



NATURALIT

LIFE INTEGRUOTAS PROJEKTAS
NATURA 2000 TINKLO VALDYMO OPTIMIZAVIMAS LIETUVOJE
LIFE-IP-PAF-NATURALIT
LIFE16 IPE/LT/016

Geninių paukščių apskaitų metodika panaudojant autonominis paukščių balsų įrašymo įrenginius

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS
MIŠKO BIOLOGIJOS IR MIŠKININKYSTĖS INSTITUTAS



VYTAUTO DIDŽIOJO
UNIVERSITETO
ŽEMĖS ŪKIO
AKADEMIJA

Ataskaitą rengė: prof. dr. G. Brazaitis, K. Šimkevičius, L. Bisikirskienė

*Sub-action C.7.2: Development of innovative
population and habitat evaluation methods*

Completed by 30.06.2021



Summary

We analysed seasonal and morning woodpecker drumming activity, compared the results among the traditional woodpecker census method, wildlife sound analysis by software *Kaleidoscope Pro Analysis* and the manual records evaluation by an expert. The aim of our study was to develop efficient woodpecker monitoring methods based on acoustic recording.

In total we used 30 Song Meter SM4 Acoustic Recorders. The recording of sounds started 1,5hr before sunrise and lasts for 7.5 hrs. Single record lasts for 15 min, the break between records were the same length, in total we got 15 records per day. Our analysis consisted of two parts. (I) For the analysis of seasonal activity woodpeckers were recorded woodpeckers from 16 February till 15 June in 10 study points. (II) To compare monitoring methods and develop monitoring protocol for software sound analysis we censused 96 study points located in 24 areas. The distance between nearest points were about 500m within the area. The recording in single point lasts at least 7 days within period of 12 March – 1 May. We analysed all collected records by sound analysis software and, alternatively, at least 3-7 records per day manually by expert manual listening. Finally, the results were compared with traditional woodpecker census method – 12 min single and double point count.

The seasonal drumming activity of the Three-toed woodpecker, the Great spotted woodpecker and the Grey-headed woodpecker showed clear peak on the end of March-beginning of April. However, the White-backed woodpecker, the Black woodpecker and the Lesser spotted woodpecker were active starting the end of winter and lasts until the beginning-mid of April.

The morning activity of the Three-toed woodpecker, the Great spotted woodpecker and the Lesser spotted woodpecker started earliest (an hour prior sunrise) and followed-on by the Grey-headed woodpecker (30 min prior sunrise) and the Black woodpecker, the White-backed woodpecker (on the sunrise). The white-backed woodpecker were active shortest and active drumming lasts until 2 hrs after sunrise. Most of woodpecker were active until 3 hr after sunrise, however, the Lesser spotted woodpecker drumming activity lasts for 3.5 hr period after sunrise.

We found significant differences among the number of woodpeckers censused by different methods ($F=65.5$; $p<0.0001$). The sound analysis by software resulted mean 2,3 woodpecker species per point, an expert analysis were 1.74 time more, but traditional single count – 1,53 times less efficient.

We recommended the number of days of sound recording considering installation date of recorder and aimed woodpecker species. Minimal recording length depends on season and weather conditions. The period calculated bellow is for method based on all records sound analysis by software.

For extensive monitoring schemes (detection probability 0.5) the recording period for the Three-toed woodpecker monitoring should last 3-5 days (recording start during 20.03-1.05) or 6-8 days (10.03-19.03 and 02.05-05.05). For the White-backer woodpecker recording period

should last 3-4 days (20.02-17.04), 5-8 days (18.04-09.05) or 9-14 days (10.05-22.05). Black woodpecker monitoring should last 3 days (20.03-18.04), 4 days (29.02-19.03 and 19.04-28.04) or 5-7 days (20.02-28.02; 29.04-07.05). The recording for Great spotted woodpecker for population monitoring should last 1-2 days (15.03-15.05) or 3-6 days (05.03-14.03).

For scientific studies or evaluation of individual occurrence (detection probability 0.7) of the Three-toed woodpecker should last 6-9 days (recording start during 23.03-22.04). For the White-backer woodpecker recording period should last 7-9 days (20.02-26.04) or 10-14 days (07.04-26.04). Black woodpecker recording should last 6-7 days (02.03-17.03) or 8-9 days (20.02-01.03 and 18.04-24.04). Finally, the Great spotted woodpecker recording for population monitoring should last 1-3 days (25.03-01.05) or 4-6 days (16.03-24.03).

If weather conditions were optimal, the recording period might be minimal as recommended above. If the records analysed manually the recording period might be shortened analysing mostly efficient periods.

Santrauka

Darbe išanalizuotas paros ir sezoninis geninių paukščių veisimosi signalų aktyvumas, palyginti tradicinės apskaitos rezultatai su paukščių balsų įrašais analizuotais programine įranga *Kaleidoscope Pro Analysis* bei perklausant juos ornitologui ekspertui. Šio darbo tikslas yra sukurti geninių paukščių apskaitos metodiką pagrįstą akustiniais metodais.

Darbe buvo naudojama 30 Song Meter SM4 paukščių balsų įrašymo prietaisų. Garsai buvo pradedami įrašinėti likus 2 val. iki saulės tekėjimo ir tęsėsi 7 val. Vienas įrašas truko 15 min., po to sekė tokio pačio ilgio pertrauka, tad iš viso per vieną rytą buvo padaroma 15 įrašų. Mūsų analizė susidėjo iš dviejų dalių: (I) sezoniniam geninių paukščių aktyvumui nustatyti geniniai paukščiai buvo registruojami ne mažiau nei nuo kovo 16 d. iki birželio 15 d. su 10 autonominio registravimo prietaisų; (II) metodų palyginimui bei naujo monitoringo metodo sukūrimui buvo panaudoti 96 tyrimo taškai išsidėstę 24 tyrimo vietose. Tyrimo vietose atstumai tarp taškų buvo apie 500m. Šiuose taškuose balso įrašymo prietaisai buvo naudojami nuo kovo 12 d. iki gegužės 1 d., ne mažiau nei 7 dienas viename taške. Šiuose taškuose buvo atlikta vienkartinė (2018m.) bei dvikartinė (2010-2013m.) tradicinė geninių paukščių apskaitos, įrašyti balsai išanalizuoti su programine įranga bei juos klausiantis. Buvo perklausyta 3-7 kiekvieno ryto garso įrašai. Šiuo metodu buvo palyginti tradicinės vienkartinės, tradicinės dvikartinės apskaitų rezultatai su garso įrašais išanalizuotais programiniu būdu bei eksperto.

Sezoninis tarškinimo aktyvumas buvo dviejų tipų. Tripirštis genys, didysis genys ir pilkoji meleta turėjo tarškinimo piką kovo pabaigoje-balandžio pradžioje. Baltnugaris genys, juodoji meleta, mažasis genys pradėjo tarškinti labai anksti, žiemos pradžioje ir aktyvus periodas tęsėsi iki balandžio pradžios-vidurio.

Paros aktyvumas tarp geninių paukščių taip pat skyrėsi. Tripirštis genys, didysis genys ir mažasis genys pradėdavo tarškinti anksčiausiai ryte (paprastai 1 valandai likus iki saulėtekio), kiek vėliau pradėdavo tarškinti pilkoji meleta (30 min po saulėtekio), o juodoji meleta ir baltnugaris genys pradėdavo tarškinti vėliausiai iš stebėtų genų. Baltnugaris genys buvo aktyviausias tik laikotarpyje iki 2 val. po saulės patekėjimo. Dauguma geninių paukščių buvo aktyviausiai 3 valandų laikotarpyje po saulės patekėjimo, o mažasis genys tarškindavo aktyviai iki 3,5 val. po saulės patekėjimo.

Nustatyta, jog apskaitų metodų rezultatai statistiškai ženkliai skyrėsi ($F=65,5$; $p<0,0001$). Garso įrašų analizė programine įranga buvo nustatyta vidutiniškai 2,3 geninių paukščių rūšies viename taške, kai tuo tarpu eksperto akustiniais metodais – 1,74 karto daugiau, o tradicine vienkartinė apskaita – 1,53 karto mažiau nei programiniu būdu.

Mes rekomenduojame paukščių balsų įrašymo autonominį prietaisą, viename tyrimo taške, laikyti priklausomai nuo įrašo pradžios datos ir tikslinės geninių paukščių rūšies. Minimalus laikotarpis taip pat priklauso nuo oro sąlygų. Žemiau yra pateikiami apskaičiuoti periodų ilgiai naudojantis programinę paukščių rūšių pažinimo įrangą.

Didelėms paukščių monitoringo schemoms (aptikimo tikimybė $\geq 0,5$) įrašymo laikotarpis tripirščiui geniui viename tyrimų taške turėtų trukti 3-5 dienas (pradedant įrašymą 03.20-05.01) arba 6-8 dienas (10.03-19.03 ir 02.05-05.05). Baltnugariumi geniui paukščių balsų

įrašymas viename tyrimų taške turėtų trukti 3-4 dienas (20.02-17.04), 5-8 dienas (18.04-09.05) arba 9-14 dienas (10.05-22.05). Juodajai meletai monitoringas viename taške turėtų trukti mažiausiai 3 dienas (20.03-18.04), 4 dienas (29.02-19.03 ir 19.04-28.04) arba 5-7 dienas (20.02-28.02; 29.04-07.05). Balsų įrašymas siekiant atlikti didžiojo genio monitoringą turėtų trukti 1-2 dienas (15.03-15.05) arba 3-6 dienas (05.03-14.03).

Moksliniuose tyrimuose arba paukščių paieškoje (aptikimo tikimybė $\geq 0,7$) tripirščiams geniams autonominis balsų įrašymo prietaisas viename tyrimų taške turi veikti 6-9 dienas (įrašymas pradedamas 23.03-22.04). Baltnugariui geniui paukščių balsų įrašymas viename tyrimų taške turėtų trukti 7-9 dienas (20.02-26.04) arba 10-14 dienų (07.04-26.04). Juodajai meletai įvertinti viename taške turėtų trukti mažiausiai 6-7 dienas (02.03-17.03) arba 8-9 dienas (20.02-01.03 ir 18.04-24.04). Galiausiai, siekiant įvertinti didįjį genį garsų įrašymas viename taške turėtų trukti 1-3 dienas (25.03-01.05) arba 4-6 dienas (16.03-24.03).

Jeigu oro sąlygos yra optimalios įrašinėjimo periodas gali būti minimalus, kaip rekomenduojama aukščiau. Jeigu įrašai papildomai analizuojami juos perklausant, įrašinėjimo periodas gali būti sutrumpinamas analizuojant didžiausio aktyvumo laikotarpius.

1. TURINYS

1. TURINYS	6
2. ĮVADAS	7
3. METODIKA	9
3.1 Tradiciniu metodu atliekamos apskaitos metodika	10
3.1.1 Tyrimų barelio forma, apskaitų išdėstymo vietos	10
3.2 Autonominiu paukščių balsų įrašymo prietaisu atliekamos apskaitos metodika	12
3.2.1 Song Meter SM4 Acoustic Recorder veikimo charakteristikos	12
3.2.2 Song Meter SM4 Acoustic Recorder sukonfigūravimo charakteristikos ilgalaikio tyrimo vietose	13
3.2.3 Song Meter SM4 Acoustic Recorder sukonfigūravimo charakteristikos tyrimo kvadratuose	14
3.2.4 Garso failų analizė su programine įranga	15
3.2.5 Klasterių analizė	16
3.3 Garso įrašų ekspertinis akustinis vertinimas	17
4. REZULTATAI	19
4.1 Geninių paukščių sezoninis tarškinimo aktyvumas	19
4.2 Geninių paukščių akustinės registracijos pobūdis	20
4.3 Geninių paukščių aktyvumas paros eigoje	20
4.4 Geninių paukščių rūšių tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas	21
Tripirštis genys	21
Baltnugaris genys	22
Mažieji geniai	23
Juodoji meleta	25
Pilkoji meleta	25
Didysis genys	26
4.2 Geninių paukščių skirtingų apskaitų metodų palyginimas	27
4.3 Geninių paukščių gausos perklausymo ir programiniu būdu rezultatų palyginimas	33
5 Geninių paukščių apskaitų naudojant autonominius balsų įrašymo prietaisus metodika	35
5.1 Bendrosios nuostatos	35
5.2 Skirtingų geninių rūšių monitoringo ypatybės	36
Tripirštis genys	36
Baltnugaris genys	37
Juodoji meleta	38
Didysis genys	39
5.3 Akustinio perklausymo metodo panaudojimo galimybės	40
6. Išvados	41
Naudota literatūra	42

2. ĮVADAS

Paukščiai - svarbiausia sausumos stuburinių grupė. Europoje jie sudaro apie 75% visų sausumos stuburinių (Mönkkönen & Viro 1997). Miškų ekosistemoms paukščiai yra labai svarbūs. Paukščiai lesa vabzdžius, sumažindami jų tankį (Holmes et al. 1979; Atlegrim 1989). Ornitofauna teigiamai įtakoja medžių augimą (Marquis & Whelan 1994). Naikindami vabzdžius, geniniai paukščiai gali prailginti laikotarpį tarp dviejų masinių kenkėjo pasirodymų (Holling 1978). Miško ekosistemų gyvybingumas ir stabilumas yra susijęs su paukščių populiacijų būkle. Miško ekosistemos sveikatingumą yra tiesiogiai susijęs su paukščių, kaip vienu iš komponentų, populiacijų būkle (Niemi et al. 1998).

Geniniai paukščiai greitai reaguoja į miško buveinių kokybinius ir kiekybinius pasikeitimus (Angelstam ir Mikusinski 1994). Sėslūs geniniai paukščiai yra lengviausiai pažeidžiama gyvūnų grupė (Weselowski ir Tomialojc 1986; Angelstam 1990, 1992). „Pažeidžiama“ reiškia, kad rūšys yra priklausomos nuo buveinių, kurių buvimas kertasi su miškininkystės interesais: maitinasi sausuose medžiuose, o veisimuisi reikalingi seni lapuočiai (Angelstam ir Mikusinski 1994). Dėl didelio kūno dydžio jiems reikia didesnių tinkamų teritorijų nei kitiems sėsliems paukščiams (zylėms, bukučiams ir kt.). Todėl jie tapo reti regionuose, kur miškų ūkinė veikla buvo pernelyg intensyvi (Rassi ir Vaisanen 1987; Angelstam ir kt. 2004). Svarbu, kad paukščių apsauga neapsiribotų vien tik saugomomis teritorijomis (kurios yra svarbios kelioms rūšims). Ūkiniai miškai yra svarbūs bendrai paukščių įvairovei ir įvairiems ekologiniams procesams (Tucker & Heath 1994).

Viena iš pagrindinių visų rūšių apsaugos sudedamųjų dalių yra radimviečių inventorizacija ir populiacijų įvertinimas. Siekiant įvertinti paukščių rūšis yra daromos apskaitos, kai individai dažniausiai registruojami pagal jų skleidžiamus garsinius signalus. Dauguma geninių paukščių rūšių yra ganėtinai sunkiai inventorizuojamos rūšys – apskaitos turi būti vykdomos trumpą laiką veisimosi sezono pradžioje, anksti ryte nuvykstant į nuošalias, žiemos pabaigoje dažniausiai sunkiai pasiekiamas vietas. Be to, geninių paukščių apskaitų kokybė yra neatsisiejama nuo apskaitas vykdančių ekspertų kvalifikacijos. Pakankamą skaičių kvalifikuotų asmenų įtraukti į apskaitų vykdymą yra iššūkis net ir daug gilesnes ornitologinių tyrimų tradicijas turinčioms šalims. Galiausiai, ekspertų vykdomų apskaitų netikslumai ir paklaidos lieka neįvertinti, belieka pasitikėti gaunama informacija. Viena iš galimybių pagerinti

esamą situaciją yra pradėti naudoti autonominius programuojamus paukščių balsų įrašymo prietaisus, kurie ne tik palengvintų apskaitų atlikimą, bet ir nepalyginamai pagerintų jų kokybę (Brandes, 2008). Akustiniai paukščių balsų įrašymo ir analizės metodai yra plačiai vystomi paukščių rūšių inventorizacijai, monitoringui, bet ir buveinių naudojimo įvertinimui, individų aktyvumui bei elgsenai tirti, siekiant išsaugoti rūšis ir kt. (Sugai ir Llusia, 2019). Per pastaruosius 3 dešimtmečius šie metodai buvo plačiai išplėtoti ir naudojami ne tik paukščių, bet ir šikšnosparnių, neskraidančių žinduolių, bestuburių apskaitoms. Šis darbas yra pirmasis bandymas Lietuvoje atlikti paukščių apskaitų efektyvumo analizę panaudojant autonominius programuojamus paukščių balsų įrašymo prietaisus. Siekiama įvertinti autonominių paukščių balsų įrašymo prietaisų naudojimo galimybes bei parengti metodiką, kuri palengvintų retų rūšių radimviečių identifikavimą bei geninių paukščių rūšių monitoringą.

3. METODIKA

Geniniai – paukščių rūšys, kurių populiacijų būklė tiesiogiai priklauso nuo miško naudojimo pobūdžio ir intensyvumo. Europoje XX a. pirmojoje pusėje dėl miško naudojimo technologijų plėtros buvo stebimas staigus geninių paukščių populiacijų gausos mažėjimas.

Geninių paukščių apskaitos gali būti atliekamos teritorijos kartografavimo būdu, tiriamoje teritorijoje apsilankant iki 6 kartų (Balasso, 2016), dvikartiniu apskaitos metodu stimuliuojant geninius paukščius garso įrašu tais pačiais metais (Lohmus, 2016, Raudonikis ir kt. 2016) ar atliekant po vieną apskaitą dviejų metų laikotarpiu (Roberge et al., 2008). Dalis tyrėjų naudoja vienkartinę apskaitos metodą su garsine stimuliacija tyrimo vietose (Saetersdal, 2019)

Lietuvoje duomenų apie geninius paukščius nėra daug, didžioji jų dalis surinkta per pastaruosius 10-15 metų. Geniniai paukščiai yra ganėtinai sunkiai tiriama paukščių grupė. Ilgą laiką buvo manyta, jog dalis saugomų genių rūšių yra labai retos, tačiau XX a. pabaigoje pritaikius naujoviškus geninių paukščių paieškos metodus buvo nustatyta visa eilė naujų radviečių bei populiacijos tapo vertinamos gerokai didesniu individų skaičiumi. Geniniai paukščiai dėl savo gyvenimo būdo paslaptingo, dėl to, jog geriausiai juos aptikti anksti pavasarį balandžio mėn. 2-3 savaitių laikotarpyje jiems tarškinant į sausą šaką ar stuobrį, ir dėl to jog tarškinimas girdimas 3-4 valandų laikotarpiu po saulės patekėjimo, jie tampa sunkiai inventorizuojama rūšių grupe, ypač anksti pavasarį sunkiau pasiekiamuose miško masyvuose.

Geninių paukščių inventorizacijos sėkmę gali gerokai padidinti autonominis paukščių garsų įrašymo prietaisas. Šiuo metu gaminamas bei pradedamas sunkiau inventorizuojamoms paukščių rūšims taikyti prietaisas „*Song Meter SM4 Acoustic Recorder*“. Šį prietaisą galima užprogramuoti, jog jis įrašinėtu girdimus paukščių garsus tam tikru paros laiku, su pauzėmis ar visą laiką. Nurodomos prietaiso koordinatės įgalina prietaisą daryti saulės patekėjimo skirtumo korekciją ir kiekvieną rytą pradėti įrašyti garsus pvz. nuo saulės patekėjimo. Prieš pradėdant taikyti šį prietaisą plačiau yra būtina jį išbandyti, išsiaiškinti jo potencialias galimybes bei palyginti gautus duomenis su tradiciniais metodais atliekamų apskaitų tikslumu.

Šio darbo tikslas - pagrįsti autonominio paukščių balsų įrašymo įrenginio naudojimo galimybes išsiaiškinti paukščių radavietes bei monitoringui, įvertinti gaunamų rezultatų tikslumą bei palyginti juos su tradiciniais metodais atliekamų apskaitų rezultatais.

Darbui keliami šie uždaviniai:

- Atlikti geninių paukščių apskaitas įprastais apskaitų metodais bei su autonominiu balsų įrašymo prietaisu;
- Palyginti įprastu bei autonominiu prietaisu surinktus duomenis apskaitos taškuose;
- Pateikti autonominio paukščių garsų įrašymo prietaiso naudojimo rekomendacijas paukščių rūšių paieškai bei monitoringui pagal:

- (a) geninių paukščių monitoringo atlikimo laikotarpį;
- (b) dienų skaičių, kurį prietaisas turi būti naudojamas viename taške;
- (c) balsų įrašymo algoritmą bei laikotarpius saulės patekėjimo atžvilgiu;
- (d) viename taške tos pačios rūšies gausos nustatymo galimybes.

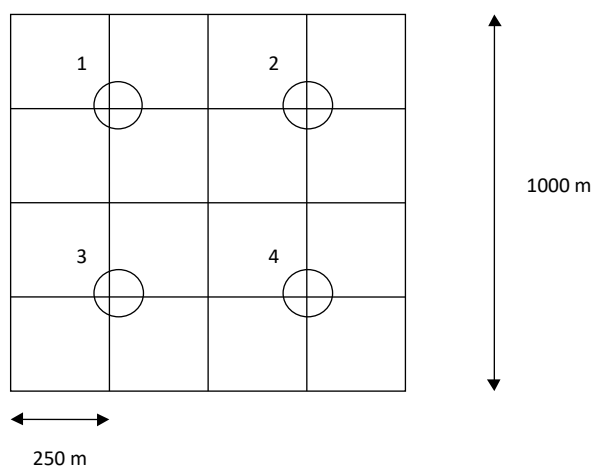
Šio darbo metu buvo įvertintas autonomiais paukščių balsų įrašymo prietaisais atliekamos apskaitos efektyvumas palyginant gautus rezultatus tarp informacijos gautos analizuojant garsus programine įranga, analizuojant garso failus ekspertiškai ir tradicinių apskaitų metodo. Bus sudarytos prielaidos apskaitas vykdyti autonomiais paukščių garsų įrašymo prietaisais.

3.1 Tradiciniu metodu atliekamos apskaitos metodika

3.1.1 Tyrimų barelio forma, apskaitų išdėstymo vietos

Apskaitos vienetas - 500×500 m² kvadrato formos tyrimų barelis su jo centre esančiu geninių paukščių apskaitos vieta. Tokie bareliai buvo formuojami po 4 į 1 km² kvadrato formos tyrimo vietas, kuriose paukščių gausa vertinama 4 taškuose (3.1 pav.) . Tyrimo barelio vieta yra derinama su kvartalinių ar kitų linijinių objektų išsidėstymu. Paprastai atstumas buvo verinamas GPS prietaisu. Buvimo vieta nuolat patikslinama pagal medynų planą.

Tyrimo bareliai miško masyve išdėstomi atsitiktinai. Siekiama, kad tyrimo bareliai apimtų visą gamtinių sąlygų įvairovę. Apie pusę tyrimo barelių buvo išdėstyti vizualiai optimaliose buveinėse, kitą pusę – atsitiktinai. Minimalus atstumas tarp barelių, kuriuose tyrimai atliekami tais pačiais metais ne mažiau nei 2 (išimtiniais atvejais 1,5) km (tam kad į apskaitą nepatektų tie patys paukščiai). Tyrimus atliekant eilę metų, atstumas tarp senų ir naujų tyrimo barelių turi būti ne mažesnis nei 1 km.



3.1 pav. Apskaitos taškų išdėstymo schema tyrimo barelyje

Apskaita kiekviename taške skirstoma į paukščių stebėjimą ir akustinę provokaciją magnetofoniniu garso įrašu. Paukščių vizualinis ir akustinis stebėjimas ir identifikacija trunka 4 laikotarpius po 3 min. Iš viso 12 min. Paukščių stimuliavimas magnetofoniniu garso įrašu yra vykdomas 2 kartus ir trunka po 2 minutes. Iš viso 4 min. Kiekviename taške apskaita vykdoma tokiu eiliškumu:

- Paukščių stebėjimas ir identifikacija (1 laikotarpis - 3 min);
- Paukščių stebėjimas ir identifikacija (2 laikotarpis - 3 min);
- Akustinė stimuliacija (tarškinimas) (1 laikotarpis – 2 min);
- Paukščių stebėjimas ir identifikacija (3 laikotarpis - 3 min);
- Akustinė stimuliacija (tarškinimas) (2 laikotarpis – 2 min);
- Paukščių stebėjimas ir identifikacija (4 laikotarpis - 3 min).

Atsiliepus paukščiui ar jį stebint pažymima jo stebėjimo vieta plane. Jei paukštis yra labai toli pažymima ar jo buvimo vieta patenka į kvadratą ar yra už jo.

Pirmo ir antro bei trečio ir ketvirto apskaitos laikotarpiais paukščiai tiriami nepriklausomai. Pirmųjų dviejų laikotarpių metu tie patys individai į apskaitą traukiami tik 1 kartą. Trečiojo ir ketvirtojo laikotarpio metu paukščiai apskaitomi iš naujo ir 1 bei 2 laikotarpio metu stebėti paukščiai į apskaitą traukiami iš naujo. Tie patys individai 3 ir 4 stebėjimo metu į apskaitą įtraukiami tik 1 kartą.

Judant tarp apskaitos taškų taip pat stebimi (klausomasi) geniniai paukščiai. Stengiamasi, kad ėjimo kelias būtų įmanomai tiesesnis. Esant galimybei paukščių rūšis patikrinama vizualiai.

1 apskaitos vienetui (4 taškams) inventorizuoti reikia apie 2-2.20 val. Per vieną rytą ištiriami 2 tyrimo bareliai. Būtina sąlyga – optimaliems ir atsitiktinai parinktiems bareliams tektų tiek pat laiko.

Tyrimo apimtis 24 tyrimo bareliai, iš viso 96 taškai. Šioje analizėje buvo naudojami dviejų apskaitų, atliktų tradiciniu metodu rezultatai. LIFE-NATURALIT projekto metu tradicines apskaitas atliko K. Šimkevičius (2018). Apskaitos buvo atliktos 1 kartą kiekviename taške (1×). Taip pat analizėje buvo naudojamos Š. Vainausko 2010-2013m. šiuose taškuose atliktos apskaitos (Vainauskas, 2014), kurios buvo kartojamos 2 kartus skirtingais metais (2×). Vienkartinės apskaitos yra atliekamos vykdant geninių paukščių monitoringą Natura 2000 teritorijose, o skirtingais metais du kartus apskaitos atliekamos vykdant mokslinius tyrimus.

Tyrimų bareliai buvo išdėstyti pietvakarių ir vidurio Lietuvoje: Šunskų, Buktos, Varnabūdės, Pajiesio, Būdos-Pravieniškių, Padauguvos ir Babtų-Varluvos miško masyvuose.

3.2 Autonominiu paukščių balsų įrašymo prietaisu atliekamos apskaitos metodika

3.2.1 Song Meter SM4 Acoustic Recorder veikimo charakteristikos

Song Meter SM4 yra 4 kartos prietaisas, skirtas įrašyti paukščių ir kitų gyvūnų balsus. Jis yra kompaktinis, atsparus vandeniui ir dulkėms prietaisas turintis dviejų takelių įrašymo galimybę. Bendra SM4 įrašo trukmė gali būti 400 valandų, jis beveik nenaudoja energijos, kai neįrašinėja aplinkos garsų. Prietaisas gerai veikia nuo -20 iki 50°C (3.2 pav.). Prietaisas veikia naudodamas 4 maitinimo elementų arba akumuliatorių energiją.

Paukščių balsus įrašantys prietaisai buvo išdėlioti pagal dvi schemas:

- 10 balsų įrašymo prietaisų įrašinėjo geninių paukščių garsus retųjų geninių paukščių rūšių radimvietėse. Šie įrašai naudoti geninių paukščių paros ir sezoninio aktyvumo įvertinimui;
- 20 prietaisai buvo naudojami geninių paukščių registracijai tyrimo kvadratuose siekiant palyginti skirtingų apskaitos metodų efektyvumą.

Prietaisų veikimo laikotarpiu buvo naudojami vienodi maitinimo elementai, tai padėjo optimaliai išnaudoti jų energiją bei nebuvo palikta didelių tarpų tarp įrašo pabaigos bei naujo pradžios. Išimti akumuliatoriai bus tikrinami, kiek juose liko energijos, taip buvo nustatyta naudojamiems akumuliatoriams būdinga ištvėrmė esant konkrečioms žiemos pabaigos – ankstyvo pavasario sąlygoms.



3.2 pav. Song meter SM 4 Acoustic Recorder prietaisas paruoštas darbui (kairėje) ir vidinis prietaiso vaizdas (dešinėje)

3.2.2 Song Meter SM4 Acoustic Recorder sukonfigūravimo charakteristikos ilgalaikio tyrimo vietose

Iš SRIS, atsižvelgiant į miškotvarkos duomenų bazės informaciją buvo atsirinkta 10-12 tripirščių genių radimviečių, kuriose buvo pakabinti įrašymo prietaisai. Šio eksperimento tikslas buvo išaiškinti geninių paukščių paros ir sezoninio aktyvumo ritmiką, kadangi rečiausia ir iš dalies tikslinė rūšis buvo tripirštis genys, dauguma prietaisų buvo patalpinti šios rūšies radimvietėse.

Paukščių balsų įrašymo sezoną su prietaisu SM 4 pradėtas iki vasario 16 d ir baigtas po birželio 15 d. Numatomas laikotarpis skiriasi nuo įprastinių apskaitų vykdymo laikotarpio tyrimo vietose lankantis stebėtojai (kovo 15 d.- balandžio 30 d.), nes yra norima nustatyti optimalų apskaitos pradžios ir pabaigos laikotarpį apskaitas darant su SM4. Jis gali būti gerokai

ilgesnis, nes geniniai paukščiai kitu nei veiklos piko laikotarpis taip pat tarškina, tačiau tai būna trumpai ir dažniausiai saulei įšildžius mišką (žiemos pabaiga) arba anksti ryte (balandžio pab. – gegužės vid.).

Prietaisą numatoma sukonfigūruoti taip, kad jis kiekvieną rytą įsijungtų likus 2 val. iki saulės patekėjimo bei veiktų 6 valandas. Taip sukonfigūruotas prietaisas veidavo apie 5 savaites.

3.2.3 Song Meter SM4 Acoustic Recorder sukonfigūravimo charakteristikos tyrimo kvadratuose

Šiai eksperimento daliai buvo naudojama 18-20 garso įrašymo prietaisų. Šios eksperimento dalies tikslas – palyginti ekspertų atliekamas apskaitas su garso įrašymo stotelių galimybėmis.

Paukščių balsų įrašymo sezoną su prietaisu SM 4 pradėtas kovo 12 d. ir baigtas gegužės 1 d. Numatomas laikotarpis skiriasi nuo įprastinių apskaitų vykdymo laikotarpio tyrimo vietose lankantis stebėtojai (kovo 15 d.- balandžio 30 d.), nes yra norima nustatyti optimalų apskaitos pradžios ir pabaigos laikotarpį apskaitas darant su SM4. Jis gali būti gerokai ilgesnis, nes geniniai paukščiai kitu nei veiklos piko laikotarpis taip pat tarškina, tačiau tai būna trumpai ir dažniausiai saulei įšildžius mišką (žiemos pabaiga) arba anksti ryte (balandžio pab. – gegužės vid.).

Prietaisas sukonfigūruotas taip, kad jis kiekvieną rytą įsijungtų likus 2 val. iki saulės patekėjimo bei veiktų 7 valandas. Taip pat prietaisas registravo paukščių balsus vakare 4 valandų laikotarpyje (pradėtų 2 valandos iki saulės nusileidimo ir baigtų 2 valandos po jo). Vakariniai įrašai nebuvo naudoti tolimesnėje geninių paukščių analizėje. Taip sukonfigūruotas prietaisas veidavo apie 2,5 savaites.

Geninių paukščių skleidžiamus garsus registruojantys prietaisai viename tyrimo taške buvo 7-10 dienų. Po to jie buvo perkelti į kitą tyrimo kvadrato tašką. Dėl šios priežasties yra svarbu jog prietaiso baterijos išlaikytų 2 savaitių laikotarpį.

Tyrimai su balsų įrašymo prietaisu vykdyti tradicinių apskaitų vietose. 1 km² tyrimo barelyje buvo 4 tyrimo taškai. Prieš numatant kuriuose tyrimo taškuose bus vykdomi tyrimai su prietaisu yra įvertinamas medynų perspektyvumas. Tyrimai bus atliekami ten, kur jie

patenka ant pribrežtančių ir senesnių medynų arba tokie medynai yra arti tyrimo taško bei užima pakankamai didelį plotą tinkamą geniniams paukščiams gyventi.

Geninių paukščių tarškinimai įrašinėti 2019m. pavasarį. Iš viso surinkta >30 tūkst. garso įrašų, kurių bendra apimtis >3,5TB. Surinkti balso įrašai buvo analizuojami 2019 - 2020 metais. Ekspertas klausymosi būdu išanalizavo 1746 garso įrašus iš trumpalaikių taškų.

3.2.4 Garso failų analizė su programine įranga

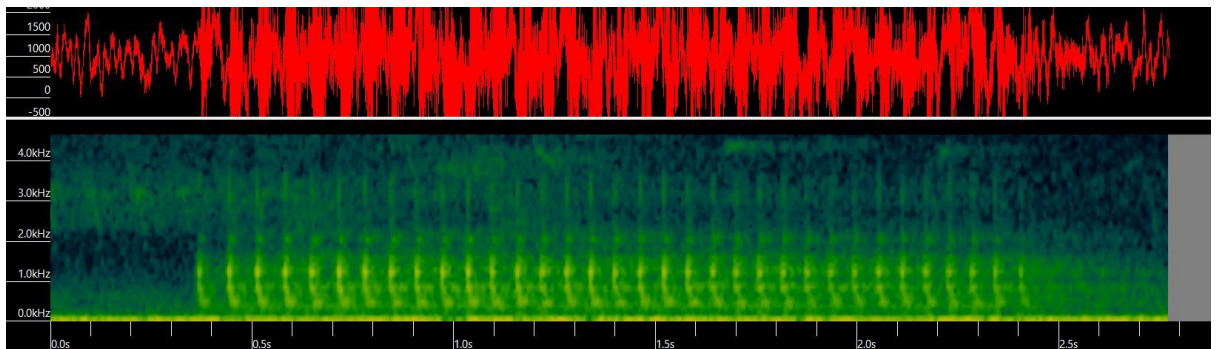
Įrašų analizė buvo atlikta su programine įranga Kaleidoscope Pro 4.5.0. Šis įrankių rinkinys, skirtas efektyviam viso spektro nuo nulio skaitmeninių garso įrašų duomenų apdorojimui ir analizei. „Kaleidoscope Pro“ naudoja statistinę modelio analizę, kad išskirtų ir sugrupuotų panašius balsus. Programa, pagrindinio grupavimo funkcijoje, pagal nustatytus parametrus, sukuria duomenų grupes (klasterius) pagal akustinius panašumus. Klasteriuose rezultatai rūšiuojami pagal panašumą į klasterio centrą. Analizės proceso metu sukuriama *.csv failas, kuris vėliau gali būti apdorojama ir analizuojamas.

Prieš pradėdant įrašų analizę, yra būtini tam tikri nustatymai. Šie nustatymai yra labai svarbūs norint gauti gerus klasterių analizės rezultatus! Programos aptiktas signalas yra frazė, susidedanti iš skiemenų (garsų), esančių laike arti vienas kito, o laiko tarpas tarp atskirų skiemenų yra neviršijamas. Vienu metu gali būti įrašyti keli garsai ar skirtingų rūšių frazės, kurias padeda išfiltruoti ir atskirti programos nustatymai.

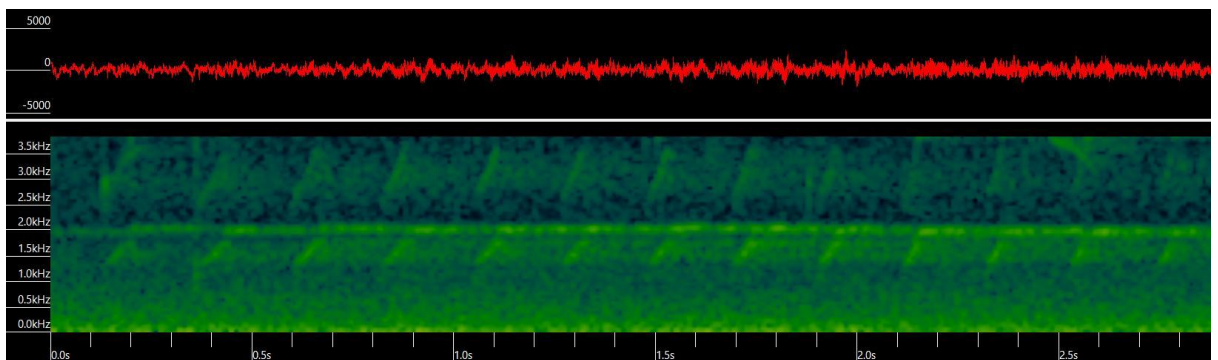
Pagrindiniai nustatymai yra šie:

1. **Minimalus ir maksimalus garso dažnis.** Šis parametras labai priklauso nuo tikslinių rūšių, nes atskirų paukščių grupių balsų dažniai labai skiriasi. Genių traškinimas yra palyginus žemo dažnio garsas ir yra aiškiausiai girdimas diapazone nuo 0,5 iki 1,5 kHz. Genių balsai yra šiek tiek aukštesnio dažnio garsai, jiems aptikti buvo naudotas 1,4 – 2,5 kHz dažnių diapazonas (3.3 pav.).
2. **Minimalus ir maksimalus frazės trukmės laikas.** Apibūdinamas kaip atskirų skiemenų, kurie jungiasi į frazes, trukmės laikas. Atskirų rūšių genių tarškinimo trelės trukmė yra nuo 0,4 iki 3 s, ir kad visi tarškinimo garsai būtų aptikti, analizės metu buvo naudotas 0,35 – 3,5 s laiko intervalas. Balsams aptikti naudotas 0,5 – 3,5 s laiko intervalas.

3. **Maksimalus tylos tarpas tarp atskirų skiemenų.** Apibūdina didžiausią leistiną tarpą tarp rastų skiemenų aptiktame garse. Jei didžiausias tylos laiko tarpas yra viršijamas, programa pradeda kitos frazės kūrimą. Siekiant kad programa genių trelių neskaidytų į atskirus dūžius, buvo pasirinkta 0,35 s laiko trukmė, nes laiko tarpai tarp pvz. tripirščio genio pirmųjų dūžių gali viršyti 0,12 s. Ieškant genių balsų buvo pasirinktas 1 s laiko tarpas.



A



B

3.3 pav. A – juodosios meletos trelė, B – juodosios meletos balsas

3.2.5 Klasterių analizė

Klasterių analizė yra „Kaleidoscope Pro“ programos įrankis, naudojamas analizuoti, rūšiuoti ir identifikuoti aptiktus signalus remiantis garsų struktūros panašumu. Klasifikacijos metu, iš analizuojamų garso failų, yra sukuriami klasteriai pagal akustinį panašumą. Yra du pagrindiniai analizės būdai: pagrindinis klasifikavimas ir klasifikavimas paremtas

klasifikatoriumi sudarytu pagrindinio klasifikavimo metu. Genių trelių paieškos metu buvo naudojamas pagrindinis klasifikatorius, nes genio tarškinimas yra palyginus žemo dažnio garsas ir ieškant pagal sudarytą klasifikatorių, programa neteisingai priskiria daug kitų garsų dėl žemame dažnyje esančio foninio „triukšmo“ ir kitų garsų.

Klasterių analizės nustatymai:

1. **Maksimalus aptiktos frazės atstumas nuo klasterio centro.** Aptikti signalai analizuojami pagal garsų struktūros panašumą. Kai kurie aptikti signalai yra labai panašūs vienas į kitą, kiti - mažiau panašūs vienas į kitą. Klasterių centras nustatomas pagal vidutinį panašiausią klasterio garsą. Aptikti balsai analizuojami siekiant nustatyti jų panašumą ar atstumą iki klasterio centro. Maksimalus galimas atstumas nuo klasterio centro yra 2. Tačiau pasirenkant tokį atstumą, į analizę įtraukiama labai daug pašalinių garsų, todėl buvo naudo vidutinis parametras – 1.
2. **FFT (The Fast Fourier Transform) langas.** FFT lango dydis turi įtakos dažniui per laiko trukmę skiriamajai gebai. Didesnis FFT langas turės didesnę dažnio skiriamąją gebą, ypač žemų dažnių analizei. Tačiau daugeliu atvejų žemesnio dažnio garsai, pavyzdžiui, pelėdų, per tam tikrą laiko trukmę turi mažiau detalių (yra mažesnės rezoliucijos), todėl yra skiriami prasčiau. Genių tarškinimas, ypač juodosios meletos, tripirščio genio, yra itin žemo dažnio garsai, todėl analizės metu naudotas didžiausias FFT langas - 21,33 ms. Balsams analizuoti naudotas vidutinis lango dydis – 5,33 ms.

3.3 Garso įrašų ekspertinis akustinis vertinimas

Ekspertiniu būdu garso įrašai vertinti klausymosi būdu. Buvo analizuojami kas antros dienos garso įrašai, pasirenkant skirtingus įrašus laiko atžvilgiu. Atsižvelgiant į apskaitos barelyje esančių geninių paukščių rūšinę įvairovę, gausą bei aktyvumą buvo atliekama 5-8 dienų garso įrašų analizė. Klausytų vienos dienos garso įrašų skaičius 3-7 vienetai. Vieno garso įrašo trukmė - 15 minučių. Svarbu pasirinkti ir perklausyti garso įrašus geninių paukščių aktyvumo piko metu (ankstyvo rytmečio įrašai). Jeigu analizuojamą dieną paukščiai buvo neaktyvūs (dėl oro sąlygų), tokių dienų įrašų buvo vertinama mažiau, pasirenkant kitas dienas, kai geniniai paukščiai buvo aktyvūs. Šis pasirinktas analizuojamų dienų bei skirtingų laiko atžvilgiu garso įrašų skaičius yra visiškai pakankamas įvertinti vietovėje esančių geninių

paukščių rūšinę įvairovę, individų skaičių, bei jų aktyvumą paros metu. Garso įrašai perklausomi naudojantis garso programa ir ausinėmis.

Analizuojant garso įrašus analizuojami geninių paukščių akustiniai signalai jų veisimosi sezono metu (kovo – balandžio mėnesiais). Registruoti - patino tuoktuvų balsas ir tarškinimo trelė, įvairūs bendravimo balsai, taip pat skrydžio, bei pavojaus balsai. Pagal balso ir trelės ypatybes – garso stiprumą, ilgumą, ritmo intensyvumą, jo kitimą trelės pabaigoje, skardumą, minkštumą identifikuojama rūšis, registruojamas individų skaičius. Atliekant analizę buvo svarbu įvertinti, kad keletu rūšių geninių paukščių patelės taip pat tarškina. Įrašas perklausomas vieną kartą, o jei geninių paukščių gausa ir įvairovė didelė, įrašas ar jo fragmentai perklausomi pakartotinai. Akustinėje analizėje nustatomas bendras geninių paukščių skaičius, skirtingų rūšių skaičius, nurodomas aktyvumo pradžios ir pabaigos laikas, nurodoma ar girdimas paukščio balsas ar trelė, fiksuojamos reikšmingos pastabos. Analizuojant garso įrašus, taškavimo būdu, skaitine išraiška įvertinamas geninių paukščių aktyvumas.

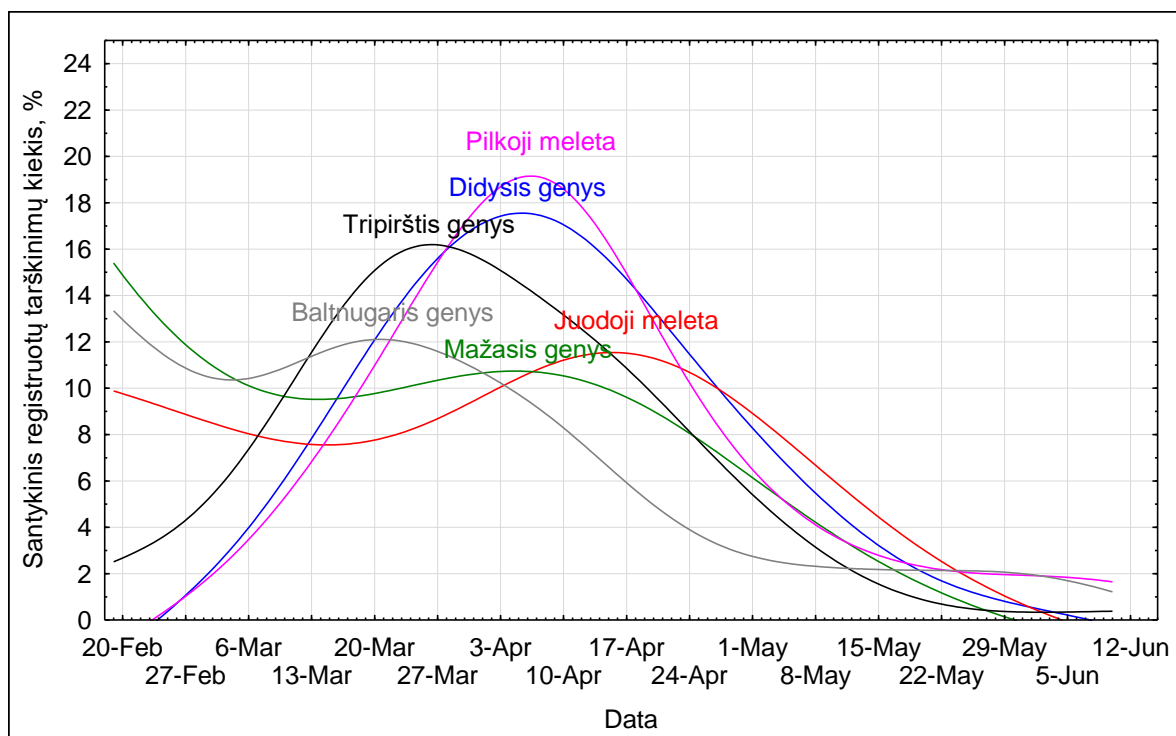
Siekiant duomenų kokybės, lietingų dienų įrašai buvo nesirenkami, netinkamos oro sąlygos mažina geninių paukščių aktyvumą. Įrašai kuriuose girdimumą apsunkino stiprus vėjas, bei praskrendančio lėktuvo, traukinio ar greitkelio keliamas triukšmas buvo taip pat neperklausomi.

4. REZULTATAI

4.1 Geninių paukščių sezoninis tarškinimo aktyvumas

Geninių paukščių tarškinimo aktyvumas buvo vertinamas pagal ilgalaikius viso sezono duomenis. Galima išskirti dvi geninių paukščių rūšių grupes, kurie elgiasi skirtingai (4.1 pav.). Tripirštis genys, didysis genys, pilkoji meleta pasiekia gerai išreikštą savo tarškinimo piką, o prieš pikiniu ir po pikiniu laikotarpiais tarškinimo intensyvumas yra daug žemesnis. Tuo tarpu baltnugario genio, juodosios meletos ir mažojo genio tarškinimo aktyvumas prieš veisimosi sezoną ir jo pirmoje pusėje mažai kuo skiriasi, o veisimosi sezono antroje pusėje jis palaipsniui mažėja.

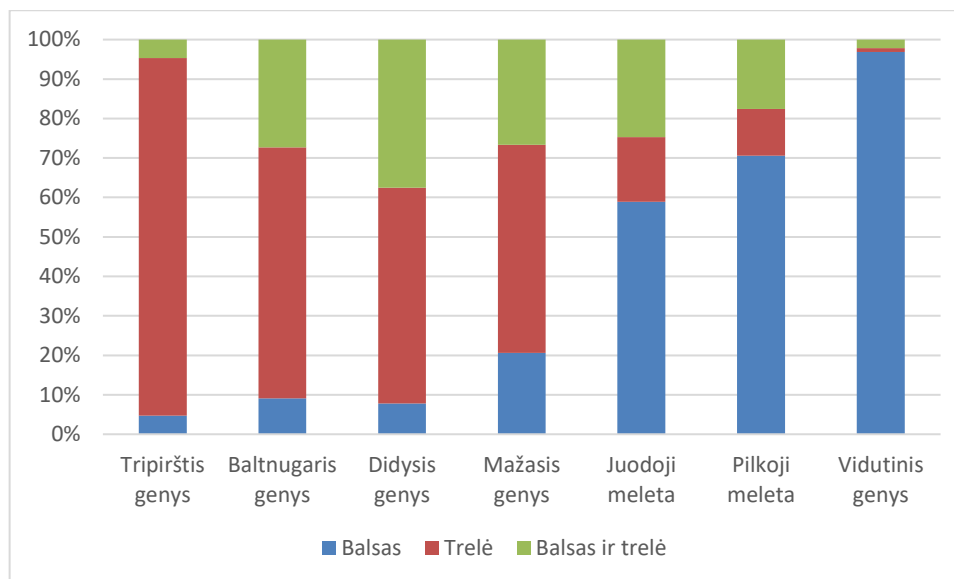
Baltnugariai geniai tarškinimo piką pasiekia anksčiausiai – apie kovo 15-25 dienomis, po jų seka tripirščiai geniai – kovo 20-30 d. Pilkoji meleta, didysis genys, mažasis genys intensyviausiai tarškina balandžio 2 – 11 dienomis, o juodoji meleta - balandžio 11-20 dienomis.



4.1 pav. Geninių paukščių rūšių sezoninis santykinis tarškinimo aktyvumas

4.2 Geninių paukščių akustinės registracijos pobūdis

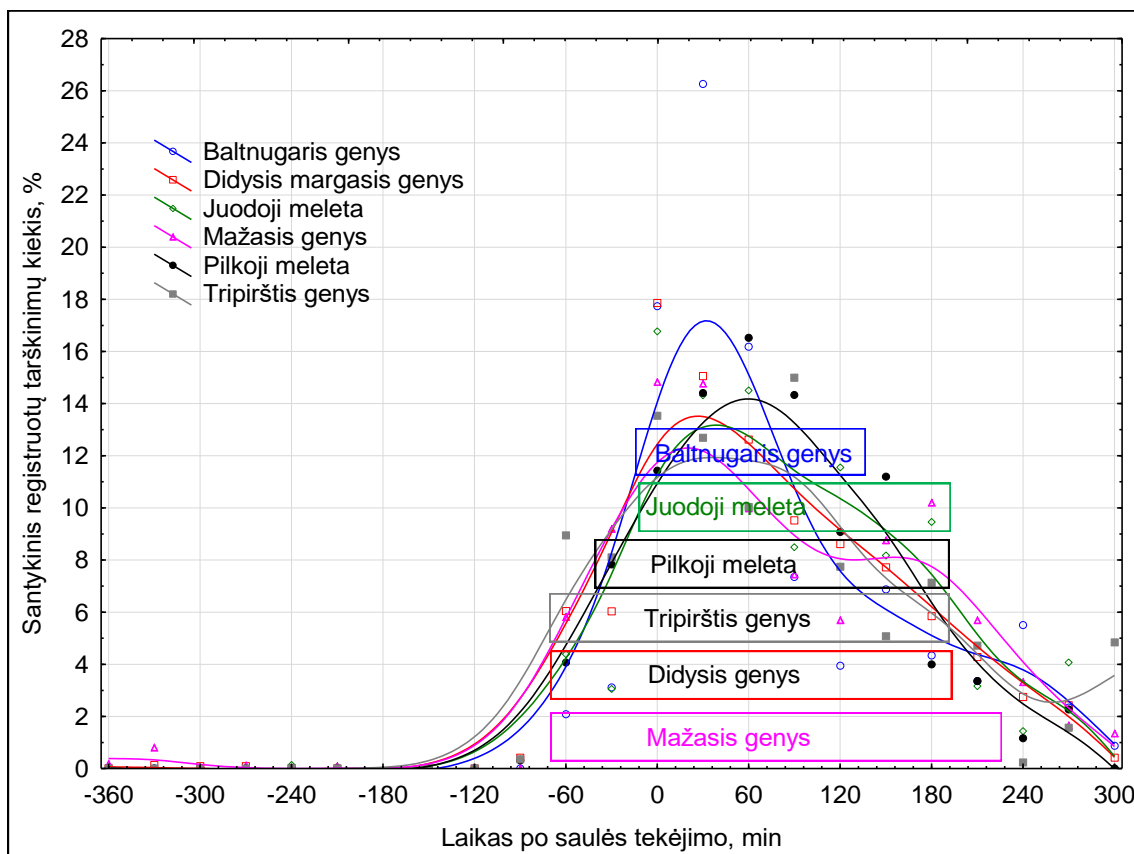
Geninių paukščių rūšys buvo registruotos pagal jų skleidžiamą tarškinimą ir balsus (4.2 pav.). Tripirštis genys buvo rūšis, kuri buvo identifikuojama pagal tarškinimo treles, baltnugaris genys, didysis genys ir mažasis genys pasižymėjo daug didesniu tarškinimo intensyvumu, o juodoji meleta ir pilkoji meleta – balsais. Galiausiai, vidutinio genio repertuare vyrauja balsas.



4.2 pav. Geninių paukščių rūšių akustinės registracijos pobūdis

4.3 Geninių paukščių aktyvumas paros eigoje

Įvertinus ilgalaikiuose (viso sezono) tyrimo taškuose surinktą informaciją nustatyta, jog didesnis geninių paukščių tarškinimo aktyvumas prasideda likus 1 valandai iki aušros (4.3 pav.). Šiuo laiku tampa aktyvūs mažieji geniai, didieji geniai, tripirščiai geniai. Pusvalandžiu vėliau suaktyvėja pilkosios meletos. Galiausiai, saulei tekant tarškinti pradeda juodosios meletos ir baltnugariai geniai. Daugumos genų rūšių tarškinimo aktyvumas baigiasi praėjus trims valandoms po saulės tekėjimo. Mažasis genys yra aktyvus pusvalandžiu ilgiau. Baltnugario ir tripirščio genų aktyvumui būdingi trumpi pasyvūs laikotarpiai. Didžiausias baltnugario genio aktyvumas trunka dvi valandas, bet vėliau baltnugaris genys yra periodiškai aktyvus iki 4 valandos po saulės tekėjimo. Tripirštis genys tampa pasyvesnis tarp antros ir trečios valandos po saulės tekėjimo.



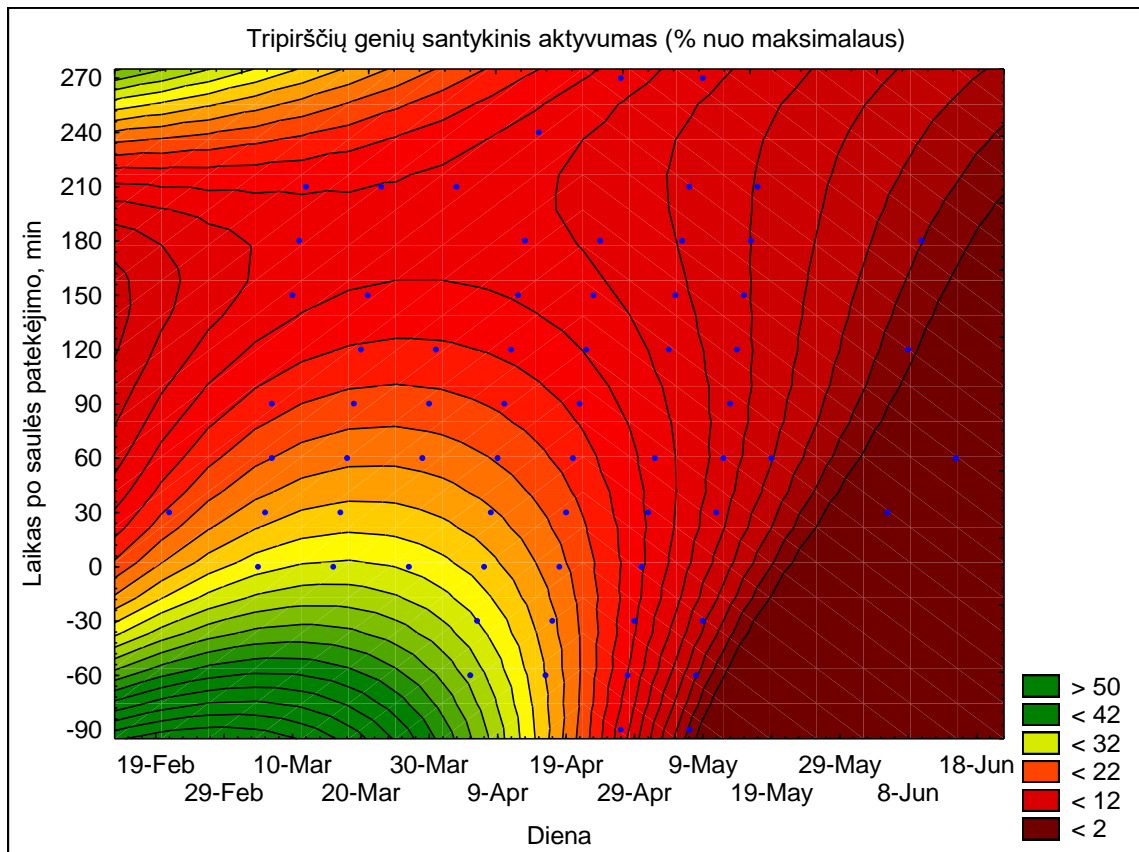
4.3 pav. Geninių paukščių rūšių tarškinimo aktyvumas paros laikotarpiu

4.4 Geninių paukščių rūšių tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas

Tripirštis genys

Tripirščio genio aktyvumo pobūdis sezono eigoje kito (4.4 pav.). Tripirščio genio tarškinimo sezoną galima skirstyti į tris dalis. Pirmosios, vasario-kovo mėnesiais tripirščiai geniai pradėdavo tarškinti saulei tekant. Aktyvus geninių tarškinimas prasidėjo vasario mėn. pabaigoje. Šiuo laikotarpiu tripirščių genijų aktyvumas būdavo didžiausias saulei tekant, o vėlesnėmis valandomis po saulės tekėjimo jis mažėjo. Vėliau nei 3 valandos po saulės tekėjimo tripirščių genijų tarškinimo buvo registruota labai mažai. Antroji tripirščių genijų aktyvumo dalis prasidėjo balandžio pradžioje. Pirmoje balandžio pusėje registruoti šios rūšies genijų tarškinimai likus valandai iki saulės tekėjimo, jų intensyvumas laipsniškai mažėdavo ir tęsdavosi 4,5 val. laikotarpiu po saulės tekėjimo. Trečiojo laikotarpio metu, balandžio pabaigoje – gegužės pradžioje, tripirščiai geniai tapdavo aktyvūs dar anksčiau, likus 1,5 valandos iki saulės tekėjimo, ir tarškinimo aktyvumui didesnę įtaką turėjo ne laikas po saulės tekėjimo, bet artėjanti veisimosi sezono pabaiga. Apie gegužės vidurį tripirščių genijų aktyvus tarškinimo sezonas baigiasi. Apibendrinant, didžiausias tripirščių genijų tarškinimo aktyvumas

buvo nuo vasario pabaigos iki balandžio vidurio vienos valandos laikotarpyje po saulės patekėjimo.

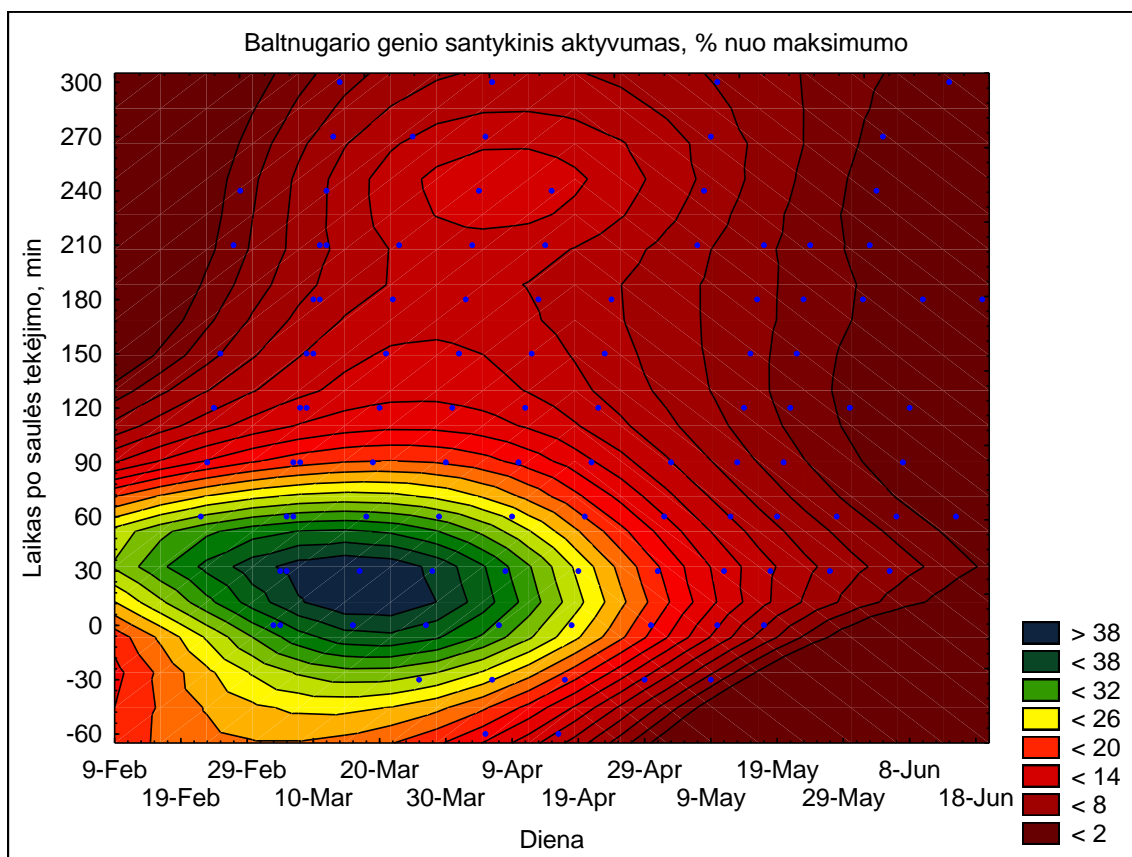


4.4 pav. Tripirščių genių tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas. Izolinijos skiria santykinės tarškinimo reikšmes lygias 2,5% nuo didžiausios registruotos tarškinimo intensyvumo reikšmės

Baltnugaris genys

Baltnugarių genių tarškinimas prasidėjo vasario pabaigoje, tačiau aktyvus tapo kovo mėnesį (4.5 pav.). Vasario pabaigoje - kovo pirmoje pusėje baltnugariai geniai pradėjo tarškinti saulei tekant, o kovo paskutinės dekados – gegužės pirmosios dekados laikotarpiais likus pusvalandžiui ar netgi valandai (balandžio pirma pusė) iki aušros. Didžiausias baltnugarių genių aktyvumas registruotas nuo kovo pradžios iki balandžio vidurio pirmosios valandos po saulės tekėjimo laikotarpiu. Saulei kylant aukštyn baltnugarių genių aktyvumas mažėjo, tačiau nustatytas nedidelis tarškinimo aktyvumo padidėjimas balandžio pirmojoje pusėje 3,5-4,5 val. po saulės patekėjimo laikotarpiu. Gegužės mėnesį baltnugarių genių tarškinimas taip pat buvo girdimas, trelės retėjo artėjant veisimosi sezono pabaigai, tačiau pasiskirstė tolygiai rytmečio

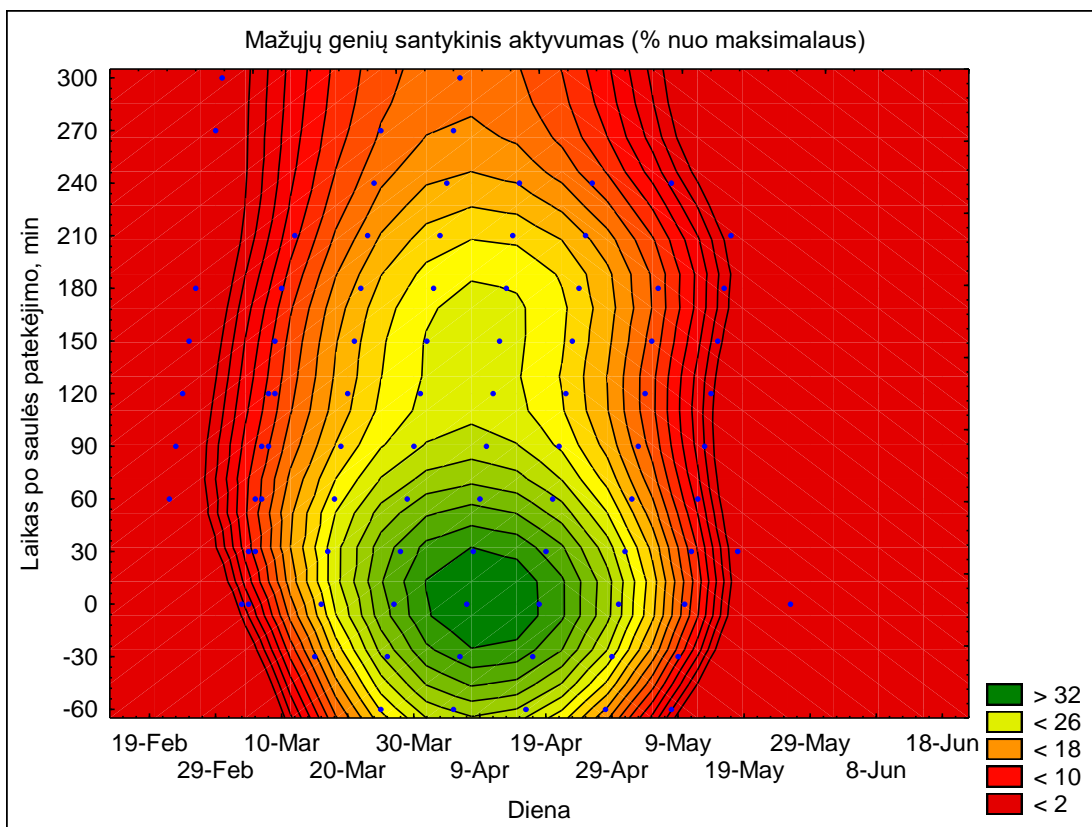
valandų laikotarpiu. Apibendrinant, didžiausias baltnugarių genių tarškinimo laikotarpis yra nuo kovo 1 d. iki balandžio 20 d. pirmųjų 1,5 valandos laikotarpyje po saulės tekėjimo.



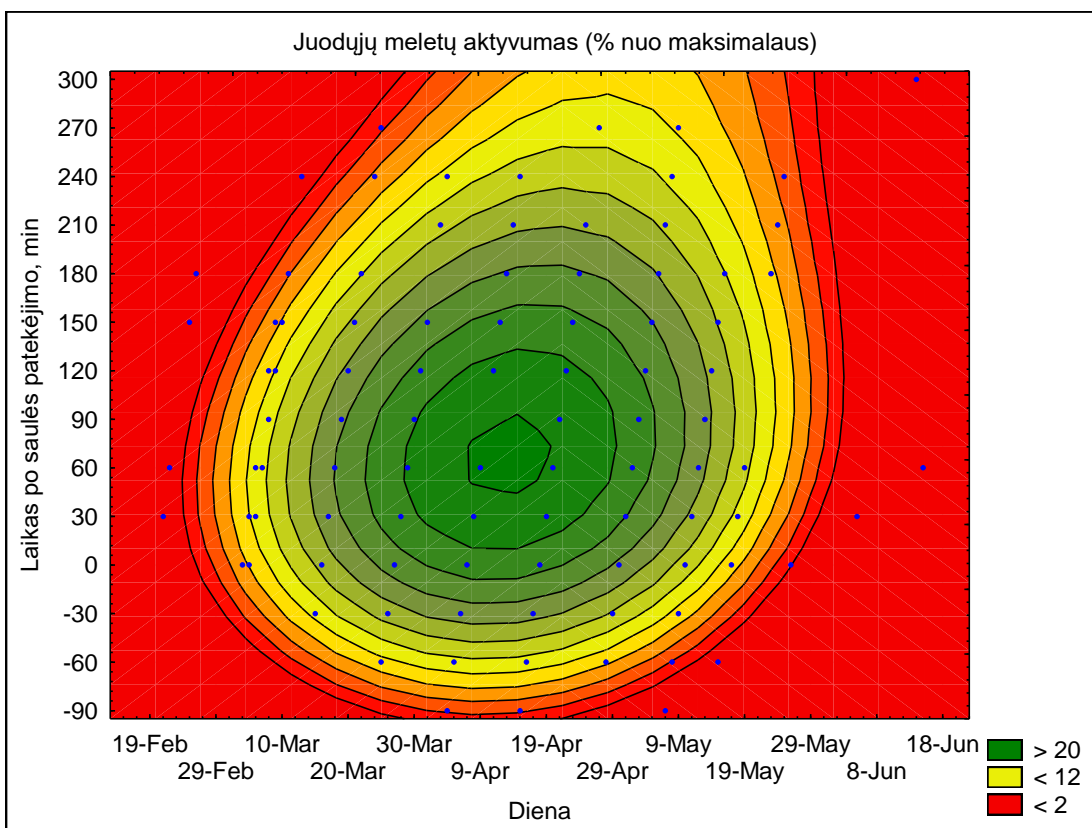
4.5 pav. Baltnugarių genių tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas. Izolinijos skiria santykinės tarškinimo reikšmes lygias 2,5% nuo didžiausios registruotos tarškinimo intensyvumo reikšmės

Mažieji geniai

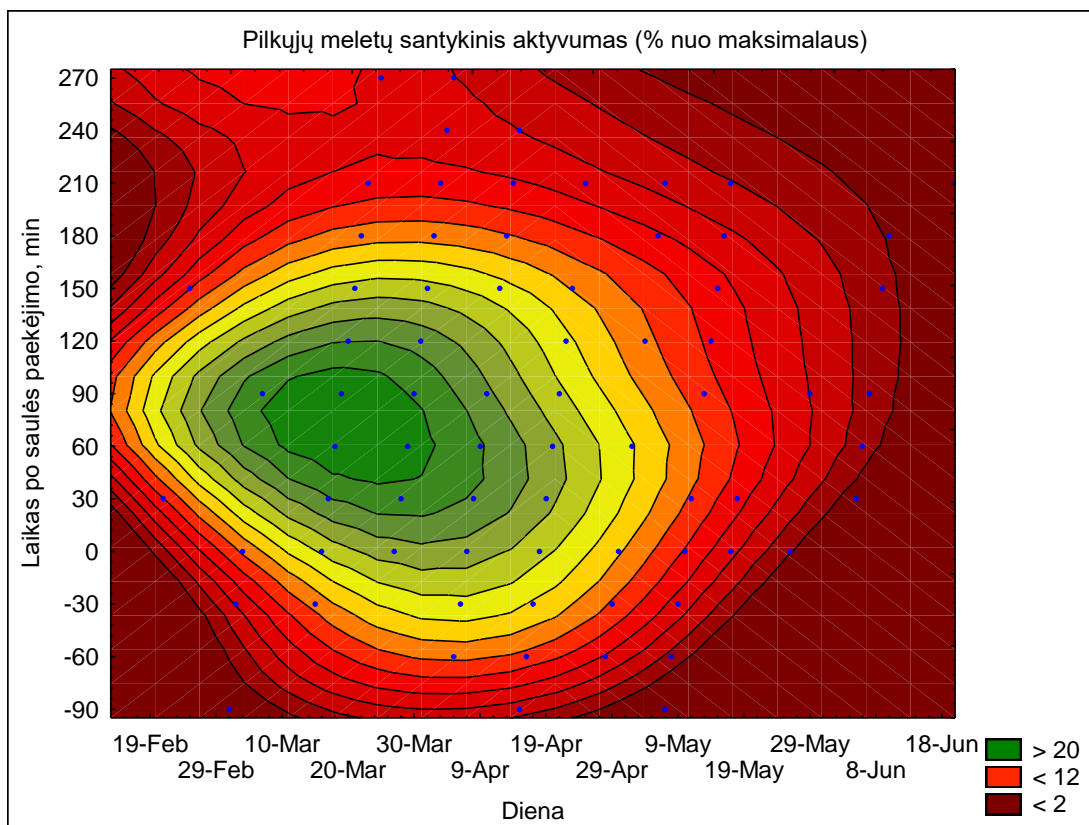
Mažieji geniai pavasarinį tarškinimą pradėjo vasario pabaigoje, tačiau tapo aktyvūs nuo kovo mėnesio (4.6 pav.). Kovo pradžioje jų tarškinimai pradėti registruoti nuo saulėtekio ir veisimosi sezonui įsibėgėjant tapo vis ankstyvesni. Kovo paskutinės dekados – gegužės pirmosios dekados laikotarpiu tarškinimai būdavo pradami registruoti likus 1 valandai iki saulėtekio. Mažųjų genių tarškinimo sezonas baigėsi gegužės viduryje. Mažieji geniai intensyviai tarškino kovo paskutinę dekadą – balandžio mėnesį, nors tarškinimo piką pasiekė balandžio I – II dekadomis. Šiuo laikotarpiu labiausiai šios rūšies geniai tarškino 1,5 valandos periodu, pradedant 30 min. iki saulėtekio. Intensyviausiu tarškinimo laikotarpiu aktyvesnis tarškinimas truko iki 3,5 val. po saulės tekėjimo, tačiau tiek anksčiau, tiek ir vėliau sezono metu mažųjų genių aktyvumas buvo gerokai mažesnis.



4.6 pav. Mažųjų genių tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas. Izolinijos skiria santykinės tarškinimo reikšmes lygias 2,5% nuo didžiausios registruotos tarškinimo intensyvumo reikšmės



4.7 pav. Juodųjų meletų tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas. Izolinijos skiria santykinės tarškinimo reikšmes lygias 2,5% nuo didžiausios registruotos tarškinimo intensyvumo reikšmės



4.8 pav. Pilkujų meletų tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas. Izolinijos skiria santykinės tarškinimo reikšmes lygias 2,5% nuo didžiausios registruotos tarškinimo intensyvumo reikšmės

Juodoji meleta

Pirmieji juodųjų meletų tarškinimai pasigirsta vasario paskutinės dekados laikotarpiu, bet aktyviai ši rūšis pradeda reikštis nuo kovo mėnesio pradžios ir tai trunka iki gegužės mėnesio vidurio (4.7 pav.). Intensyviausias tarškinimo laikotarpis trunka nuo kovo mėnesio vidurio iki gegužės pirmosios dekados pabaigos. Kovo pradžioje pirmosios tarškinimo trelės pasigirsta tekant saulei, bet jos veisimosi sezonui įsibėgėjant vis ankstyvėja ir pirmojoje balandžio pusėje pradedamos girdėti likus 1,5 val. iki saulės tekėjimo. Intensyviausias tarškinimas girdimas 3 val. laikotarpyje po saulės tekėjimo. Balandžio pirmoje pusėje jis tęsiasi ilgiau, o esant ankstesniam ar vėlesniam sezono laikotarpiui – trumpiau.

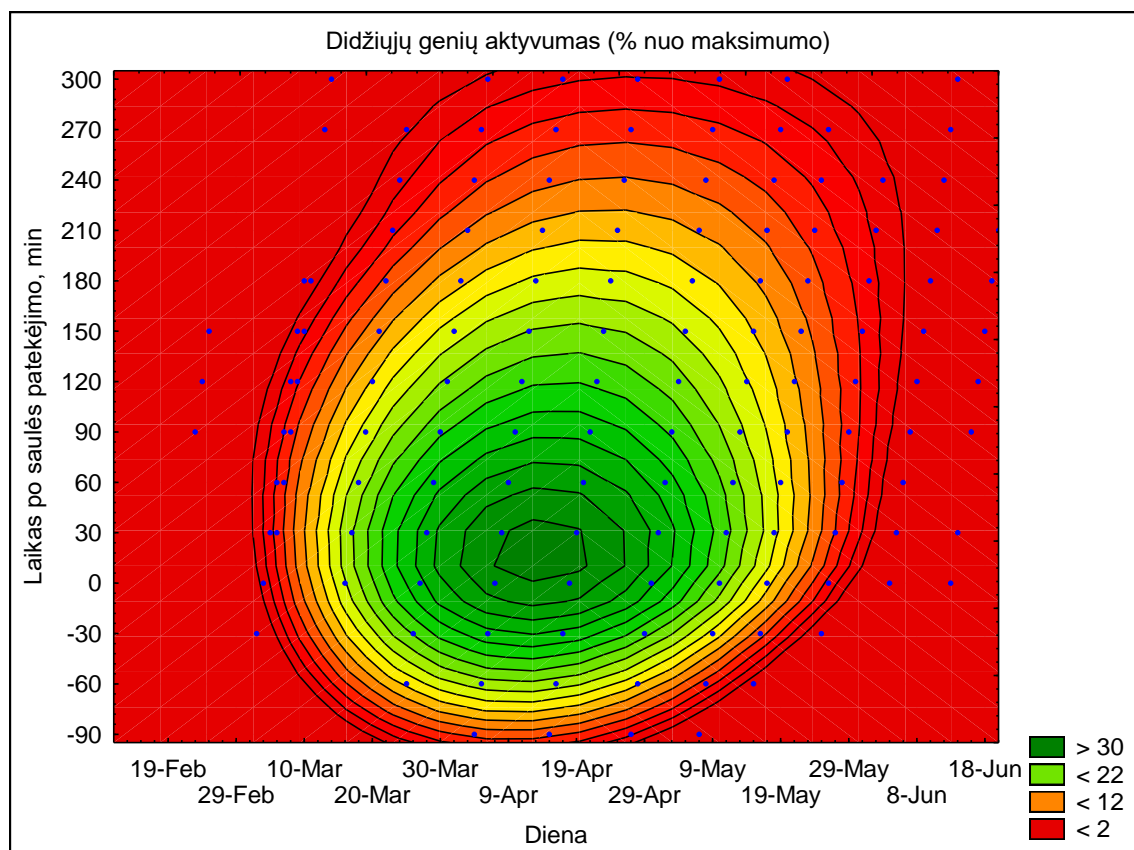
Pilkoji meleta

Pilkujų meletų tarškinimo sezonas truko nuo antrosios vasario pusės iki birželio vidurio, bet aktyvus tarškinimas buvo registruojamas nuo kovo II dekados iki balandžio vidurio (4.8 pav.). Kovo mėnesį tarškinimai buvo pradedami registruoti likus 0,5 val. iki saulės tekėjimo, o balandžio mėnesį – 1-1,5 val. prieš aušrą. Tarškinimo aktyvumas dienos eigoje mažėja ir yra

intensyviausias 3 valandų laikotarpyje po saulės tekėjimo. Neintensyviai tarškinančios pilkosios meletos registruotos iki 4,5 val. po saulės tekėjimo laikotarpiu.

Didysis genys

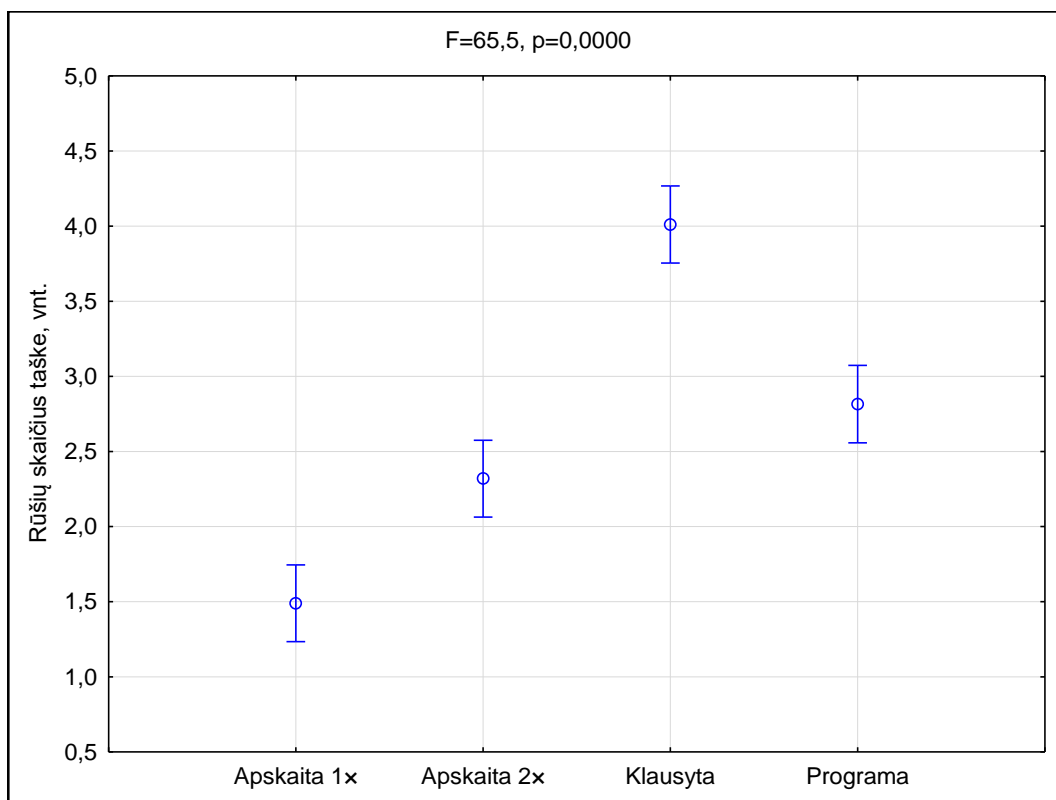
Didžiųjų genių tarškinimo laikotarpis truko nuo vasario paskutinės dekados iki vasaros vidurio, tačiau sistemingai tarškinantys paukščiai buvo registruojami nuo kovo pradžios iki gegužės pabaigos (4.9 pav.). Intensyviausias tarškinimo laikotarpis truko kovo paskutinę dekadą – balandžio mėnesį. Iki kovo vidurio didieji geniai pradėdavo tarškinti tekant saulei, o balandžio mėn. ir gegužės pradžioje tarškinimo pradžia registruota likus 1,5 val. iki saulės tekėjimo. Intensyviausiu tarškinimo laikotarpiu aktyvus didžiųjų genių tarškinimas truko 3 val. laikotarpiu po saulės tekėjimo, tačiau esant palankioms sąlygoms registruotas nedidelis didžiųjų genių aktyvumas iki pat stebėjimo pabaigos – 6 val. po saulės tekėjimo.



4.9 pav. Didžiųjų genių tarškinimo aktyvumo sezoninis kitimas. Izolinijos skiria santykinės tarškinimo reikšmes lygiais 2,5% nuo didžiausios registruotos tarškinimo intensyvumo reikšmės

4.2 Geninių paukščių skirtingų apskaitų metodų palyginimas

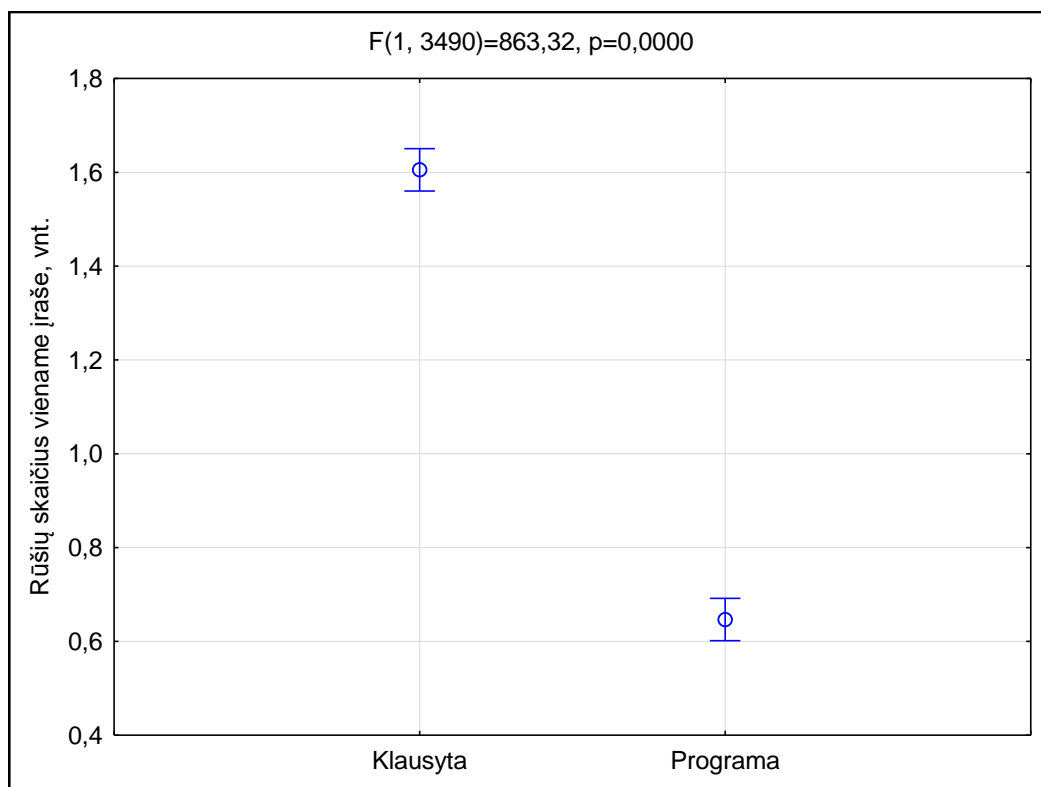
Siekiant įvertinti geninių paukščių inventorizavimo metodų efektyvumą mes palyginome geninių paukščių vienkartinės (1x) (2018m.), dvikartinės (2x) (2010-2013m.) apskaitų rezultatus su geninių paukščių rūšių vertinimu akustiniu metodu (klaudyta), ir paieška vykdyta programiniu būdu (programa). Lyginant skirtingais metodais inventorizuotus ir įvertintus geninius paukščius matome, jog mažiausiai efektyvus buvo tradicinės apskaitos metodas (1x), kai viename apskaitos taške vidutiniškai buvo inventorizuota apie 1,5 rūšies bei dvikartinė apskaita (2x), kai apskaitos vykdytos tradiciniu būdu du kartus skirtingais metais - vidutiniškai taške buvo aptikta 2,3 rūšies (4.10 pav.). Daugiausiai rūšių buvo aptikta analizuojant garso įrašus juos klausiantis (4,0 rūšies/taške) bei pasitelkus programinę įrangą (2,8 rūšies/taške).



4.10 pav. Skirtingais metodais nustatytas vidutinis geninių rūšių skaičius viename taške

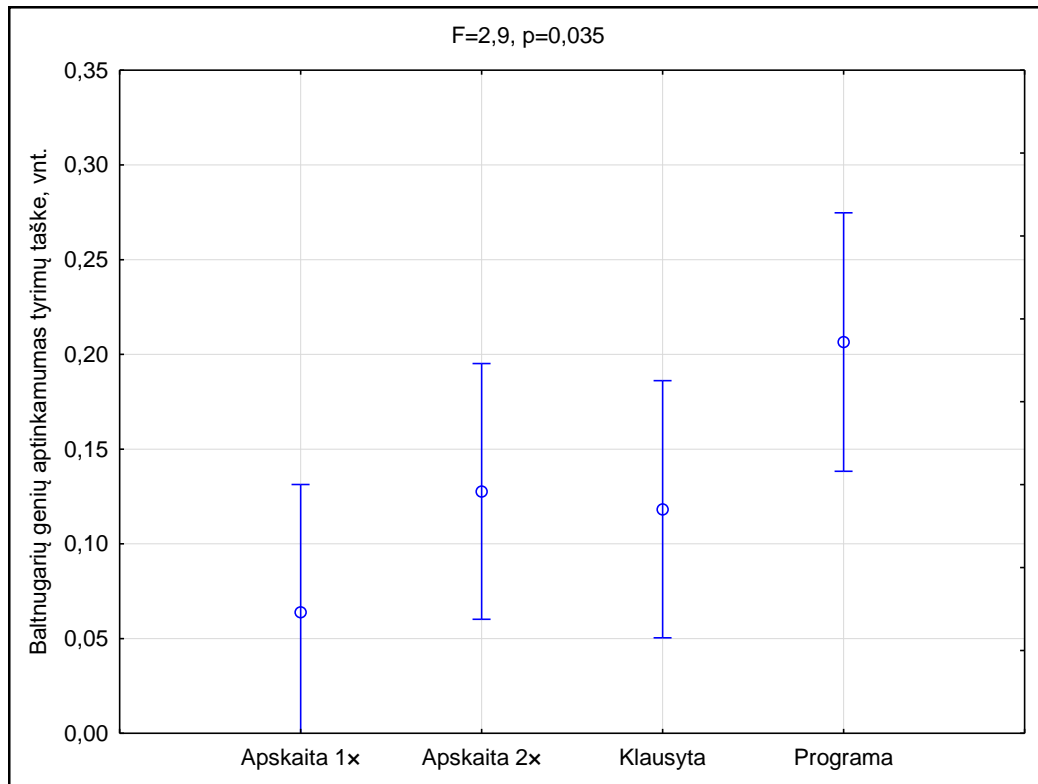
Mažiausią vienkartinės tradicinės apskaitos efektyvumą galima paaiškinti tuo, jog taške būnama 16 minučių iš jų aktyvi apskaita vykdoma 12 min. Dvikartinis apskaitos metodas yra efektyvesnis dėl ilgesnio praleisto laiko taške, bei galimybės bent vieną apskaitą vykdyti

palankesniu laikotarpiu, bei du sezonus. Nors klausymuisi pasirinkti tik 3-7 įrašai per apskaitos dieną (t.y. nuo 45min. iki 1 val. 45 min.), bet šis būdas yra efektyviausias geninių rūšių inventorizacijoje. Ekspertas klausydamas įrašo turi galimybę neaiškias vietas perklausyti pakartotinai ir patikslinti rūšį, be to registruojami toli esančių paukščių balsai ir tarškinimas, kas gali būti problematiška juos identifikuojant programiškai. Pastarąją mintį pagrindžia ir vidutiniškai viename įrašė nustatytų geninių paukščių rūšių skaičius (4.11 pav.). Klausantis viename 15 min. įrašė buvo registruojama daugiau nei 1,6 rūšies, tuo tarpu programiniu būdu identifikuota tik 0,65 rūšies/15 min. trukmės įrašė. Galiausiai reikia pažymėti, jog 15 min. trukmės įrašė inventorizuotų rūšių skaičius yra labai panašus į tradicinės apskaitos rezultatus, kai apskaita trunka 12 min. (1,5 rūšies/taške), tai rodo, jog vienkartinė tradicinė apskaita neturi didesnio potencialo.

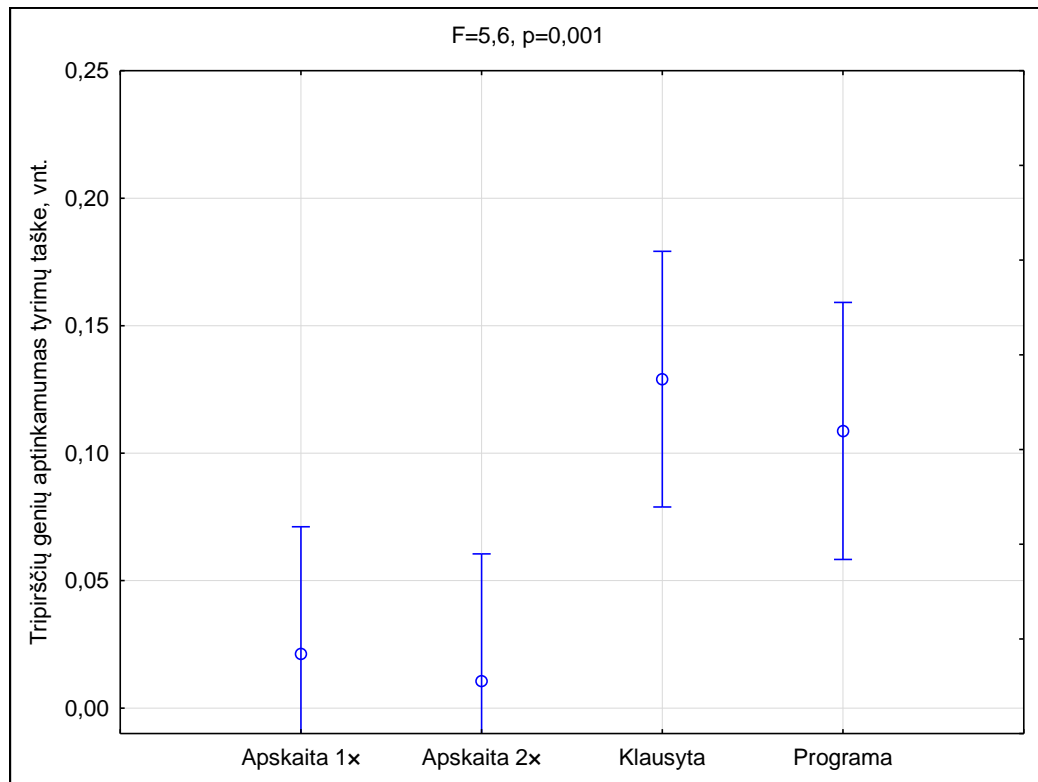


4.11 pav. Rūšių skaičius viename 15 min trukmės įrašė nustatytas eksperto klausantis nei programiniu būdu

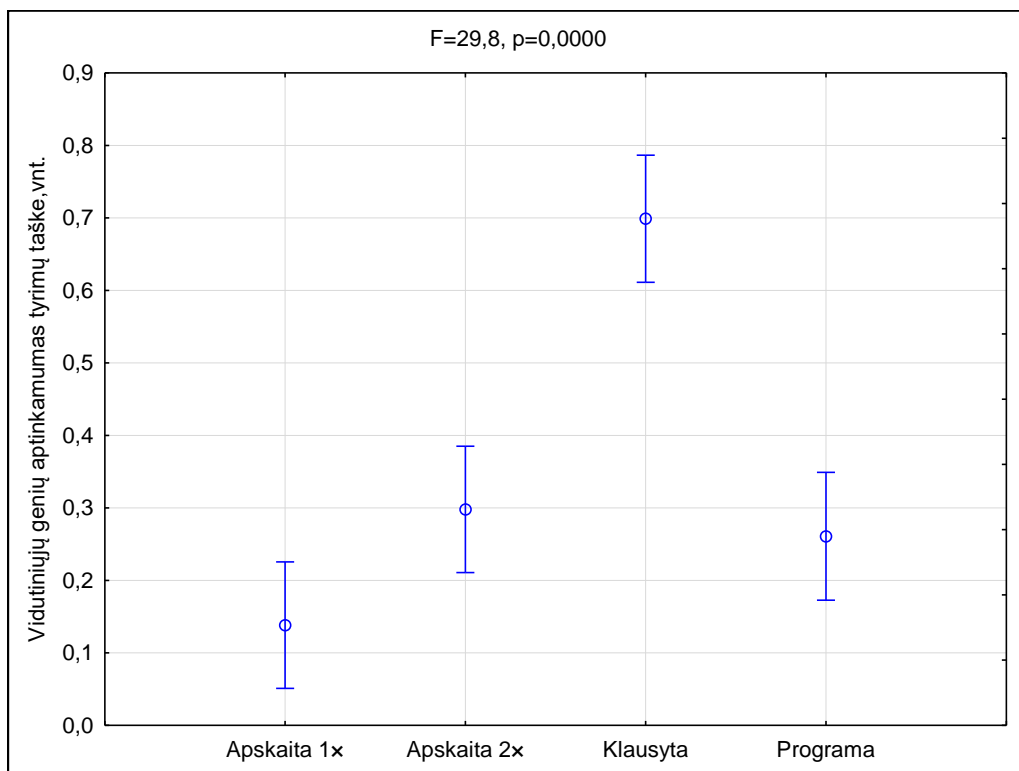
Vertinant skirtingų geninių paukščių rūšių inventorizavimo efektyvumą (4.12-17 pav.) matome, jog baltnugarių genių buvo daugiausiai identifikuota įrašus analizuojant programiniu būdu, o visų kitų rūšių – juos vertinant ekspertiniu būdu – klausantis.



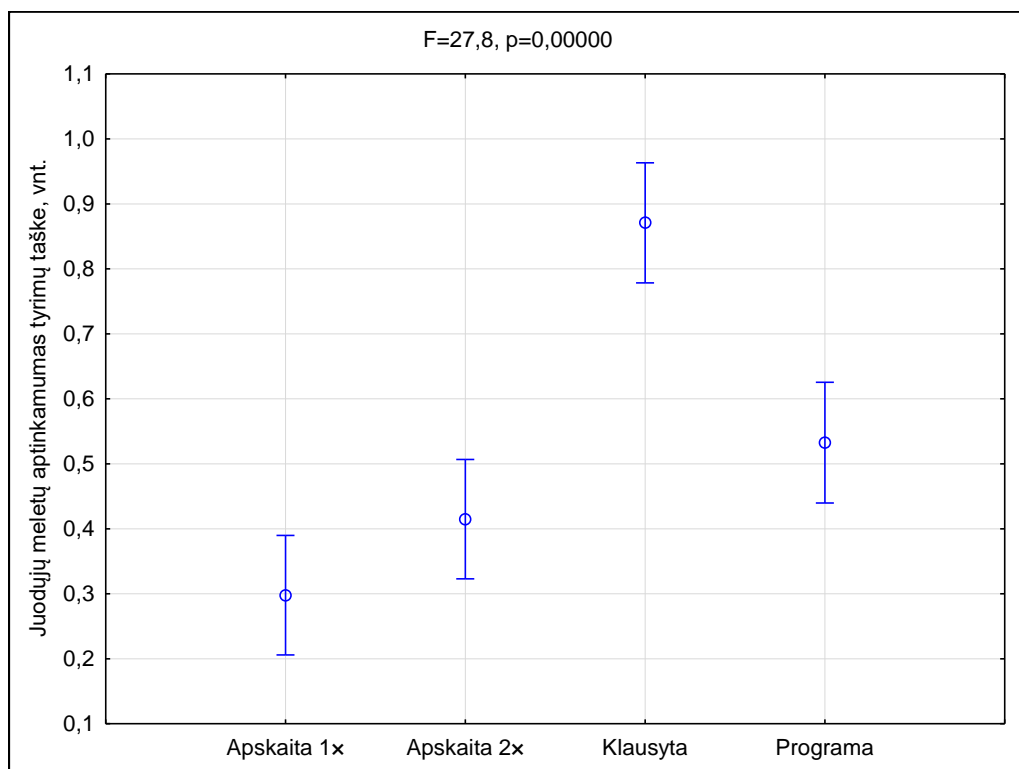
4.12 pav. Skirtingais metodais nustatytas vidutinis baltųjų genų skaičius viename taške



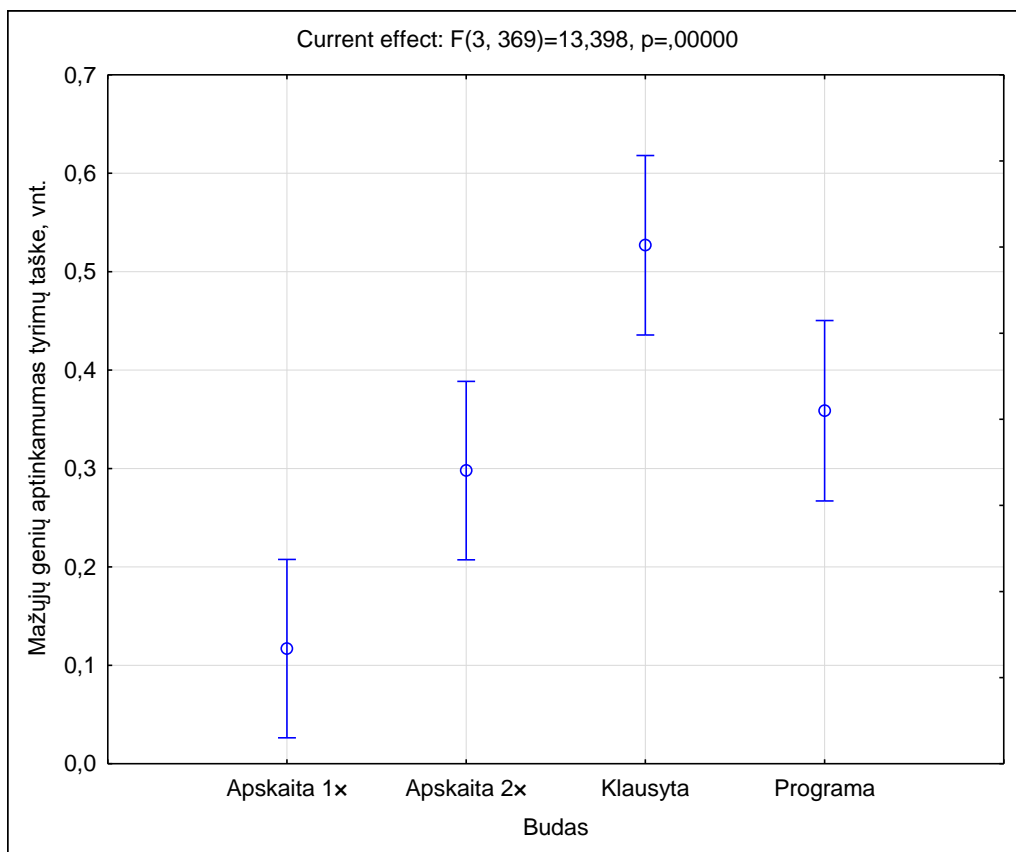
4.13 pav. Skirtingais metodais nustatytas vidutinis tripirščių genų skaičius viename taške



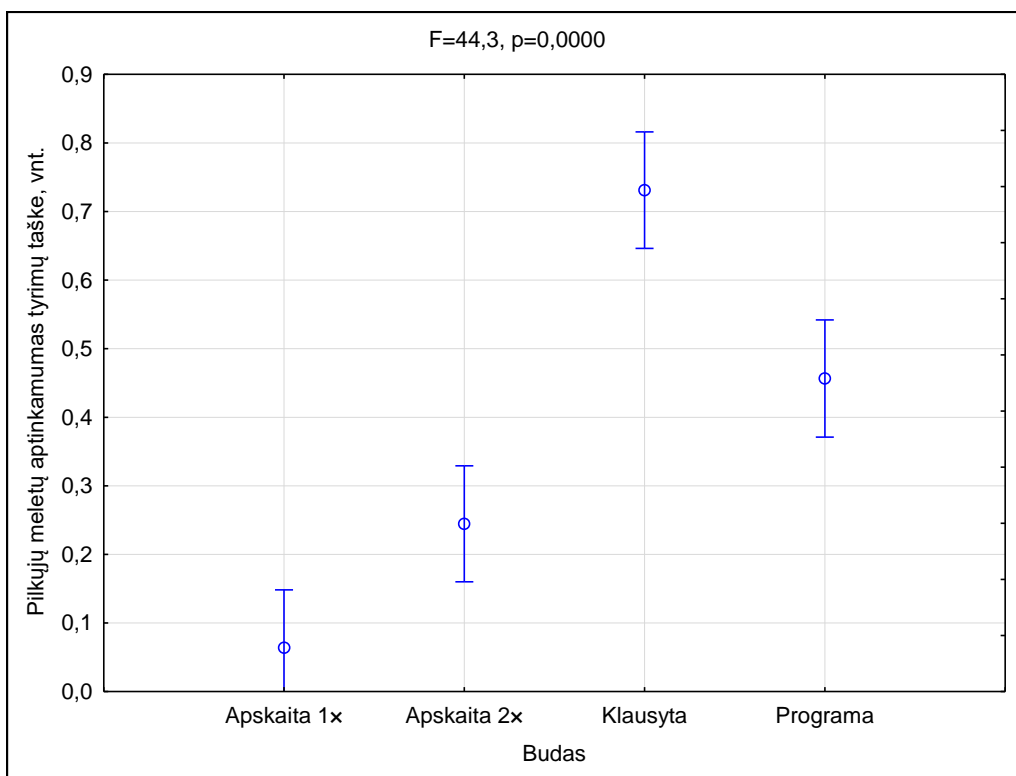
4.14 pav. Skirtingais metodais nustatytas vidutinių genų skaičius viename taške



4.15 pav. Skirtingais metodais nustatytas vidutinis juodųjų meletų skaičius viename taške

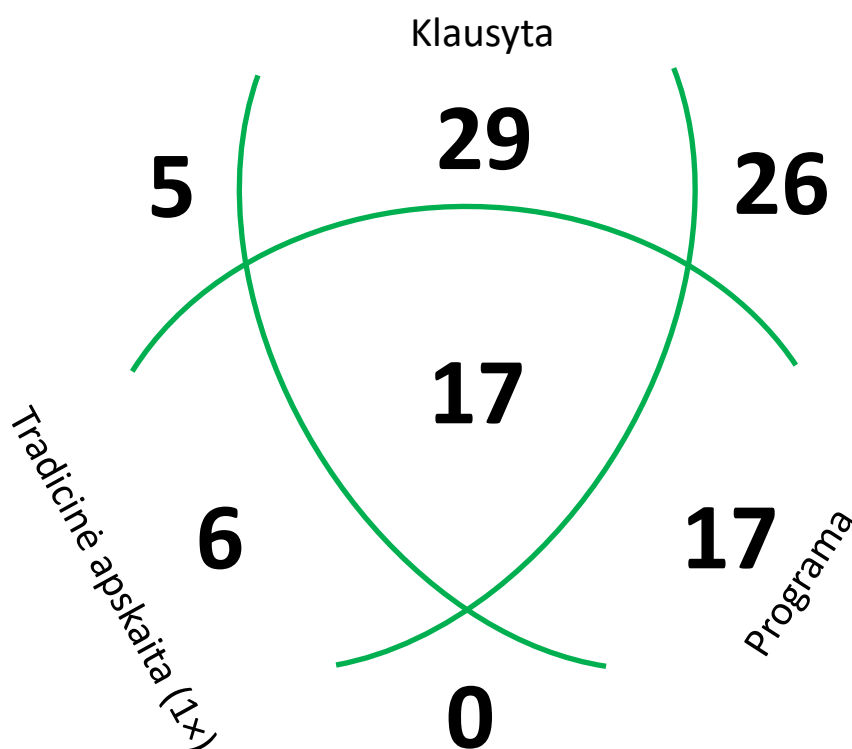


4.16 pav. Skirtingais metodais nustatytas vidutinis mažųjų genų skaičius viename taške



4.17. Skirtingais metodais nustatytas vidutinis pilkujų meletų skaičius viename taške

Analizuojant trijų skirtingų geninių paukščių apskaitų metodų efektyvumą yra labai svarbu nustatyti, kuris metodas užregistruoja daugiausiai unikalių atvejų, ir kurių metodų registracijos daugiausiai persidengia. Tuo tikslu buvo sudarytas modelis parodantis besidubliuojančių ir unikalių registracijų pasiskirstymą (4.18 pav.). Kiekviena geninių paukščių rūšis modelyje yra vertinama vienodu svoriu. 17 proc. atvejų geniniai paukščiai buvo registruoti visais trimis metodais. Vykdam tradicinę apskaitą buvo nustatyta 6 proc. tik šios apskaitos metu nustatytų registracijų, programiniu būdu analizuojant failus – 17 proc., o klausantis ekspertui – 29 proc. 26 proc. nuo visų registracijų geniniai paukščiai buvo išaiškinti ekspertiniu ir programiniu būdu. Ši analizė leidžia konstatuoti, jog efektyviausias yra ekspertinis įrašų perklausymas, o norint kombinuoti du metodus, - reikėtų įrašus išanalizuoti programiniu būdu ir dar dalį jų perklausti.



4.18 pav. Įvairiais būdais atliktų apskaitų rezultatų bendras palyginimas

Vertinant kiekvienos geninių paukščių rūšies skirtingų apskaitų metodų efektyvumą (4.1 lent.), matome, jog retos geninių paukščių rūšys – tripirščiai geniai ir baltnugariai geniai yra geriausiai įvertinami įrašus analizuojant programiniu būdu. Programiniu būdu yra

išaiškinama 65,2 proc. tripirščių genių radimviečių, o papildomai perklausant įrašus – 91,3 proc. Baltnugariams geniams šie skaičiai yra atitinkamai 60 proc. ir 83,3 proc. Vidutiniai geniai ir mažieji geniai, pilkosios meletos ir juodosios meletos efektyviausiai inventorizuojamos perklausant įrašus ekspertui. Apskaitų efektyvumas atitinkamai yra 74,4 proc., 75,8 proc., 85,6 proc. ir 94,2 proc. Galiausiai, didieji geniai tyrimų taške yra nesunkiai nustatomi visais trimis metodais. Juodosios meletos ir pilkosios meletos didžiausia proporcija registracijų sutapo įrašus vertinant programiniu būdu ir juos klausantis, tačiau unikalių registravimo atvejų įrašus analizuojant vien tik su programa buvo labai mažai.

4.1 lent. įvairiais būdais atliktų geninių paukščių rūšių apskaitų rezultatų palyginimas (A – tradicinė apskaita (1×); K – ekspertinis įrašų klausymas; P – analizavimas programa)

Rūšis	AKP	AK	AP	KP	A	K	P
Tripirštis genys	0,0	0,0	0,0	21,7	8,7	26,1	43,5
Baltnugaris genys	3,3	3,3	0,0	6,7	10,0	23,3	53,3
Didysis genys	76,4	1,1	2,2	11,2	1,1	6,7	1,1
Vidutinis genys	6,4	7,7	0,0	21,8	16,7	46,2	1,3
Mažasis genys	10,3	8,6	0,0	31,0	0,0	34,5	15,5
Juodoji meleta	18,1	10,8	0,0	39,8	3,6	27,7	0,0
Pilkoji meleta	7,2	1,4	0,0	49,3	0,0	37,7	4,3

4.3 Geninių paukščių gausos perklausymo ir programiniu būdu rezultatų palyginimas

Užregistruotų genių skaičius buvo palygintas su apskaičiuotų tarškinimų skaičiumi, tikintis, jog pagal programiškai apskaičiuotą genių tarškinimų skaičių galima apskaičiuoti taške aptiktų genių porų skaičių. Nustatytas statistiškai patikimas ryšys tarp genių skaičiaus nustatyto ekspertiniu būdu ir programiškai: baltnugariui geniui ($r=0,21$; $p<0,00001$), didžiajam geniui ($r=0,61$, $p<0,00001$), juodajai meletai ($r=0,38$, $r<0,01$), mažajam geniui ($r=0,40$, $p<0,01$), pilkajai meletai ($r=0,62$; $p<0,01$), tripirščiui geniui ($r=0,29$, $r<0,01$), vidutiniam geniui ($r=0,25$, $r<0,00001$).

Nors koreliacijos koeficientai yra patikimi, tačiau didelė duomenų sklaida neleidžia įvertinus kurios nors geninių paukščių rūšies tarškinimo trelių skaičių jį tiksliai perskaičiuoti į tos rūšies paukščių porų skaičių. Perskaičiavimo koeficientai iš trelių skaičiaus į paukščių

skaičių pasiteisintų juos naudojant masiškai įprastinėms paukščių rūšims. Kai reikia apsispręsti ar taške aptinkama 1 ar 2 ar 3 poros, tai padaryti sudėtinga. Dėl šios priežasties norint nustatyti porų skaičių reikėtų perklausyti įrašus, kuriuose programiniu būdu buvo nustatyta registracijų.

5 Geninių paukščių apskaitų naudojant autonominius balsų įrašymo prietaisus metodika

5.1 Bendrosios nuostatos

Svarbiausias metodikos parametras yra vykdomos apskaitos laikas dienomis viename apskaitos taške. Numatytą dienų skaičių turi būti laikomas paukščių balsus įrašinėjantis prietaisas. Esant nepakankamai šio laikotarpio trukmei iškyla rizika, jog ne visos paukščių rūšys bus registruojamos, o laikant jį pernelyg ilgai – per sezoną bus įvertinta mažiau nei buvo galima taškų. Šis vertinimas atliktas surinktą informaciją apdorojant su paukščių balsų atpažinimo programa.

Optimalus apskaitų laikotarpis buvo vertinamas tripirščiams geniams, baltnugariams geniams, juodosioms meletoms ir didiesiems geniams atskirai. Mažiesiems geniams ir pilkosioms meletoms jis buvo nevertintas dėl duomenų trūkumo. Atliekant modeliavimą buvo priimti du apskaitų tikslumo lygiai, kurie atitinka 0,5 ir 0,7 aptikimo tikimybę. 0,5 apskaitos tikimybė naudotina, kai apskaitos naudojamos geninių paukščių gausos įvertinimo, monitoringo tikslais, o 0,7 – siekiant tiksliai nustatyti rūšių radmvietais, mokslinių tyrimų tikslais. Paprastai yra nurodomas trukmės intervalas, mažesniosios reikšmės yra naudotinos esant geroms oro sąlygoms (vyrauja giedri ir saulėti orai), o didesniosios - prastoms, kai geniniai paukščiai nėra aktyvūs (vyrauja šalti, lietingi, vėjuoti orai).

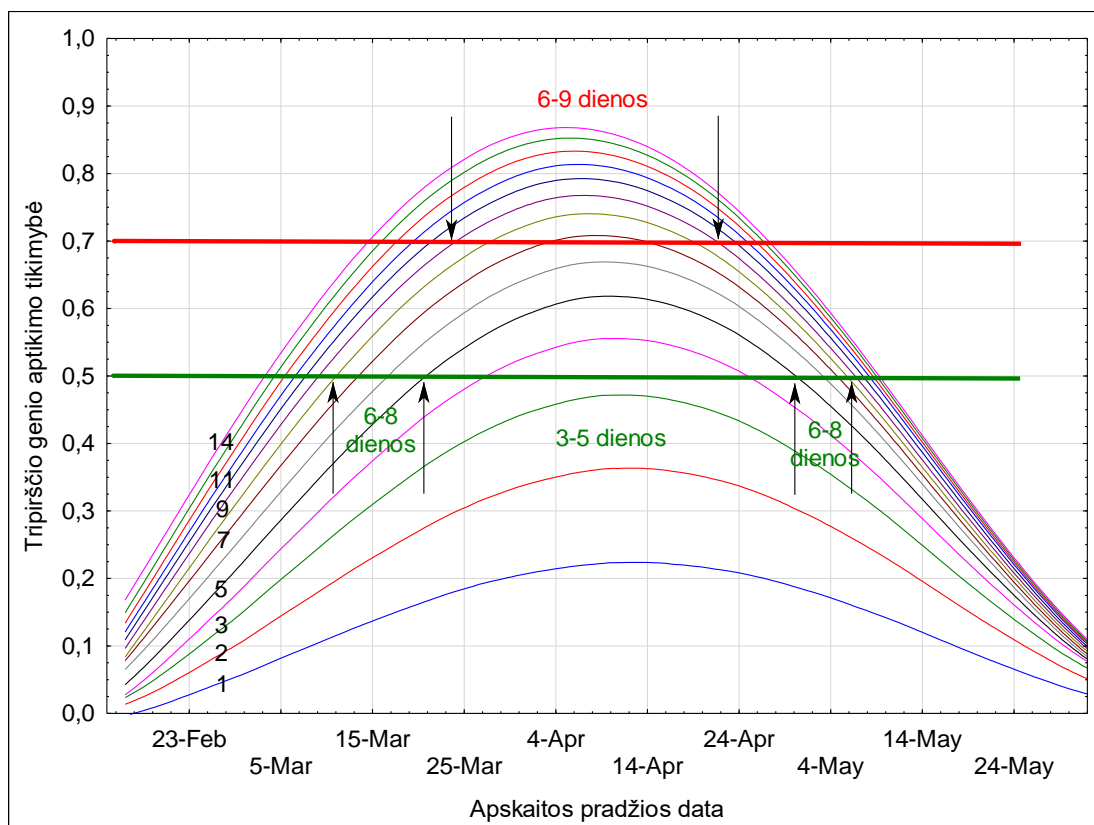
Autonominės paukščių balsų įrašymo stotelės turi daryti įrašus 5-7 valandas. Įrašymas turi prasidėti likus 1 val. iki saulėtekio ir baigti 4-6 val. po jo.

5.2 Skirtingų geninių rūšių monitoringo ypatybės

Tripirštis genys

Vykdamas tripirščių genų monitoringą ir gausos nustatymą apskaitų sezonas turėtų trukti nuo kovo 10 iki gegužės 13 dienos. Anksčiau apskaitos pradėti vykdyti nėra tikslo, nes tiek pat dienų pailgėja apskaitos trukmė. Apskaitą pradėdant vykdyti nuo kovo 10 iki kovo 20 dienų ir gegužės 1-6 dienomis jos turėtų trukti 6-8 dienas. Efektyviausias yra laikotarpis nuo kovo 20 iki gegužės 1 dienos. Šiuo laikotarpiu apskaitą pakanka vykdyti 3-5 dienas, priklausomai nuo oro sąlygų (5.1 pav.).

Siekiant tiksliai nustatyti rūšies radimvietes ar vykdyti mokslinius tyrimus tinkamas tripirščių genų apskaitoms pradžios laikotarpis yra nuo kovo 23 iki balandžio 22 dienos. Šiuo laikotarpiu apskaitos vykdymo trukmė turėtų būti 6-9 dienos, priklausomai nuo oro sąlygų.

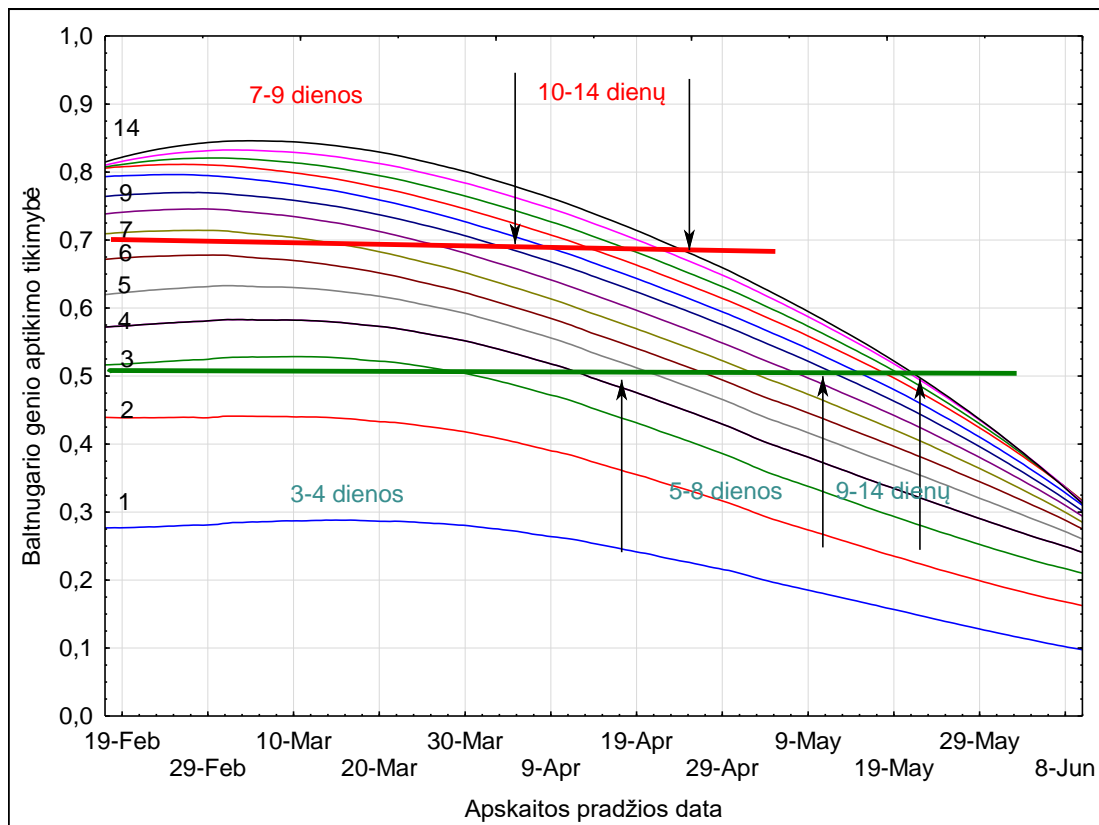


5.1 pav. Tripirščio genio aptikimo tikimybė esant skirtingai apskaitos pradžios datai ir trukmei vykdant apskaitas su autonominiu paukščių balsų įrašymo įrenginiu bei įrašus analizuojant programine įranga. Skirtingų spalvų kreivės reprezentuoja 1-14 dienų trukmės apskaitas pradėtas vykdyti x ašyje nurodytą dieną. Žalia horizontali linija reprezentuoja 0,5, o raudona – 0,7 apskaitos tikslumą. Atitinkamomis spalvomis yra nurodyta apskaitų trukmė dienomis.

Baltnugaris genys

Vykdamt baltnugarių genių gausos vertinimą ar monitoringą apskaitų sezonas gali trukti nuo vasario 20 iki birželio 5 d. Pradedant apskaitas nuo vasario 20 iki balandžio 18 d. apskaita turėtų trukti 3-4 dienas, nuo balandžio 19 iki gegužės 10 d. – 5-8 dienas, o nuo gegužės 11 iki gegužės 22 dienos – 9-14 dienų (5.2 pav.).

Vykdamt baltnugarių genių mokslinius tyrimus ir radimviečių paiešką apskaitų sezonas turi trukti trumpiau – nuo vasario 20 iki gegužės 5 d. Pradedant geninių paukščių garsus įrašinėti nuo vasario 20 iki balandžio 6 d. aparatas turi veikti 7-9 dienas, o vėliau nuo balandžio 7 iki balandžio 26 dienos – 10-14 dienų.

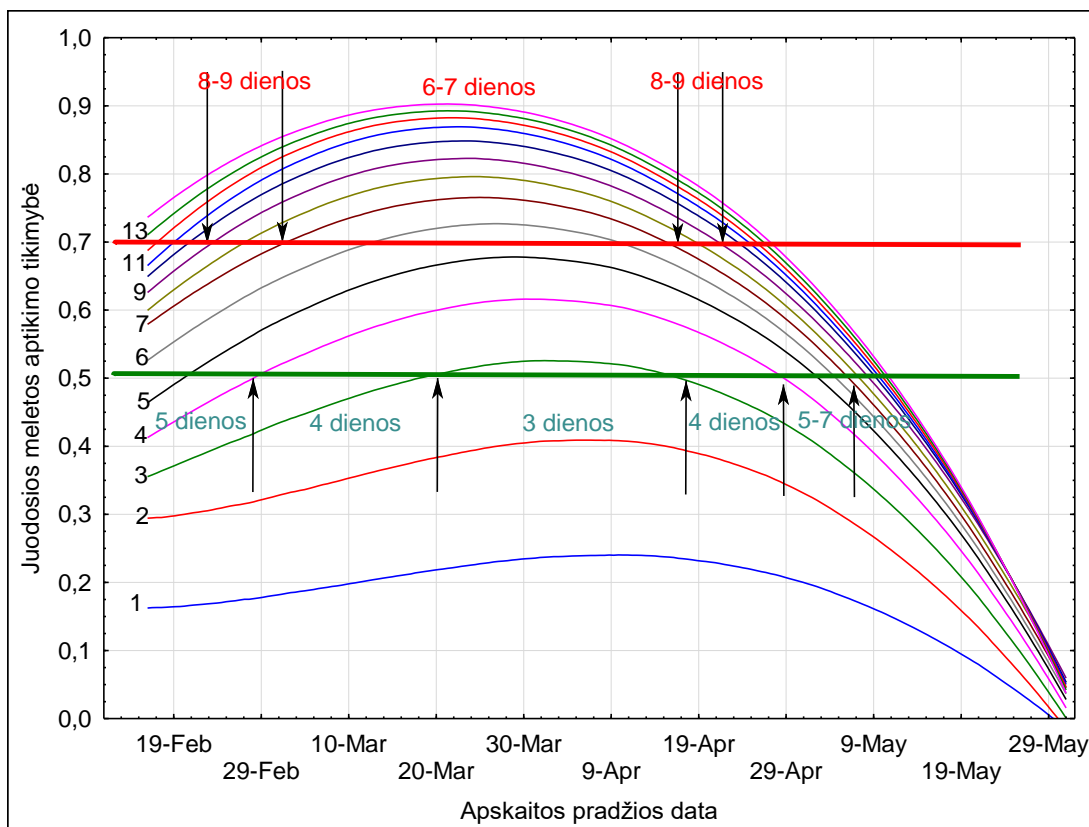


5.2 pav. Baltūnugario genio aptikimo tikimybė esant skirtingai apskaitos pradžios datai ir trukmei vykdamt apskaitas su autonominiu paukščių balsų įrašymo įrenginiu bei įrašus analizuojant programine įranga. Skirtingų spalvų kreivės reprezentuoja 1-14 dienų trukmės apskaitas pradėtas vykdyti x ašyje nurodytą dieną. Žalia horizontali linija reprezentuoja 0,5, o raudona – 0,7 apskaitos tikslumą. Atitinkamomis spalvomis yra nurodyta apskaitų trukmė dienomis.

Juodoji meleta

Vykdamt juodųjų meletų gausos vertinimą ar monitoringą apskaitų sezonas gali trukti nuo vasario 20 iki gegužės 14 d. Pradedant apskaitas nuo vasario 20 iki vasario 28 d. apskaita turėtų trukti 5 dienas, nuo vasario 29 iki kovo 20 d. ir balandžio 19-balandžio 29 d – 4 dienas, kovo 21 iki balandžio 18 d. – 3 dienas. Galiausiai apskaitas pradedant nuo balandžio 29 iki gegužės 7 d. – 5-7 dienas (5.3 pav.).

Vykdamt juodųjų meletų mokslinius tyrimus ir radimviečių paiešką apskaitų sezonas turi trukti trumpiau – nuo vasario 22 iki gegužės 1 d. Pradedant geninių paukščių garsus įrašinėti nuo vasario 20 iki kovo 2 d ir nuo balandžio 17 iki 24 dienų aparatas turi veikti 8-9 dienas, o vėliau maksimalaus tarškinimo laikotarpiu – kovo 2- balandžio 17 dienomis – 6-7 dienas.

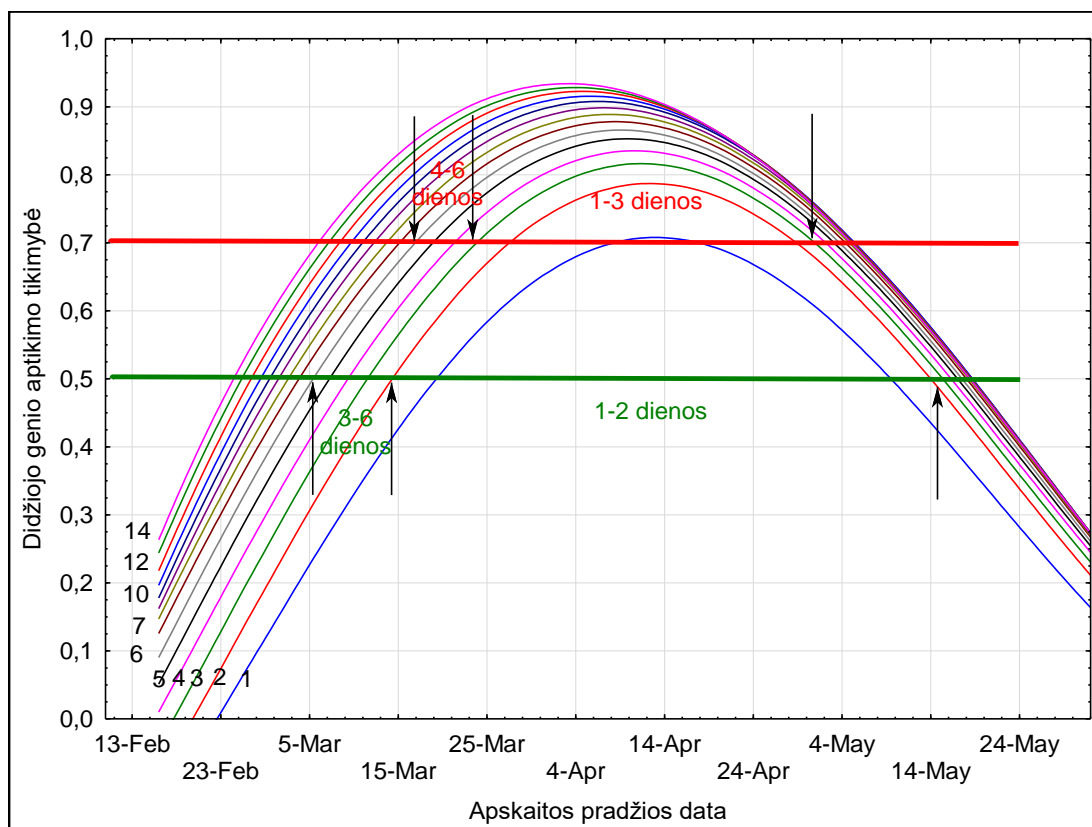


5.3 pav. Juodosios meletos aptikimo tikimybė esant skirtingai apskaitos pradžios datai ir trukmei vykdamt apskaitas su autonominiu paukščių balsų įrašymo įrenginiu bei įrašus analizuojant programine įranga. Skirtingų spalvų kreivės reprezentuoja 1-14 dienų trukmės apskaitas pradėtas vykdyti x ašyje nurodytą dieną. Žalia horizontali linija reprezentuoja 0,5, o raudona – 0,7 apskaitos tikslumą. Atitinkamomis spalvomis yra nurodyta apskaitų trukmė dienomis.

Didysis genys

Vykdamt juodųjų meletų gausos vertinimą ar monitoringą apskaitų sezonas gali trukti nuo kovo 5 iki gegužės 17 dienos. Pradedant apskaitas kovo 5-14 dienomis apskaita turi trukti 3-6 dienas, o kovo 15-gegužės 15 dienomis – 1-2 dienas (5.4 pav.).

Vykdamt didžiųjų genų mokslinius tyrimus ir radimviečių paiešką apskaitų sezonas turi trukti trumpiau – nuo kovo 16 iki gegužės 4 dienos. Pradedant geninių paukščių garsus įrašinėti nuo kovo 16 iki 24 dienos aparatas turi veikti 4-6 dienas, o vėliau maksimalaus tarškinimo laikotarpiu – kovo 25 – gegužės 1 dieną – 1-3 dienas.



5.4 pav. Didžiojo genio aptikimo tikimybė esant skirtingai apskaitos pradžios datai ir trukmei vykdant apskaitas su autonominiu paukščių balsų įrašymo įrenginiu bei įrašus analizuojant programine įranga. Skirtingų spalvų kreivės reprezentuoja 1-14 dienų trukmės apskaitas pradėtas vykdyti x ašyje nurodytą dieną. Žalia horizontali linija reprezentuoja 0,5, o raudona – 0,7 apskaitos tikslumą. Atitinkamomis spalvomis yra nurodyta apskaitų trukmė dienomis.

5.3 Akustinio perklausymo metodo panaudojimo galimybės

Aukščiau pateikiami modeliai apskaičiuoti naudojant programinę paukščių balsų paiešką. Paukščių rūšių akustinė paieška ir vertinimas yra rekomenduojama, kaip papildoma, norint nustatyti porų skaičių ir/ar patikslinti programinės paieškos rezultatus. Pirmuoju atveju reikia perklausyti daugiausiai rūšies registracijų turinčius įrašus, antruoju – įrašus darytus tinkamomis oro sąlygomis optimaliu paros laiku (žr. 4.3 sk.).

Sisteminis įrašų perklausymas duoda geresnius rezultatus nei įrašų analizė programa, todėl perklausymą galima naudoti kaip pagrindinį paukščių monitoringo būdą. Nenaudojant programinės analizės reikėtų perklausyti kiekvieno rytmečio 1-2 val. trukmės optimaliu paros laikotarpiu padarytus įrašus, pradedant nuo dienų, kai buvo optimalios oro sąlygos.

Siekiant nustatyti ar rūšis yra aptinkama klausomasi iki aiškios geninio paukščio rūšies registracijos. Siekiant nustatyti porų skaičių analizuojami įrašai, kuriuose yra daugiausiai tikslinių geninių paukščių rūšių registracijų. Daugiau nei 1 pora identifikuojama nustatant tuo pačiu metu skleidžiamus tos pačios rūšies skirtingų individų teritorinius signalus. Svarbu atskirti vienos poros abiejų partnerių tarškinimą nuo greta esančių skirtingų porų patinų. Paprastai partneriai laikosi netoli vienas kito, tad dažniausiai balsai sklinda iš tos pačios krypties (pusės). Patelės pasižymi šiek tiek kitokiu, dažniausiai švelnesniu ir trumpesniu, tarškinimu. Jeigu girdimas vienas paukštis arti, o kitas toli, - greičiausiai tai bus dvi poros. Neretai nustatyti porų skaičių reikia didelės ornitologinės patirties vykdant apskaitas ir klausantis paukščių balsus.

6. Išvados

1. Autonominis paukščių balsų įrašymo prietaisas gali būti naudojamas geninių paukščių rūšių monitoringui ir moksliniams tyrimams. Su šiuo prietaisu gaunami geresni rezultatai nei atliekant įprastines geninių paukščių apskaitas.
2. Esant dideliame duomenų kiekiui tinkamiausias programinis šių duomenų apdorojimo būdas. Tiksliausi duomenys gaunami kombinuojant programinę analizę su dalies įrašų perklausymu. Siekiant didelio tikslumo naudotinas sistemingas įrašų perklausymo metodas.
3. Siekiant geresnio geninių paukščių populiacijų įvertinimo Lietuvoje turėtų būti pereinama prie kokybiškai naujų monitoringo metodų, tradicinius metodus pakeičiant iš dalies ar visiškai.

Naudota literatūra

- Angelstam, P. 1990. Factors determining the composition and persistence of local woodpecker assemblages in taiga forest in Sweden. – a case for landscape ecological studies. – In: Carson, A. Aulen, G. (eds.) Conservation and management of woodpecker populations pp. 147-164. Swedish university of agricultural sciences. Department of wildlife ecology. Report 17. Uppsala.
- Angelstam, P. 1992. Conservation of communities – the importance of edges, surroundings and landscape mosaic structure. – In Hansson, L. (ed.), Ecological principles of nature conservation, Elsevier, London: pp. 9-69.
- Angelstam, P., Mikusinski, G. 1994. Woodpecker assemblages in natural and managed boreal and hemiboreal forest - a review. *Annals Zoologici Fennici* 31: 157-172.
- Angelstam, P., Roberge, J.-M., Löhmus, A., Bergmanis, M., Brazaitis, G., Breuss, M., Edenius, L., Kosinski, Z., Kurlavicius, P., Lārmanis, V., Lūkins, M., Mikusinski, G., Račinskis, E., Strazds, M., Tryjanowski, P. 2004. Habitat suitability index modelling as a conservation tool – a review of habitat parameters for forest birds in the Baltic Sea region. *Eccological Buleltins*, 53.
- Atlegrim, O. 1989. Exclusion of birds from bilberry stands: impact on insect larval density and damage to the bilberry. *Oecologia* 79: 136-139.
- Balasso, M, 2016. Ecological requirements of the threetoed woodpecker (*Picoides tridactylus* L.) in boreal forests of northern Sweden. Second cycle, A2E. Umeå: SLU, Dept. of Wildlife, Fish and Environmental Studies
- Brandes S.T. 2008. Automated sound recording and analysis techniques for bird surveys and conservation. *Bird Conservation International* 18:163-173
- Holling, C.S. 1978. Adaptive environmental assessment and management. John Wiley, New York, JAV.
- Löhmus, A., Nellis, R., Pullerits, M., & Leivits, M. (2016). The potential for long-term sustainability in seminatural forestry: a broad perspective based on woodpecker populations. *Environmental management*, 57(3), 558-571.
- Marquis, R.J., Whelan, C.J. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leaf-chewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- Mönkkönen, M., Viro, P. 1997. Taxonomic diversity of terrestrial birds and mammal faunas in temperate and boreal biomes in Northern Hemisphere. *Journal of Biogeography* 24: 603-612.
- Niemi, G., Hanovski, J., Helle, P., Howe, R., Mönkkönen, M., Venier, L., Welsh, D. 1998. Ecological sustainability of birds in boreal forests. - *Conservation Ecology* [on line] 2: 17.
- Raudonikis, L., Riauba, G., Brazaitis, G., Čerkauskas, A., Dagys, M., Morkūnas, J., Pakštytė, E., Pranaitis, A., Preikša, Ž., Skuja, S., Stanevičius, V., Vaitkuvienė, D. 2016. Europos bendrijos svarbos paukščių rūšių monitoringo metodikos. Vilnius, Lietuvos ornitologų draugija, Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos, 406p.
- Rassi, P., Vaisanen, R. 1987. Threatened animals and plants in Finland. GPC, Helsinki 82p.
- Roberge JM, Angelstam P (2006) Indicator species among resident forest birds—a cross-regional evaluation in northern Europe. *Biol Conserv* 130:134–147

Sætersdal, M., Gjerde, I., & Heegaard, E. (2019). Woodpeckers in Western Norway: the White-backed Woodpecker is still the most common species. *Ornis Norvegica*, 42, 28-35.

Sugai, L. S. M., and D. Llusia. 2019. Bioacoustic time capsules: using acoustic monitoring to document biodiversity. *Ecol. Indic.* 99, 149.

Tucker, G.M., Heath, M.F. 1994. Birds in Europe: their conservation status. BirdLife Conservation. No3. BirdLife International, Cambridge, UK.

Vainauskas Š. 2014. Geninių paukščių tyrimai Vidurio Lietuvos miškuose. Taikomosios ekologijos studijų programos magistro darbas / Vadovas prof. dr. G. Brazaitis; ASU. 54 p.

Weselowski, T., Tomialojc, L. 1986. The breeding ecology of woodpeckers in atemperate primaeval forest – preliminary data. – *Acta Ornithologica* 22: 1-21.