0,72	-0,043
-	RAMB_Y	101	8,4	4,412	0,77	0,70	-0,147
-	NORK	25	5,1	3,420	0,73	0,68	-0,127
-	GIRU	25	6,1	3,798	0,76	0,69	-0,093
-	RADV	26	5,8	3,499	0,69	0,67	-0,085
-	JUOD_M	25	5,7	3,174	0,76	0,65	-0,205
-	RAMB_M	101	8,6	4,063	0,76	0,69	-0,150
-	ARCH	52	8,4	4,281	0,75	0,72	-0,099
-	JUOD_Y	25	4,8	2,558	0,76	0,57	-0,341
-	NE_Poland	40	7,0	3,400	0,70	0,61	-0,171
-	SILU	25	4,8	2,873	0,77	0,57	-0,364

Santykinai žemesnis Lietuvos populiacijos inbrydingo koeficientas rodo nukrypimus nuo atsitiktinio kryžminimosi dėl dažnesnio kryžminimosi tarp genetiškai skirtingų individų, nei Vokietijos populiacijose. Tai rodo, kad Lietuvoje dažniau kryžminasi kartu ar netoliese augantys skirtingos genetinės kilmės platanalpio klevo individai ir tai yra teigiamas procesas, mažinantis inbrydingo depresijos riziką. Praeitame skyriuje aprašyta STRUCTURE genetinės struktūros analizė parodė, kad dauguma Lietuvos populiacijų turi Šiaurės rytų Lenkijos ir Vakarų Vokietijos populiacijų priemaišą (3.4 pav.).



3.6 pav. Populiacijų vidutinis stebimas heterozigotiškumas (rodantis paravimose tarp giminingų individų laipsnį populiacijų tėvinėje kartoje). Stulpelių spalva atitinka populiacijų genetinę grupę pagal kilmę.

Apibendrinant Lietuvos populiacijų genetinės įvairovės tyrimą pagal DNR žymenis, galime teigti, kad iš Vakarų Vokietijos genetinio klasterio kilę Lietuvos populiacijos savo aleline įvairove ir inbrydingo lygmeniu reikšmingai neisiskyrė nuo natūralios kilmės populiacijų Vokietijoje. Tačiau iš Šiaurės rytų Lenkijos kilusios Juodkrantės jaunų medelių ir Šilutės populiacijos turėjo reikšmingai mažesnę alelinę įvairovę ir reikšmingai mažesnį inbrydingo koeficientą, nei likusios Lietuvos populiacijos. Žemesnės Juodkrantės jaunų medelių, Šilutės vyresnių medžių ir Šiaurės rytų Lenkijos populiacijų alelinės įvairovės priežastimi gali būti jų kilmė iš platanalpio klevo arealo kraštinių populiacijų. Daugelio miško medžių rūšių genetinių tyrimų rezultatai DNR žymenų pagrindu parodė, kad plintančios į naujus regionus, taip vadinamos „priešakinės populiacijos“ yra fragmentuotos ir todėl būna mažiau genetiškai įvairios nei pagrindinės arealo dalies populiacijos (Rehm et al., 2015). Kita vertus, visos Lietuvos populiacijos išsiskyrė nuo Vokietijos autochtoninių populiacijų dažniau pasitaikančiu kryžminimusi tarp genetiškai skirtingų individų. Tai rodo, kad Lietuvoje dažniau kryžminasi kartu ar netoliese augantys skirtingos genetinės kilmės platanalpio klevo individai ir tai yra teigiamas procesas, mažinantis inbrydingo depresijos riziką. Lietuvos platanalpio klevo populiacijų genetinė įvairovė yra pakankama rūšies tvariam plitimui, be tiesioginio inbrydingo depresijos pavojaus pirmose savaiminio plitimo kartose. Tačiau šis plitimas būtų ekologiškai tvaresnis ir ekonomiškai naudingesnis, papildant savaimine plintančias populiacija santykinai aukštesnio adaptyvumo, adaptabilumo ir ekonominės vertės selekcine medžiaga.



3.7 pav. Populiacijų vidutinis inbrydingo koeficientas (Fis, kurio aukštos teigiamos reikšmės rodo didelius nukrypimus nuo atsitiktinio kryžminimosi tarp giminingų individų). Stulpelių spalva atitinka populiacijų genetinę grupę pagal kilmę (atskirtą vertikalčiai brūkšniais X ašyje). Apačioje duoti genetinių grupių pavadinimai. Paklaidos linijos rodo standartines paklaidas. Skaičiai ties populiacijų kodais rodo jų imties dydį.

### 3.1.4 Platanalapio klevo Rambyno populiacijos erdvinės genetinės struktūros tyrimas

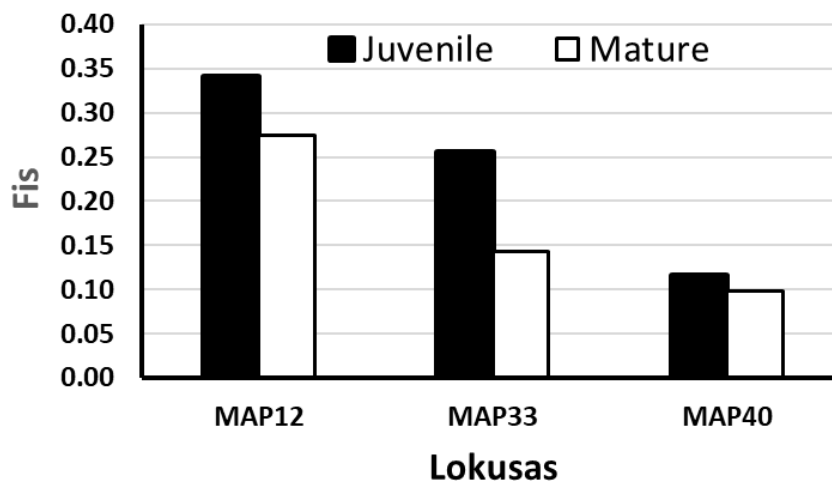
Rambyno populiacijos natūralios kilmės jaunesnio amžiaus (iki 10 metų, 101 vnt.) platanalapio klevo medeliai visais vidutiniais genetinės įvairovės rodikliais, tame tarpe ir inbrydingo koeficientu, reikšmingai nesiskyrė nuo kartu viename sklype augančių jų tėvinės kartos medžių (lytiškai brandūs medžiai, 101 vnt.) (3.3 ir 3.4 lent.). Tai rodo, kad nėra reikšmingos inbrydingo depresijos rizikos pirmose platanalapio klevo natūralaus želimo kartose. Tačiau matyti ir neigiamos tendencijos, kai keliuose aukšto inbrydingo lokusuose (MAP12, MAP33, MAP40) jaunos kartos medelių inbrydingo koeficientas buvo gerokai aukštesnis nei tėvinės kartos medžių grupėje (3.8 pav.). Lokusuose MAP12, MAP33, Fis jaunoje kartoje didėjo net 10 %, kas rodo, kad genetinės įvairovės tendencijos kartų eigoje gali keistis mažėjimo link.

3.3 lent. Rambyno populiacijos natūralios kilmės jaunesnio amžiaus (iki 10 metų, 101 vnt.) ir brandaus amžiaus (lytiškai brandūs medžiai, 101 vnt.) platanalpio klevo medžių grupių vidutinių genetinės įvairovės rodiklių palyginimas.

Amžiaus grupė	Rodiklis	N, vnt	Na	Ho	He	Fis	Poliploidai
Jauni	<b>Vidurkis</b>	<b>101</b>	<b>8,44</b>	<b>0,77</b>	<b>0,69</b>	<b>-0,147</b>	<b>51 %</b>
	St, pakl,	-	1,54	0,07	0,05	0,129	-
Brandūs	<b>Vidurkis</b>	<b>101</b>	<b>8,56</b>	<b>0,76</b>	<b>0,69</b>	<b>-0,150</b>	<b>52%</b>
	St, pakl,	-	1,46	0,06	0,05	0,120	-

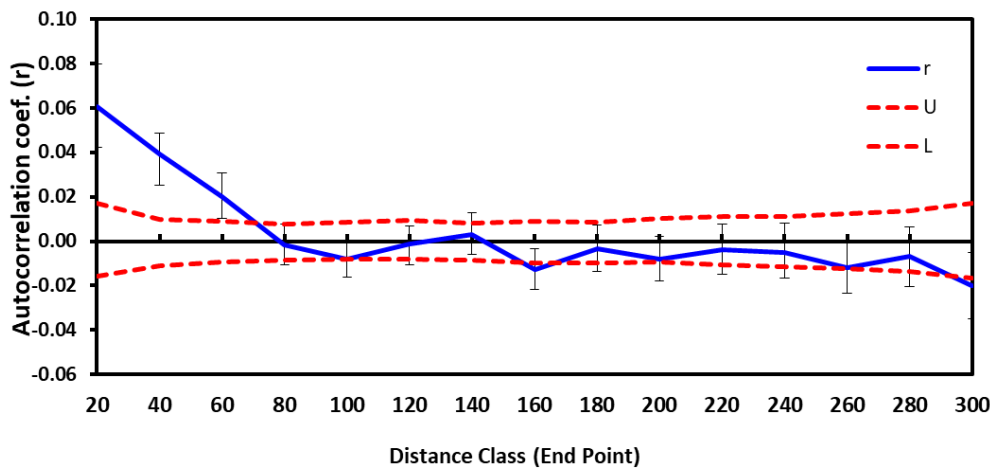
3.4 lent. Rambyno populiacijos natūralios kilmės jaunesnio amžiaus (iki 10 metų, 101 vnt.) ir brandaus amžiaus (lytiškai brandūs medžiai, 101 vnt.) platanalpio klevo medžių grupių genetinės įvairovės rodiklių palyginimas pagal atskirus lokusus.

Lokusas	Na		Ho		He		F	
	Jauni	Brandūs	Jauni	Brandūs	Jauni	Brandūs	Jauni	Brandūs
MAP10	3	5	0,90	0,95	0,52	0,53	-0,732	-0,800
Am119	7	8	0,69	0,71	0,69	0,71	-0,006	-0,004
MAP3	15	15	0,80	0,72	0,83	0,80	0,038	0,093
SM21A	7	5	0,91	0,89	0,64	0,63	-0,421	-0,421
SM61	6	6	0,98	0,92	0,60	0,61	-0,630	-0,518
MAP12	14	11	0,57	0,61	0,87	0,85	0,341	0,274
MAP33	12	12	0,66	0,75	0,89	0,88	0,256	0,143
MAP40	2	2	0,38	0,38	0,43	0,42	0,116	0,099
Aop944	10	13	0,99	0,94	0,77	0,77	-0,285	-0,214



3.8 pav. Inbrydingo koeficiento (Fis) palyginimas tarp jaunos (*juvenile*) ir vyresnės kartos (*mature*) platanalpio klevo medžių Rambyno populiacijoje 3-juos aukščiausio inbrydingo lokusuose.

Erdvinės genetinės struktūros (EGS) analizė Rambyno populiacijoje atskleidė reikšmingą erdvinę genetinę struktūrą - EGS heterogeniškumo (stiprumo) koeficientas Omega buvo aukštas 101,5, ir statistškai reikšmingas aukščiausiu  $p=0.001$  lygmeniu. Tai rodo, kad giminingi pl. klevo individai tiek tėvinėje, tiek palikuonių kartose yra susitelkę į erdvinis klasterius. Erdvinės autokoreliacijos analizė parodė, kad genetiniai atstumai yra statistškai reikšmingai susiję su geografiniais atstumais apie 60 metrų perimetro geografinės grupėse (3.9 pav.). Tai rodo, kad giminingų individų klasterių dydis Rambyno populiacijoje yra apie 60 metrų.

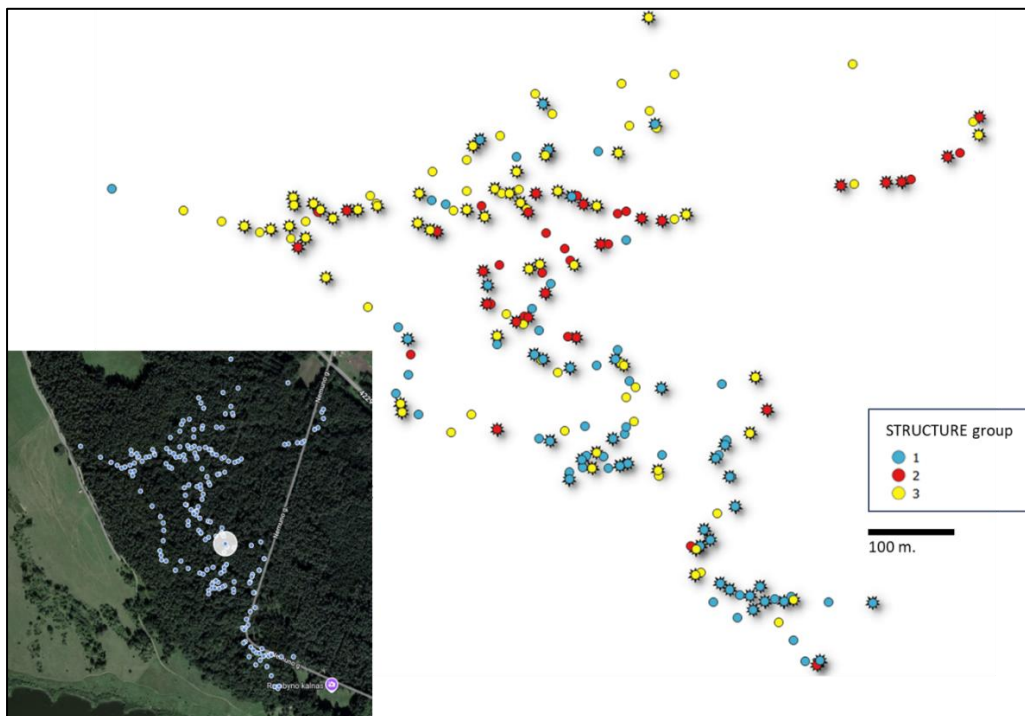


3.9 pav. Erdvinės autokoreliacijos koeficientai priklausomai nuo atstumų tarp individų (X ašis, kur duotas atstumas tarp medžių metais). Raudonos punktyrinės linijos rodo autokoreliacijos koeficiento statistinio reikšmingumo ribas.

Rambyno populiacijos individų Bajeso klasterinė analizė parodė, kad Rambyno populiacijoje labiausia tikėtina yra 3-jų genetinių grupių struktūra (2, 3 ir 4 grupių deltaK kriterijai atitinkamai buvo lygūs 4,4, 29,5 ir 4,7, 3.5 lent). Šios 3-jų genetinių grupių geografinis išsidėstymas Rambyno populiacijoje buvo erdviškai savitas – t.y. kiekviena grupė formavo atskiras erdvines grupes (3.10 pav.). Šių grupių apytikris dydis buvo 50-70 metrų, kas atitinka erdvinės autokoreliacijos analizės rezultatus. Pirma genetinė grupė (mėlyni apskritimai 3.10 pav.) buvo išsidėstę sklypo pietinėje pusėje arčiau Nemuno, antroji genetinė grupė (raudoni) – rytinėje sklypo dalyje ir trečioji genetinė grupė (geltoni) dominavo šiaurinėje sklypo dalyje.

3.5 lent. Labiausia tikėtino genetinių grupių skaičiaus nustatymo analizės rezultatai Evano metodu programa „STRUCTURE HARVESTER“

K	Pakartojimai	Vidut, LnP(K)	St, nuokr LnP(K)	Ln'(K)	Ln''(K)	Delta K
1	5	-5484,9	0,52	NA	NA	NA
2	5	-5344,46	5,40	140,44	23,72	4,4
<b>3</b>	<b>5</b>	<b>-5227,74</b>	<b>5,27</b>	<b>116,72</b>	<b>155,6</b>	<b>29,5</b>
4	5	-5266,62	27,0	-38,88	127,58	4,7
5	5	-5177,92	26,13	88,7	45,12	1,7
6	5	-5134,34	9,78	43,58	210,68	21,5
7	5	-5301,44	55,14	-167,1	156,36	2,8
8	5	-5312,18	66,9	-10,74	NA	NA



3.10 pav. Platanalapio klevo STRUCTURE genetinių grupių erdvinis išsidėstymas Rambynų populiacijoje. Platanalapio klevo medžių augimo vietos pažymėtos apskritimais, kurių spalva rodo jų genetinę grupę. Dantytu krašteliu aplink apskritimą pažymėti vyresnio amžiaus (lytiškai brandūs) individai.

Tarp šių trijų genetinių grupių, stipriausia genetiškai išsiskyrė 2-oji genetinė grupė: genetinės diferenciacijos indeksas ( $F_{st}$ ) tarp 1-mos ir 3-čios genetinės grupės buvo 0,021\*\*\*; o  $F_{is}$  tarp 1-mos ir 2-nos grupės buvo 0,044\*\*\*, bet tarp 3-čios ir 2-ros – 0,046\*\*\*.

3.6 lent. Genetinės įvairovės rodiklių palyginus tarp 3-jų STRUCTURE genetinių grupių Rambyno populiacijoje.

Genetinė grupė	N	Na	Ne	Ho	uHe	F
1	Vidurk, 74	7,2	4,00	0,78	0,69	-0,181
	St, pak, -	1,1	0,67	0,05	0,05	0,118
2	Vidurk, 41	6,3	3,03	0,75	0,62	-0,215
	St, pak, -	1,0	0,39	0,09	0,06	0,119
3	Vidurk, 87	7,6	3,73	0,77	0,67	-0,177
	St, pak, -	1,2	0,69	0,06	0,05	0,121

Antrosios genetinės grupės alelinės įvairovės rodikliai buvo nežymiai žemesni (3.6 lent.), tačiau tam įtakos galėjo turėti beveik perpus mažesnė 2-ios genetinės grupės imtis (41 medis, prieš 78 ir 84 ir 71-o medžio 1-os ir 3-ios genetinės grupės imties dydžius). Visos genetinės grupės turėjo panašų stebimo heterozigotiškumą (Ho). Šis rodiklis nėra priklausimas nuo imties dydžio, todėl pagal jį galima objektyviai palyginti genetines grupes.

Apibendrinus erdvinės genetinės analizės rezultatus Rambyno populiacijoje darytina išvada, kad platanalapiro klevo natūraliuose žėliniuose gali formuotis giminių klasteriai. Šis dėsnīgumas tolesnėse kartose gali priversti prie inbrydingo depresijos. Todėl siūlome natūralius platanalapiro klevo žėlinius pildyti su iš sėklinių plantacijų išaugintais sodmenimis.

### 3.2 Lietuvos medynuose augančių skirtingos kilmės platanalapių klevų ir klonų rinkinių (kodai – 11KpKR012 ir 11KpKR014) adaptyvumas, fenologija, stiebo kokybės požymiai ir jų palyginimas bei tinkamumas naudoti Lietuvos miškuose

Dėl tinkamumo vertinimui (didesnis medelių aukštis ir amžius) buvo vertintas tik klonų rinkinys, įveistas 2007 metais (11KpKR012) (3.11 pav). Tam, kad išvengti poskiepio įtakos klonams ir tiksliau įvertinti fenologiją, buvo vertinamos jų palikuonių šeimos bandomuosiuose želdiniuose (33KpBZ002 ir 45KpBZ001).

Vidutinė selekcinė kategorija klonų archyve yra maždaug vienu balu žemesnė nei bandomuosiuose želdiniuose. Skiepytų klonų vidutinė selekcinė kategorija teigiamai, nors ir silpnai, koreliavo su Šunskų tų pačių šeimų aukščiu (0,21) ir selekcinė kategorija (0,12). Su Vyžuonų želdiniais koreliacijos nebuvo. Su fenologija buvo nestiprus neigiamas ryšys, rodantis vėlyvesnių šeimų pranašumą. Klonų rinkiniuose (taip pat ir želdiniuose) matomi

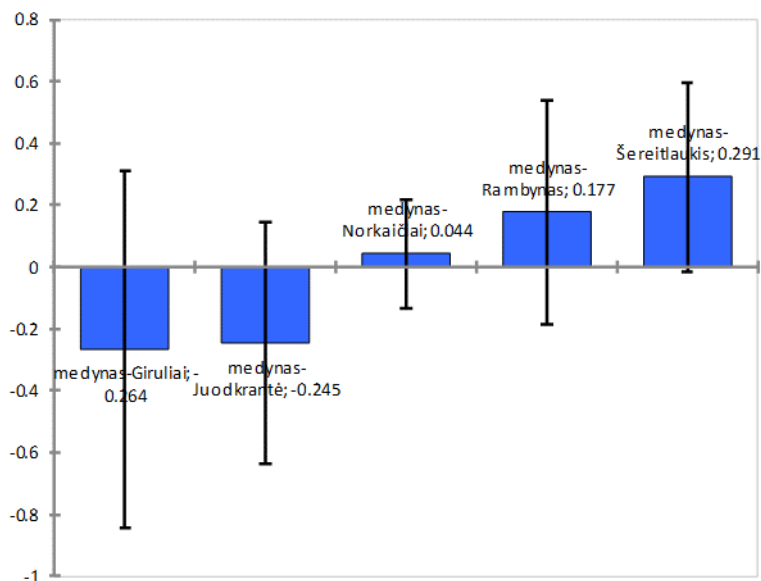
žievės pažeidimai greičiausiai yra paros temperatūros skirtumų pavasario metu poveikio išdava 3.12 pav.). Tą patvirtina ir Valstybinės miškų tarnybos specialistai atsakingi už medžių ligas.



3.11 pav. Platanalapio klevo klonų rinkiniai Radviliškio r.p. Kėdainių g-joje, kairėje 11KpKR012, dešinėje 11KpKR014

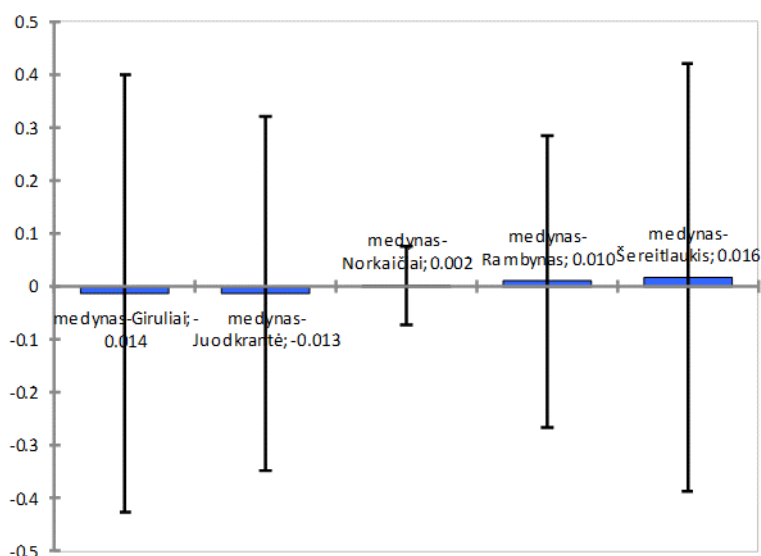


3.12 pav. Klonų rinkinyje 11KpKR012 užfiksuoti pažeisti medelių stiebai



3.13 pav. Medžių aukštis skirtinguose medynuose. Y ašyje standartizuotų koeficientų reikšmės. Antenos žymi pasikliautinius intervalus (95 %).

Iš 3.13 paveikslo matyti, kad aukščiausi medžiai auga Šereitlaukio miške (27 m), o žemiausi – Giruliuose – 21 m (Palangos g-ja). Daugiausiai rinktinių medžių buvo atrinkta Rambyno girininkijoje (priklauso ir Šereitlaukio miškas). Medynai beveik nesiskyrė pagal stiebų tiesumą ir selekcinę kategoriją (3.14 pav). Trumpa slypų, kuriuose atlikti matavimai, charakteristika pateikiama 3.7 lentelė.



3.14 pav. Medžių selekcinė kategorija skirtinguose medynuose. Y ašyje standartizuotų koeficientų reikšmės. Antenos žymi pasikliautinius intervalus (95 %).

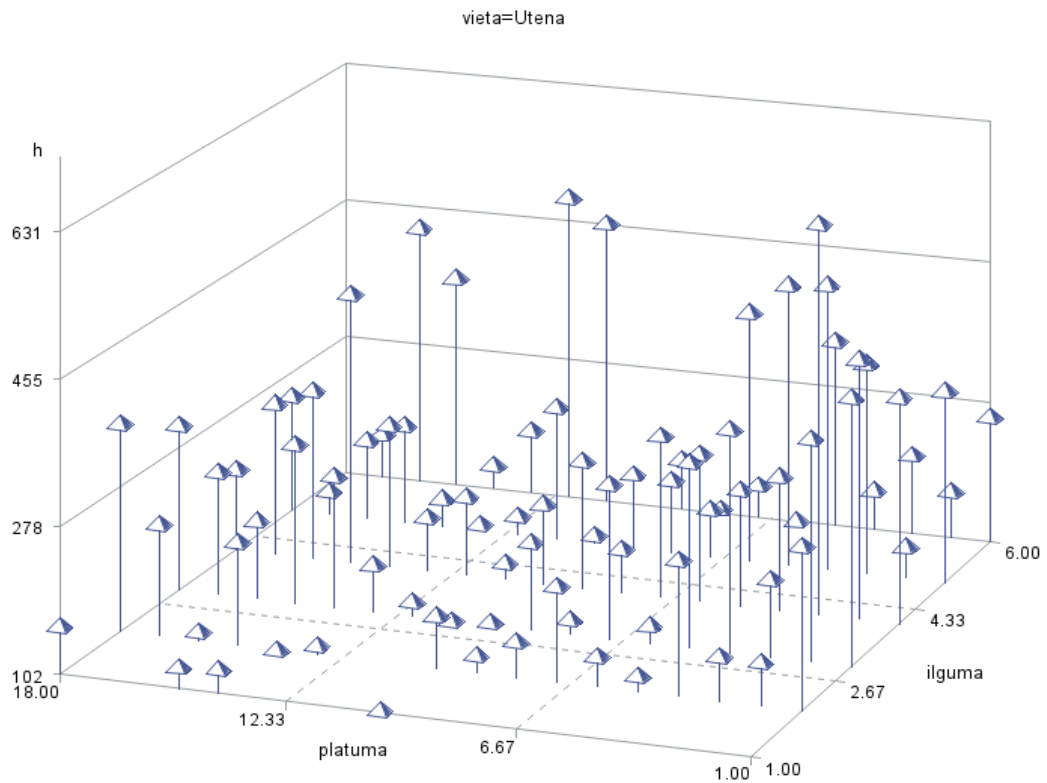
3.7 lent. Miško sklypų taksaciniai duomenys

Regioninis padalinys	Girinikija	Kvartalas	Sklypas	Augavietė	Miško tipas	Rūšinė sudėtis	Amžius, pabręstančio/brandaus	Bonitetas
Šilutės	Norkaičių	326	1	Ncl	ox	9P 1E	38/79	1A
Šilutės	Rambyno	171	19	Ncl	ox	10P 7P 2K	50/70	1
Šilutės	Rambyno	228	27	Ncp	ox	1E 7Kk 2P	61/80	1A
Kretingos	Palangos	134	1	Ncl	ox	1K	43/56	2
Kretingos	Juodkrantės	49	50	Ncl	ox	10P	72/73	2

### 3.3 Platanalapio klevo bandomųjų želdinių (kodai – 33KpBZ002 ir 45KpBZ001) selekciniai ir atsparumo aspektai

Bandomieji želdiniai Vyžuonų ir Šunskų girininkijose pagal pavasarinę fenologiją beveik nesiskyrė. Šiek tiek anksčiau lapai skleidėsi Šunskų girininkijos želdiniuose. Koreliacija tarp želdinių šeimų vidurkių yra patikima 0,53. Šeimų vidurkis Vyžuonų želdiniuose buvo 2,8 (37 šeimos), Šunskų - 3,2 (39 šeimos). Želdinių amžius ir šeimų sudėtis nesiskiria, tačiau Šunskų želdiniai trečdaliu aukštesni (3,6 m), nei Vyžuonų (2,4 m). Selekcinė kategorija Šunskuose 12 % geresnė nei Vyžuonose ir gerai koreliavo su šeimų aukščiu, priešingai nei Vyžuonų želdiniuose. Šeimų selekcinė kategorija silpnai siejosi tarp želdinių. Selekcinės kategorijos koreliacija su fenologija abiejuose želdiniuose buvo neigiama (-0,23, -0,26) ir rodo vėlyvesnių genotipų pranašumą.

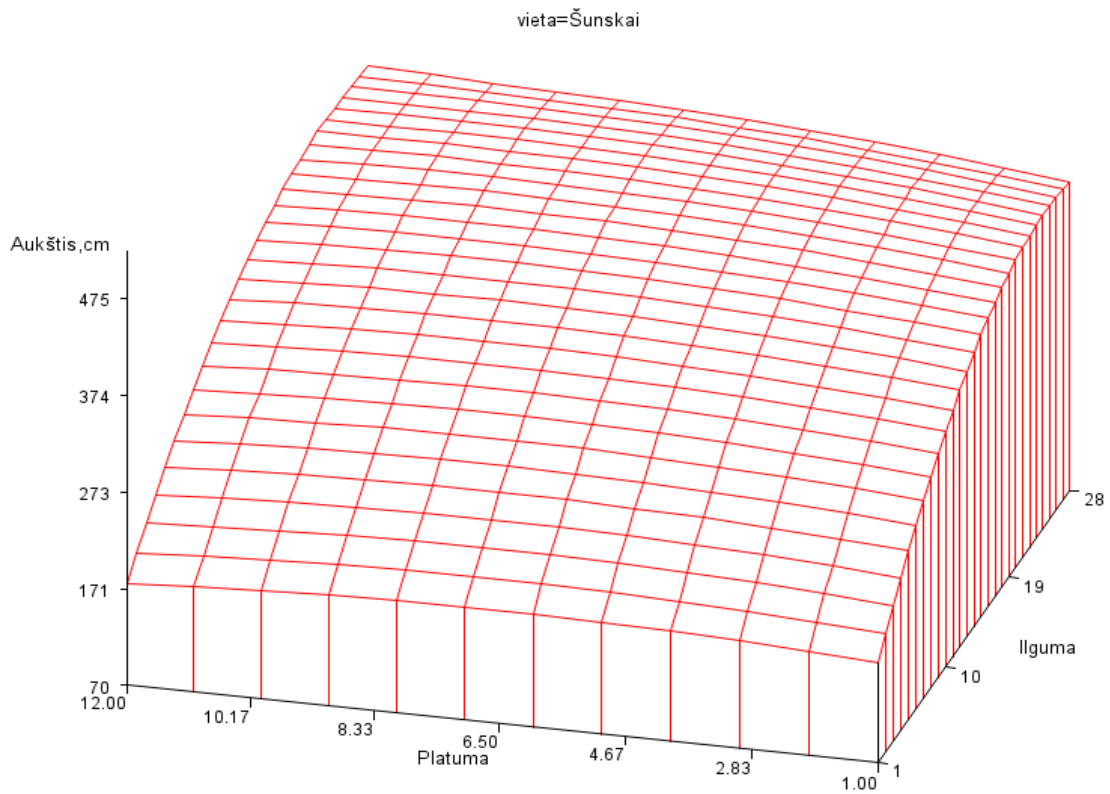
Šunskų želdiniuose išsilaikymas 80 %, Vyžuonų - 47 %. Išlikimas buvo didesnis ankstyvesnėse pagal fenologiją šeimose (28-38%) ir mažesnis šeimose su geresne selekcine kategorija (20-38 %). Iš 3.15 – 3.19 paveikslų matyti, kad želdiniuose yra tam tikras aukščio svyravimas, kuris priklauso nuo priedangos, t.y. krūmų ir medžių apsauginės juostos, nes dirvos paviršius yra lygus. Kuo arčiau priedangos, tuo didesnis aukštis. Taip yra abiejuose želdiniuose ir taip pat pastebima klonų rinkiniuose. Akivaizdu, kad jauname amžiuje platanalapiui klevui reikalinga priedanga arba mišrinimas su palydovinėmis rūšimis: egle, juodalksniu, liepa, skroblu. Tą parodo ir žievės pleišėjimas (3.20 pav).



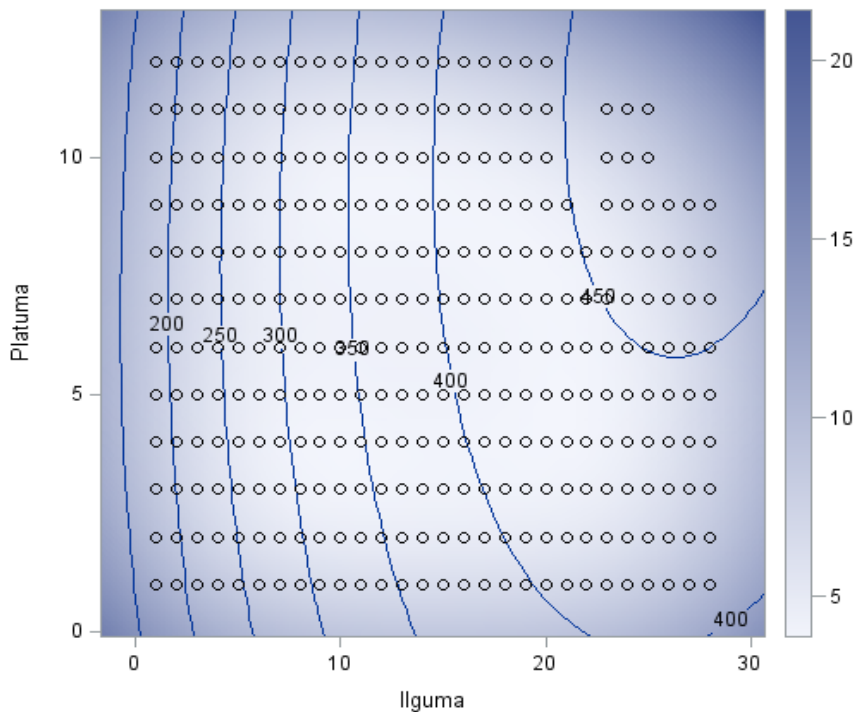
3.15 pav. Platanalapio klevo aukštis Vyžuonų želdiniuose 9 metų amžiuje. Platuma atitinka eiles, o ilguma – pakartojimus. Piramidės rodo aukščio vidurkius pakartojimuose.



3.16 pav. Platanalapio klevo želdiniai Anykščių r.p. Vyžuonų g-joje (45KpBZ001)



3.17 pav. Platanalapio klevo želdinių aukštis Šunskuose 9 metų amžiuje. Platuma atitinka pakartojimus, o ilguma – eiles.



3.18 pav. Platanalapio klevo želdinių aukščio izolinijos Šunskuose 9 metų amžiuje. Platuma atitinka pakartojimus, o ilguma – eiles.



3.19 pav. Platanalapio klevo želdiniai Kazlų rūdos r.p. Šunskų g-joje (33KpBZ002)



3.20 pav. Fiksuoti žievės pažeidimai želdiniuose

Atlikus skaičiavimus gauta, kad bloko efektas yra reikšmingas aukščiui, skersmeniui ir išlikimui. Selekcinei kategorijai ir fenologijai jis buvo nereikšmingas. 3.8 lentelėje pateikti paveldėjimo koeficientai. Jie apskaičiuoti Šunskų želdiniuose dėl gero medelių išsilaikymo ir augimo bei didesnio šeimų skaičiaus. Kaip ir daugeliu kitų atvejų skaičiuojant paveldėjimą miško medžių palikuonių želdiniuose, didžiausios paveldėjimo reikšmės gautos fenologijai. Tačiau selekcinė kategorija, kaip netiesioginis reikšminis požymis, taip pat turi gerą koeficientą, ypač šeimoms.

3.8 lent. Paveldėjimo koeficientai Šunskų platanalpio klevo bandomuosiuose želdiniuose.

Paveldėjimo koeficientai	Fenologija	Aukštis	Skersmuo	Selekcinė kategorija
Individualus	0,59	0,52	0,38	0,20
Šeimos	0,88	0,86	0,81	0,68

Atrinkus 15 geriausių šeimų Šunskų želdiniuose, buvo gauti selekciniai efektai: aukščiui – 22 %, skersmeniui – 23 %, selekciniai kategorijai – 4 %, išlikimui – 12 %. Individų atrankos efektai daugiau nei trečdaliu didesni.

Atrinktos šeimos, kurių kompleksiniai selekciniai indeksai viršijo nulinę reikšmę. Bandomuosiuose želdiniuose auga 42 šeimos. Po pritaikyto filtravimo (žr. metodikoje) atranka vykdyta tik 28 šeimose. Atranka vykdyta pagal patvirtintą metodiką ir šeimų selekciniai indeksai gaunami iš kiekvienų želdinių. Po to yra apskaičiuojamas vidutinis šeimos rangas, Galima sakyti, kad taip yra įvertinamas ir įtraukiamas į rezultatus genotipo ir aplinkos sąveikos efektas. Iš penkiolikos atrinktų šeimų tik trijose buvo reikšmingi rangų skirtumai atskiruose želdiniuose.

### 3.4 Tinkamos genetinės įvairovės pribrešančio ir brandaus platanalpio klevo sėklų šaltinių ir rinktinių medžių atranka bei dauginamosios medžiagos rinkimas

Vadovaujantis Genetinių miško medžių išteklių atrankos metodika atrinkti platanalpio klevo rinktiniai medžiai Vakarų Lietuvos medynuose. Kretingos r.p. Juodkrantės ir Palangos g-jose po 5 vnt., Šilutės r.p. Norkaičių g-joje – 8 vnt., Rambyno g-joje – 29 vnt., Šilutės g-joje – 1 vnt. 2025 m. pavasarį surinkta dauginamoji medžiaga (3.21 pav.) ir Dubravos medelyne atlikti skiepijimai į iš Lenkijos medelyno atvežtus poskiepius (3.22 pav.).



3.21 pav. Dauginamosios medžiagos rinkimas ir skiepyti medeliai



3.22 pav. Platanalpio klevo poskiepių sodinimas 2024 m pavasarį (kairėje), poskiepiai 2025 m. pavasarį dešinėje

Sėklinės platanalpio klevo bazės išvystymui siūlome įveisti sėklinę plantaciją. Augavietė turėtų būti parinkta derlinga, normalaus drėkinimo. Tinkama vieta būtų, kad sėklinę plantaciją bent iš trijų pusių suptų miškas ar pasiekę bent 6-8 metrų aukštį želdiniai. Sodinimo atstumai galėtų būti 5 m eilėse ir 6 m tarp eilių, kaip tai yra padaryta jau įveistuose klonų rinkiniuose. Siūlytume sodinti bent po 5 vnt. kiekvieno genotipo kopijų. Be atrinktų 48 rinktinių medžių skiepytų klonų, siūlome įtraukti 15 atrinktų bandomuosiuose želdiniuose genotipų (dauginamąją medžiagą renkant iš Šunskų bandomųjų želdinių, pateikta 3.9 lentelėje). Viso būtų sodinama 315 vnt. 1 ha plote (principinė sodinimo schema pateikta 3.23 paveiksle). Esant galimybei paruošti didesnę skaičių skiepytų klonų kopijų, plotą galima didinti.

3.9 lent. Atrinktos platanalapio klevo šeimos Šunskų bandomuosiuose želdiniuose.

Šeima	Eilė	Pakartojimas	Medžio Nr.	Rangas	Indeksas	Medžio indeksas
51	28	5	10	1	1,85	1,89
27	22	6	8	2	1,62	1,14
11	28	2	6	3	1,56	1,83
80	26	6	2	4	1,11	1,95
4	25	4	6	5	0,83	1,61
74	11	4	4	6	0,62	1,05
46	25	7	8	7	0,46	1,8
16	15	12	7	8	0,4	2
52	16	6	4	9	0,38	0,98
7	12	5	10	10	0,1	1,55
63	21	9	4	11	0,06	0,99
47	15	11	8	12	0,05	1,2
38	3	12	7	13	0,05	1,2
24	21	1	4	14	-0,09	0,93
25	20	12	6	15	-0,17	1,79

51*	1	10	43	51*	1	10	43	51*	1	10	43	51*	1	10	43	51*	1	10	43
27*	6	15	35	27*	6	15	35	27*	6	15	35	27*	6	15	35	27*	6	15	35
11*	32	25	42	11*	32	25	42	11*	32	25	42	11*	32	25	42	11*	32	25	42
80*	19	16	36	80*	19	16	36	80*	19	16	36	80*	19	16	36	80*	19	16	36
4*	20	26	41	4*	20	26	41	4*	20	26	41	4*	20	26	41	4*	20	26	41
74*	2	17	37	74*	2	17	37	74*	2	17	37	74*	2	17	37	74*	2	17	37
46*	7	27	40	46*	7	27	40	46*	7	27	40	46*	7	27	40	46*	7	27	40
16*	12	18	38	16*	12	18	38	16*	12	18	38	16*	12	18	38	16*	12	18	38
52*	21	28	39	52*	21	28	39	52*	21	28	39	52*	21	28	39	52*	21	28	39
7*	3	29	48	7*	3	29	48	7*	3	29	48	7*	3	29	48	7*	3	29	48
63*	8	47	5	63*	8	47	5	63*	8	47	5	63*	8	47	5	63*	8	47	5
47*	13	30	34	47*	13	30	34	47*	13	30	34	47*	13	30	34	47*	13	30	34
38*	22	46	44	38*	22	46	44	38*	22	46	44	38*	22	46	44	38*	22	46	44
24*	4	31	23	24*	4	31	23	24*	4	31	23	24*	4	31	23	24*	4	31	23
25*	9	45	33	25*	9	45	33	25*	9	45	33	25*	9	45	33	25*	9	45	33
24	14	11	24	14	11	24	14	11	24	14	11	24	14	11	24	14	11	24	11

3.23 pav. Platanalpio klevo sėklinės plantacijos schema. Žvaigždutėmis pažymėti genotipai atrinkti bandomuosiuose želdiniuose.

## Genetinių tyrimų išvados

- Kėdainių, Jurbarko ir Šilutės rajonų savivaldybėse augančių platanalpio klevo medynų su didele šios medžių rūšies priemaiša rūšinėje sudėtyje geografinės kilmės tyrimai parodė, kad minėtos Lietuvos platanalpio klevo populiacijos yra kilę iš dviejų skirtingų geografinės kilmės regionų: (1) Šiaurės rytų Lenkijos: Juodkrantės jaunų medelių, Šilutės ir Radviliškio populiacijos ir dalis Rambyno populiacijos ir (2) plataus Vakarų Vokietijos geografinio regiono: Juodkrantės vyresnių medžių, Norkaičių ir Girulių populiacijos ir dalis Rambyno populiacijos. Vienintelis Kėdainių klonų archyvas turėjo santykinai ženklesnį kiekį Rytų Vokietijos genetinės grupės individų. 18-19 šimtmečiuose Vakarų Vokietijoje ypač Švarcvalde veikė didelės sėklų aižymo ir prekybos įmonės, kas galėtų būti būtent Vakarų Vokietijos platanalpio klevo genofondo dominavimo Lietuvoje priežastimi. Šiaurės rytų Lenkijos ir Lietuvos Juodkrantės bei Šilutės populiacijų genetinius panašumus gali būti natūralios platanalpio klevo migracijos vandeniu pasekmė. Tokiu būdu dalis platanalpio klevo genofondo galimai yra pasiekusi Lietuvą natūralios migracijos būdu. Tačiau šiai natūralus plitimo hipotezei patvirtinti reikia detalesnio genetinio tyrimo.
- Lietuvos populiacijų genetinės įvairovės tyrimas pagal DNR žymenis parodė, Lietuvos populiacijų genetinė įvairovė yra nevienoda ir priklauso nuo jų kilmės regiono - iš Vakarų Vokietijos genetinio klasterio kilę Lietuvos populiacijos savo aleline įvairove ir inbrydingo lygmeniu reikšmingai neišskyrė nuo natūralios kilmės populiacijų Vokietijoje. Tačiau iš Šiaurės rytų Lenkijos kilusios Juodkrantės jaunų medelių ir Šilutės populiacijos turėjo reikšmingai mažesnę alelinę įvairovę ir reikšmingai mažesnį inbrydingo koeficientą, nei likusios Lietuvos populiacijos. Žemesnės Juodkrantės jaunų medelių, Šilutės vyresnių medžių ir Šiaurės rytų Lenkijos populiacijų alelinės įvairovės priežastimi gali būti jų kilmė iš platanalpio klevo arealo pakraštinių populiacijų, kurios tikėtina yra santykinai stipriai fragmentuotos ir todėl mažiau genetiškai įvairios. Tikėtina, kad Lietuvoje dažniau kryžminasi kartu ar netoliese augantys skirtingos genetinės kilmės platanalpio klevo individai ir tai yra teigiamas procesas, mažinantis inbrydingo depresijos riziką. Bendrai darome išvadą, kad Lietuvos platanalpio klevo populiacijų genetinė įvairovė yra pakankama rūšies tvariam plitimui, be tiesioginio inbrydingo depresijos pavojaus pirmose savaiminio plitimo kartose. Tačiau šis plitimas

būtų ekologiškai tvaresnis ir ekonomiškai naudingesnis, papildant savaime plintančias populiacijas santykinai aukštesnio adaptyvumo, adaptabilumo ir ekonominės vertės selekcine medžiaga.

- Erdvinės genetinės struktūros (EGS) analizės rezultatai Rambyno populiacijoje rodo, kad (a) inbrydingo depresijos rizikos dabartinėje palikuonių populiacijoje nėra, tačiau (b) platanalpio klevo natūraliuose žėliniuose gali formotis erdviniai giminingų genotipų klasteriai. Šis dėsningumas tolesnėse natūralaus žėlimo kartose gali privesti prie inbrydingo depresijos. Todėl siūlome natūralius platanalpio klevo žėlinius pildyti su iš sėklinių plantacijų išaugintais sodmenimis.

# Praktinės rekomendacijos

Rekomendacijos platanalpio klevo plėtrai ir selekcijai visoje Lietuvos teritorijoje

- Nors Lietuvoje augančių platanalpio klevo populiacijų genetinė įvairovė yra pakankama rūšies tvariam plitimui, be tiesioginio inbrydingo depresijos pavojaus pirmose savaiminio plitimo kartose, tačiau šis plitimas būtų ekologiškai tvaresnis ir ekonomiškai naudingesnis, papildant savaime plintančias populiacijas santykinai aukštesnio adaptyvumo, adaptabilumo ir ekonominės vertės selekcine medžiaga. Todėl reikalinga paruošta ir patvirtinta nuosekli platanalpio klevo selekcinė programa.
- Atskiru tyrimu ištirti poliploidiškumo sąsajas su adaptyvumu ir ekonomiškai vertingais požymiais.
- Pagal šių tyrimų rezultatus, suformuoti selekcinės populiacijas, atskirai kiekvienai genetinei grupei: bent 50 tolimesnės giminystės individų iš Vakarų Vokietijos genetinės grupės ir bent 50 iš Šiaurės rytų Lenkijos genetinės grupės. Galima formuoti atskirą selekcinę populiaciją specifinio rašto ir kokybės medienos selekcijai. Galima sudaryti didesnes selekcinės populiacijas iš tos genetinės grupės (kilmės regiono), kurios individai yra geriau prisitaikę Lietuvos augimo sąlygomis.
- Atlikti detalesnį genetinį tyrimą platanalpio klevo natūralus atsiradimo ir plitimo Lietuvoje hipotezei patvirtinti, kas leistų priskirti platanalpių klevą prie vietinių rūšių.

## Literatūros šaltiniai

- Baliuckas, V. 2013. Paprastosios pušies ir paprastosios eglės genotipų genetiniai tyrimai diferencijuotai selekcijai: ataskaita. Aplinkos ministerijos užsakomasis darbas, Girionys.
- Banaszczak, P., 2010. Maples of Europe, Part I. The Maple Society Newsletter, Autumn 2010. The Maple Society. <https://maplesociety.org/open-science-initiative/>
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J., 2017. Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief 12, 662-666. DOI: doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007
- Earl, D.A., von Holdt, B.M., 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. Conservation Genetics Resources. 4, 359-361.
- Eiserhardt, W. L., Borchsenius, F., Plum, C. M., Ordonez, A., & Svenning, J. C. 2015. Climate-driven extinctions shape the phylogenetic structure of temperate tree floras. Ecology Letters, 18(3), 263-272.
- Florineth, F., Rauch, H. P., Staffler, H., 2002 Proceedings of the International Congress INTERPRAEVENT 2002 in the Pacific Rim, vol. 2, pp. 827–837.
- Forest Research (2025) 2025 Forestry Statistics – 1: Woodland area and planting. Available from <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/statistics/publications/forestry-statistics/forestry-statistics-2025/2025-1-woodland-area-and-planting/>
- Graignic, N., Tremblay, F., & Bergeron, Y. 2013. Development of polymorphic nuclear microsatellite markers in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) using cross-species transfer and SSR-enriched shotgun pyrosequencing. Conservation Genetics Resources, 5(3), 845-848.
- Gudžinskas Z., 1998. Conspectus of alien plant species of Lithuania. 8. Aceraceae, Balsaminaceae, Elaeagnaceae, Geraniaceae, Hippocastanaceae, Linaceae, Lythraceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Rutaceae, and Vitaceae. – Botanica Lithuanica, 4(4): 363–377.
- Hein, S., Collet, C., Ammer, C., Goff, N. L., Skovsgaard, J. P., & Savill, P. 2009. A review of growth and stand dynamics of *Acer pseudoplatanus* L. in Europe: implications for silviculture. Forestry, 82(4), 361-385. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01948.x>
- Kikuchi, S., Shibata, M., 2008. Permanent genetic resources: development of polymorphic microsatellite markers in *Acer mono* Maxim. Molecular Ecology Resources, 8, pp. 339-341.
- Lefort, F, Douglas, G.C. 1999. An efficient micro-method of DNA isolation from mature leaves of four hardwood tree species *Acer*, *Fraxinus*, *Prunus* and *Quercus*. Annals of Forest Science. 56(3):259–263.
- Neophytou, C., Konnert, M., Fussi, B., 2019. Western and eastern post-glacial migration pathways shape the genetic structure of sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in Germany. Forest Ecology and Management, Volume 432, Pages 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.016>.

Pandey, M., Gailing, O., Fischer, D., Hattemer, H. H., & Finkeldey, R. 2004. Characterization of microsatellite markers in sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.). *Molecular Ecology Notes*, 4(2), 253-255. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00633.x>

Pâques, L. E. (Ed.). 2013. *Forest tree breeding in Europe* (Vols. 1–2). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9>

Pasta, S., De Rigo, D., & Caudullo, G. 2016. *Acer pseudoplatanus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*. Luxembourg: Publ. Off. EU, e01665a.

Peakall, R.; Smouse P. E. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28, S. 2537 - 2539.

Pritchard, J. K.; Stephens, M.; Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155(2), S. 945 – 959.

Rehm, E.M., Olivas, P., Stroud, J., Feeley, K.J. 2015. Losing your edge: climate change and the conservation value of range-edge populations. *Ecology and Evolution*, Sep 14;5(19):4315-26. <https://doi.org/10.1002/ece3.1645>

Rusanen M. and T. Myking. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for sycamore (*Acer pseudoplatanus*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages.

Segarra-Moragues, J.G., Gleiser, G., González-Candelas, F. 2008. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Acer opalus* (Aceraceae), a sexually-polymorphic tree, through an enriched genomic library. *Conservation Genetics*, 9, pp. 1059-1062.

Šilutės miesto ir rajono parkų bei gyvenviečių želdinių inventorizavimas, 2011. Vykdytojai: prof. habil. dr. Remigijus Noreika prof. habil. dr. Petras Kurlavičius, Vilnius – Šilutė.

Straigyte, L., Baliuckas, V. 2015. Spread intensity and invasiveness of sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in Lithuanian forests. *iForest* 8: 693-699. - doi: 10.3832/ifor0763-007

Vacek, S., Vacek, Z., Kalousková, I., Cukor, J., Bílek, L., Moser, K.W., Bulušek, D., Podrázský, V., Řeháček, D., 2018. Sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) stands on former agricultural land in the Sudetes – evaluation of ecological value and production potential. *Dendrobiology* 79: 61–76. <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.079.006>

## Priedai

1 lent. P1. Lokusų poliploidišumas. Raudonai pažymėti žemesnio polimorfizmo ar imties lokusai, kurie nebuvo imti į duomenų statistines analizes (Lietuvos medžiaga, n= 474).

Lokusas	Individų sk., vnt	Na	He
MAP9_1	435	5	0.12
MAP9_2	435	6	0.30
MAP9_3	110	5	0.73
MAP9_4	13	3	0.69
Aop943_1	447	15	0.79
Aop943_2	447	16	0.78
Aop943_3	414	12	0.70
Aop943_4	321	8	0.53
SM21A_1	435	4	0.50
SM21A_2	435	8	0.60
SM21A_3	236	6	0.66
SM21A_4	47	4	0.73
MAP10_1	447	4	0.08
MAP10_2	447	8	0.14
MAP10_3	47	3	0.16
SM60_1	447	7	0.29
SM60_2	447	8	0.55
SM60_3	125	4	0.51
SM60_4	14	2	0.36
Aop116_1	447	17	0.67
Aop116_2	447	19	0.63
Am118_1	447	9	0.56
Am118_2	447	8	0.76
Aop122_1	435	4	0.01
Aop122_2	435	10	0.54
Aop122_3	236	7	0.55
Aop122_4	13	4	0.65
SM29_1	444	8	0.63
SM29_2	444	10	0.69
SM29_3	242	8	0.68
SM29_4	74	6	0.53
MAP2_1	445	17	0.79
MAP2_2	445	17	0.79
MAP34_1	447	2	0.49
MAP34_2	447	6	0.68
MAP34_3	424	7	0.65
MAP34_4	267	5	0.33

<b>MAP46_1</b>	<b>446</b>	<b>4</b>	<b>0.32</b>
<b>MAP46_2</b>	445	12	0.78
<b>MAP46_3</b>	380	17	0.83
<b>MAP46_4</b>	<b>259</b>	<b>18</b>	<b>0.85</b>
<b>MAP12_1</b>	447	14	0.78
<b>MAP12_2</b>	447	17	0.84
<b>MAP33_1</b>	447	15	0.89
<b>MAP33_2</b>	447	15	0.87
<b>MAP40_1</b>	447	4	0.48
<b>MAP40_2</b>	447	4	0.23