

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
MEDICĪNAS UN DZĪVĪBAS ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
EKOLOĢIJAS NODAĻA

**ATKĀRTOTO UZSKAIŠU NOZĪME DIENASTAURIŅU  
(PAPILIONOIDEA) IMAGO MONITORINGĀ: PIEMĒRS  
MEŽMALĀS VEIKTĀM UZSKAITĒM**

BAKALAURA DARBS

Autore: Jekaterīna Butkeviča

Stud. apl. Nr. jб22035

Darba vadītājs: lekt., Mg. biol. Kristaps Vilks

Zinātniskais konsultants: Dr. biol. Andris Avotiņš

RĪGA 2025

## KOPSAVILKUMS

Dienastauriņi ir vides kvalitātes un klimata pārmaiņu bioindikatori. Pēdējās simtgades laikā to populācijas piedzīvo strauju skaita samazināšanos. Objektīva tendenču novērtējuma pamatā ir nenovirzīti uzskaišu rezultāti. Dienastauriņu monitoringā atkārtotas uzskaites ir pieņemums, lai aptvertu populācijas temporālo sadalījumu, tomēr mainīgā konstatēšanas varbūtība tajās parasti netiek ņemta vērā. Bakalaura darbā, izmantojot hierarhiskos attāluma modeļus, ar kāpostu balteņa *Pieris brassicae* piemēru tika analizētas Pollarda uzskaišu metodikas nepilnības. Tika demonstrēts, ka šīs sugas konstatēšanas varbūtība nav vienāda visā uzskaites telpā un ka sugas pieejamība mainās vides svārstību ietekmē. Rezultāti liecina, ka Pollarda laikapstākļu standarts nenodrošina iegūto vērtību salīdzināmību pētījumā apskatītajā laika un telpas diapazonā.

**Atslēgvārdi:** dienastauriņu monitorings, Pollarda metode, hierarhiskie attāluma modeļi.

## SUMMARY

### THE IMPORTANCE OF REPEATED CENSUSES IN THE MONITORING OF ADULT BUTTERFLIES (PAPILIONOIDEA): AN EXAMPLE FROM FOREST EDGE CENSUSES.

Butterflies are bioindicators of environmental quality and climate change. Their populations have declined rapidly over the past century. Objective trend assessment relies on unbiased survey data. In butterfly monitoring, it is assumed that repeated counts reflect the temporal distribution of the population; however, variable detection probability is usually not considered. In this work, hierarchical distance models are used to analyse limitations of the Pollard Walk method, using the large white *Pieris brassicae* as an example. It is shown that the detection probability of this species is not uniform within the assumed Pollard box, and that its availability varies with environmental fluctuations. The results show that the Pollard weather standard does not ensure comparability of values across the studied spatial and temporal range.

**Keywords:** butterfly monitoring, Pollard walks, hierarchical distance models.

# SATURA RADĪTĀJS

Ievads.....	5
1. Literatūras apskats .....	6
1.1. Dienastauriņu dzīves cikls un fenoloģija.....	6
1.2. Dienastauriņu ekoloģija.....	8
1.3. Dienastauriņi kā bioindikatori .....	8
1.4. Eiropas dienastauriņu fauna.....	9
1.4.1. Latvijas dienastauriņu fauna.....	9
1.5. Dienastauriņu populāciju samazināšanās .....	11
1.6. Pollarda metode .....	11
1.7. Hierarhiskie attāluma modeļi.....	13
2. Materiāli un metodes .....	14
2.1. Pētījuma teritorija un vietu izvēle.....	14
2.1.1. Apšupes transekšu grupa .....	16
2.1.2. Ģipkas transekšu grupa.....	17
2.1.3. Ķemeru transekšu grupa .....	18
2.1.4. Šlīteres transekšu grupa .....	19
2.2. Dienastauriņu uzskaites metode .....	20
2.3. Veģetācijas novērtējums.....	21
2.4. Uzskaišu apstākļu novērtējums .....	22
2.5. Datu analīze .....	22
2.5.1. Analizētās sugas izvēle un Pollarda sastopamības indekss .....	23
2.5.2. Hierarhiskie attāluma modeļi.....	24
3. Rezultāti.....	27
3.1. Oriģinālā Pollarda metode .....	28
3.2. Attāluma ietekme.....	29
3.3. Uzskaišu apstākļu ietekme.....	30
3.4. Pollarda laikapstākļu standarta novērtējums .....	32
4. Diskusija .....	34
4.1. Attāluma ietekme.....	34
4.2. Uzskaišu apstākļu ietekme.....	35
4.3. Pollarda laikapstākļu standarta novērtējums .....	37
4.4. Kopējais Pollarda metodes novērtējums .....	38
4.5. Analīzes ierobežojumi un datu kvalitātes novērtējums .....	39
4.6. Pētījuma turpināšana .....	40
Secinājumi .....	42
Pateicības.....	43
Izmantotā literatūra.....	44

## IEVADS

Dienastauriņi ir plaši pazīstama un viena no visvairāk pētītajām kukaiņu grupām, kas kosmopolītiskas izplatības, pamanāmības un salīdzinoši vienkāršas sugu noteikšanas dēļ ir ieņēmusi nozīmīgu lomu vairākās bioloģijas zinātnes jomās. Nereti ekoloģijas pētījumos dienastauriņi tiek izmantoti kā klimata izmaiņu un vides kvalitātes bioindikatoru, jo to dzīves cikls ir atkarīgs no gada temperatūras režīma, tiem ir strikta trofiskā specializācija agrīnās attīstības stadijās, kā arī jutīgumus pret piesārņojumu un dzīvotnes fragmentāciju (Maes and Van Dyck, 2005; Mulder et al., 2005; Stuhldreher et al., 2014). Pēdējās simtgades laikā pasaulē ir novērota strauja dienastauriņu populāciju samazināšanās: vairākās Eiropas valstīs kopējā dienastauriņu sastopamība ir samazinājusies uz pusi, un apmēram piektdaļa sugu ir izzudusi (Warren et al., 2021). Šajā kontekstā īpaši aktuāla kļūst uzticamas un precīzas monitoringa pieejas izstrādāšana, lai atbilstoši novērtētu vietējo dienastauriņu populāciju tendences.

Pollarda metode ir visbiežāk izmantotā dienastauriņu monitoringa pieeja. Šī metode paredz atkārtotu uzskaišu veikšanu standartizētos laikapstākļos. To rezultātā tiek iegūts sugai specifisks Pollarda sastopamības indekss (Pollard, 1977). Pollarda indeksa izmaiņas gadu gaitā novērtē, lai spriestu par vietējo populāciju sastopamības tendencēm, pieņemot, ka novērotais skaits korelē ar absolūto populācijas lielumu.

Interpretējot uzskaites rezultātu, svarīgi atcerēties, ka uzskaitītais indivīdu daudzums ir patiesā skaita un konstatēšanas varbūtības reizinājums. Savukārt Pollarda metodē konstatēšanas varbūtības izmaiņas starp uzskaišu reizēm netiek ņemtas vērā — tā vietā, standartizējot uzskaites apstākļus, tiek mēģināts to uzturēt salīdzinoši konstantu (Nowicki et al., 2008). Tomēr konstatēšanas varbūtību ietekmē liels faktoru klāsts, tostarp arī attālums no novērotāja līdz objektam un apkārtējās vides momentānās svārstības, ko nav iespējams novērst ar standartizētiem uzskaites apstākļiem.

**Darba mērķis** ir pārbaudīt ar Pollarda metodi izdarīta novērtējuma objektivitāti, izmantojot vispārināto attāluma paraugošanas pieeju.

Balstoties uz apskatīto literatūru par konstatēšanas varbūtības nozīmi uzskaišu rezultātu interpretācijā, tika izvirzīta **hipotēze**, ka Pollarda metodes standarti nenodrošina salīdzināmu sugas sastopamības novērtējumu.

Lai pārbaudītu izvirzīto hipotēzi, tika definēti sekojošie **darba uzdevumi**:

1. Novērtēt attāluma ietekmi uz izvēlētas sugas konstatēšanas varbūtību;
2. Noteikt, vai indivīdu pieejamība uzskaitē mainās atkarībā no uzskaišu apstākļiem;
3. Pārbaudīt, vai Pollarda metodē piedāvātais uzskaišu apstākļu standarts nodrošina datu salīdzināmību.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

Dienastauriņi (Papilionoidea) ir viena no zvīņspārņu kārtas (Lepidoptera) virsdzimtām. Tā apvieno gandrīz 19 000 zināmas sugas, kas ir vairāk nekā 12% no visiem zvīņspārņiem (van Nieukerken et al., 2011). Tapāt kā pārējiem zvīņspārņiem, arī dienastauriņiem ir raksturīgi divi spārnu pāri, izstiepti sūcējtipa mutes orgāni un zvīņas, kas klāj visas ķermeņa daļas. Gandrīz visas dienastauriņu sugas ir aktīvas dienas laikā, un saistībā ar to lielākajai daļai sugu ir raksturīgs spilgts zvīņu krāsojums un labi attīstītas saliktās acis jeb fasetacis (Capinera, 2008, pp. 631–635). Dienastauriņus raksturo augsta morfoloģiskā daudzveidība, kas kopā ar kosmopolītisko izplatību, pamanāmību un salīdzinoši vienkāršo sugu noteikšanu padara tos par populāriem dabas vērošanas objektiem un ir iemesls, kāpēc tā ir viena no visvairāk pētītajām kukaiņu grupām. Dienastauriņiem ir nozīmīga loma vairākās bioloģijas zinātnes jomās – sabiedrību ekoloģijā, bioģeogrāfijā, sugu veidošanas un augu-kukaiņu mijiedarbības izpētē; tie vēsturiski kalpo par modeļorganismiem ģenētikas, ekoloģijas un attīstības bioloģijas pētījumos (Roe et al., 2009; Espeland et al., 2018). Turklāt dienastauriņi piedalās apputeksnēšanas procesā un ir nozīmīga barības tīklu sastāvdaļa (Ghazanfar et al., 2016).

## 1.1. Dienastauriņu dzīves cikls un fenoloģija

Dienastauriņi ir holometaboli kukaiņi, kas nozīmē, ka to dzīves cikls ietver četras morfoloģiski atšķirīgas attīstības stadijas: ola, kāpurs, kūniņa un imago jeb tauriņš. Olā notiek jaunā īpatņa embrionālā attīstība, kurai noslēdzoties, no tās izšķīļas tauriņa kāpurs. To attīstība ir saistīta ar strauju augšanu un palielinātu barības vielu uzņemšanu. Kāpuram sasniedzot kritisko masu, tiek ierosināta bioķīmisko procesu kaskāde, kas sagatavo to iekūņošanai. Kūniņā notiek metamorfoze, un vēlāk no tās izšķīļas imago jeb pieaugušais indivīds, kas pilda reproduktīvās un dispersijas funkcijas (Бей-Биенко, 1980, pp. 99–135).

Poikilotermu dzīvnieku, tostarp arī dienastauriņu, fizioloģisko procesu norise un attīstība ir atkarīga no vides temperatūras (Gullan and Cranston, 1994, pp. 169–172). Pielāgojoties dzīvei mērenā klimatā, kur aukstās sezonas laikā gaisa temperatūra ir negatīva, kukaiņiem ir izveidojušies divi alternatīvi attīstības ceļi: attīstība ar diapauzes iestāšanos un tieša attīstība. Diapauze ir fizioloģiski regulēts attīstības apturēšanas stāvoklis, kas iestājas un beidzas, organismam reaģējot uz noteiktiem vides stimuliem, un ir pielāgojums izdzīvotības nodrošināšanai nelabvēlīgos vides apstākļos, kad pastāv iespēja nepaspēt realizēt visu attīstības ciklu uzreiz (Kivelä et al., 2017). Šī attīstības stratēģija ir raksturīga univoltīnām sugām, kam sezonā attīstās tikai viena paaudze. Viena no tādām sugām Latvijas teritorijā ir baldriānu pļavraibenis *Melitaea diamina*: tā vairošanās sezona notiek no maija beigām līdz jūlija vidum.

Izdētās olas uzsāk attīstību, bet, jaunajiem īpatņiem sasniedzot kāpura stadiju, iestājas diapauze, un aukstā sezona norit, tiem atrodoties mierā periodā, līdz pavasara sākumā attīstības atjaunojas (Elferts and Elferte, 2024; Piterāns, 2025). Dienastauriņu ziemošana ir novērota visās to attīstības cikla posmos, bet parasti stadija, kurā iestājas diapauze, ir nemainīga sugas vai to ģeogrāfiskas populācijas ietvaros (Settele et al., 2015; Teder, 2020). Tomēr atsevišķām sugām ziemošana var notikt arī vairākās stadijās, piemēram, eglāju samtenis *Pararge aegeria* Latvijā pārziemo gan kāpura, gan kūniņas stadijā (Piterāns, 2025). Savukārt attīstības stratēģija bez diapauzes iestāšanās paredz pilna attīstības cikla norisi īsā laikā periodā. Šādā veidā attīstība pastāv divu vai vairāku paaudžu sugām (bivoltine or multivoltine species), kam bez ziemojošās paaudzes attīstās arī vasaras paaudze – tā, kura izšķīlas un sasniedz dzimumgatavību vienas sezonas laikā (Kivelä et al., 2017). Atsevišķas sugas nav spējīgas pārziemot mūsu platuma grādos un Latvijā ierodas migrācijas ceļā. Tādas sugas ir, piemēram, lielais nātru raibenis *Vanessa atalanta* un dadžu raibenis *Vanesa cardui*. No attīstības stadijas, kurā pārziemo suga, ir atkarīgs attiecīgās sugas lidošanas sezonas sākums — visagrāk pavasarī parādās sugas, kas pārziemo pieaugušā tauriņa stadijā, vai sugas, kas Latvijā ierodas migrācijas laikā (Elferts and Elferte, 2024; Piterāns, 2025).

Sugas ietvaros paaudžu skaits reti mainās, jo bieži ir saistīts gan ar filoģenētiskiem, gan ar ekoloģiskiem faktoriem (Settele et al., 2015). Tomēr atsevišķām sugām paaudžu skaits var būt neregulārs un atkarīgs no sezonā dominējošiem laikapstākļiem. Piemēram, apšu zaigraibeni *Apatura ilia* Latvijā parasti attīstās tikai viena paaudze sezonā, tomēr gados, kad ir lielāks karstums, mēdz attīstīties arī mazskaitlīga otrā (Piterāns, 2025). Temperatūra ietekmē ne tikai dienastauriņu paaudžu skaitu, bet arī to garumu un maiņas ātrumu: paaugstinātā temperatūrā ontoģenēze paātrinās un otrādi – vēsākajos gados fizioloģisko procesu ātrums ir samazināts un novecošanās notiek lēnāk – pagarinās indivīdu dzīves ilgums (Greiser et al., 2022). Turklāt sakarā ar mikroklimata atšķirību vietās, kur attīstās jaunie īpatņi (piemēram, gaismas ekspozīcijas garums un mitrums), kā arī paaudzes ģenētisko daudzveidību, attīstība notiek nevienmērīgi arī vienas paaudzes ietvaros, kas nozīmē, ka daļa no īpatņiem pieaugušā stadiju sasniegs agrāk nekā citi (Rytteri et al., 2021). Tādējādi dienastauriņiem, kam vienas vasaras laikā norit vairāku paaudžu attīstība, iepriekšējās paaudzes pēdējo un nākamās paaudzes pirmo indivīdu lidošanas laiki var pārklāties.

Viss tas veido sezonālas imago populācijas fenoloģisko rakstu — nevienmērīgu sastopamības sadalījumu laika skalā, kas nozīmē, ka katrā atsevišķā dienā potenciāli uzskaitāma ir tikai daļa indivīdu (Nowicki et al., 2008).

## 1.2. Dienastauriņu ekoloģija

Holometabolā attīstība jeb attīstība ar pilno pārvēršanos ļauj sugai pielāgoties atšķirīgai videi un izmantot atšķirīgus resursu dažādas tās attīstības stadijās, tādējādi veicinot specializēšanu un mazinot ekoloģisko nišu pārklāšanos un līdz ar to — iekšsugas konkurenci par resursu izmantošanu (Бей-Биенко, 1980, pp. 111–116).

Dienastauriņu mātītes izdēj olas uz kāpuriem piemērotiem barības augiem. Lielākajai daļai dienastauriņu sugu kāpuri ir monofāgi vai oligofāgi augēdāji, t.i., specializējas kādai noteiktai augu sugai vai radniecisko sugu grupai. Pastāv saistība starp dienastauriņu dzimtām un kāpuru barības auga izvēli (Munguira et al., 2009). Tomēr atsevišķu dienastauriņu sugu kāpuri ir plēsīgi, piemēram, lielā mēroga zilenīša *Maculinea arion* kāpuri, sasniedzot noteiktu attīstības stadiju, barojas ar dzelējskudru kāpuriem (Settele et al., 2015). Savukārt pieauguši indivīdi galvenokārt barojas, patērējot šķidru barību, lielākoties — ziedaugu nektāru, tomēr tie ir spējīgi izmantot arī citus šķīdumus — rūgstošo augu sulu, ūdeni vai uzņemt minerālvielas no citu dzīvnieku ekskrementiem (Capinera, 2008, pp. 583–586).

Dienastauriņu izplatību lielā mērā nosāka to kāpuru barības augu izplatība un pieaugušu tauriņu pārvietošanas spējas. Lielākā daļa Latvijas dienastauriņu biotopu izvēlē ir generālisti un ir sastopami ļoti dažādās dzīvotnēs: pļavās, zālajos, mežmalās, gar ceļiem, vairākas sugas arī pilsētvidē. Tomēr daļa sugu ir strikti speciālisti, un to sastopamība ir atkarīga no piemērotas dzīvotnes klātbūtnes, piemēram, purva samtenis *Oeneis jutta* apdzīvo vienīgi augstos purvus (Settele et al., 2015).

Dienastauriņi kalpo kā barības objekts putniem, zirnekļiem un plēsīgajiem kukaiņiem, bet to kāpurus olu dēšanai izmanto dažādas parazitiskas lapsenes (Capinera, 2008, p. 1643).

## 1.3. Dienastauriņi kā bioindikatori

Par bioindikatoriem tiek sauktas sugas vai augstāka līmeņa taksoni: kuru daudzveidība atspoguļo citu taksonu daudzveidību apskatāmā biotopā (daudzveidības indikatori) vai arī taksoni, kas kvantitatīvi izmērāmā veidā reaģē uz izmaiņām apkārtējā vidē (vides kvalitātes indikatori) (McGeogh, 1998).

Dienastauriņu spēja atspoguļot citu taksonu daudzveidību tikusi vairākkārt apspriesta literatūrā: dažos rakstos tika atzīmēts, ka dienastauriņi var kalpot kā simtkāju, skorpionu un dažu vaboļu dzimtu daudzveidības bioindikatori (Fattorini et al., 2011). Savukārt citos pētījumos tika iegūti pretēji rezultāti — ka dienastauriņu daudzveidībai nepastāv nozīmīga korelācija ar bišu (Segre et al., 2023), spāru un putnu daudzveidību (Prendergast and Eversham,



1997), kā arī augu daudzveidību tropiskā reģionā (Kremen, 1992). Tādējādi to pieskaitīšana bioloģiskas daudzveidības indikatoriem ir vāji argumentēta.

Tomēr dienastauriņu izmantošana par vides kvalitātes un klimata pārmaiņu indikatoriem ir labi pamatota ar to ekoloģiskajām un fenoloģiskajām īpatnībām: dienastauriņu attīstība un dzīves cikla norise ir cieši saistīta ar gada temperatūras režīmu. Turklāt temperatūrai ir nozīmīga ietekme uz izmaiņām tās izplatības areālā, ovipozīciju un vairošanās sekām, kā arī dienastauriņu izdzīvošanu agrīnās attīstības stadijās (Sharma, 2017). Saistībā ar dienastauriņu nepieciešamību pēc nektāraugiem, intensīva zālāju vai ceļmalu apsaimniekošana var samazināt dzīvotnes piemērotību un tādēļ arī sugu daudzveidību un sastopamību (Settele et al., 2015). Savukārt ceļu tīkla klātbūtnei ainavā var būt divējāds efekts: sugām ar augstām mobilitātes spējām tie veido izplatības koridorus (Ries et al., 2001), tomēr paaugstina mirstību mazāk kustīgām sugām (Muñoz et al., 2015). Dzīvotnes fragmentācija īpaši stipri ietekmē sugas ar zemām izplatīšanās spējām — samazinoties dzīvotnes kvalitātei, sugas ar zemu mobilitāti var nespēt pārvarēt barjeras vai atrast citu dzīvotni augsti fragmentēta ainavā (Grill et al., 2020).

#### **1.4. Eiropas dienastauriņu fauna**

Lielākā daļa dienastauriņu ir sastopama tropu reģionā (Ghazanfar et al., 2016), savukārt Eiropā šo grupu pārstāv tikai 496 sugas. Eiropā ir pārstāvētas sešas dienastauriņu dzimtas: raibeņu dzimta (246 sugas), zilenīšu jeb zeltainīšu dzimta (130 sugas), balteņu dzimta (57 sugas), resngalvīšu dzimta (47 sugas), dižtauriņu dzimta (15 sugas) un sīkraibeņu dzimta, kura Eiropā ir pārstāvēta ar vienu sugu – gaiļbiksīšu sīkraibeni *Hamearis lucina* (Wiemers et al., 2018). No tiem gandrīz trešdaļa — 142 sugas (van Swaay et al., 2010) ir Eiropas endēmi ar apmēram 45 sugām – salu endēmiem. Salu endēmu sugu skaits ir lielā mērā atkarīgs no izmantotās taksonomijas un var izteikti mainīties, sugām zaudējot vai iegūstot sugas statusu (Dennis et al., 2008).

Saskaņā ar 1991. gadā veikto bioģeogrāfisko analīzi Eiropas dienastauriņu sugas neveido vienotu ģeogrāfiski viendabīgu vienību (Dennis et al., 1991). Vislielākā sugu daudzveidība konstatēta kalnu reģionos Dienvidēiropā – galvenokārt, Pirenejos, Alpos un Balkānu kalnos, kur ir sastopamas daudz sugas ar mazu vai ierobežotu izplatības areālu (van Swaay et al., 2010). (Ministru kabineta noteikumi Nr.396, 2000)

##### **1.4.1. Latvijas dienastauriņu fauna**

Latvijā konstatēto sugu skaits dažādos avotos atšķiras: no 122 sugām ((Piterāns, 2025), kas ir 119 sugas (Savenkovs and Šulcs, 2010) pieskaitot 3 sugas, kas nāca klāt pēc grāmatas

izdošanas) līdz 125 sugām pēc (Jonko, 2025). Turklāt starp avotiem atšķiras Latvijas dienastauriņu faunas sarakstā iekļautās sugas, un, tās apvienojot, skaits sasniedz 128 sugas. Precīzs sugu skaits nav zināms vairāku iemeslu dēļ: 1) daļa sugu, kas ir vai bija pieskaitītas Latvijas faunai, ir sugas, kas parādās tikai kā reti iecelotāji, kas zināmi pēc viena vai dažiem eksemplāriem vai tikai pēc literatūras datiem (piem.: plūmju dižtauriņš *Iphiclides podalirius*, vīksnu raibenis *Nymphalis vaualbum*, zilenītis *Cupido alcetas* utt.); 2) vairākas sugas gadiem ilgi nav novērotas un, iespējams, ir izzudušas (piem.: mazais purvraibenis *Boloria freija*, esparsēšu zilenītis *Polyommatus damon*, tumšais zilenītis *Glaucopsyche alexis* utt.), un vismaz trīs sugas ir nākušas klāt salīdzinoši nesen: 2013.gadā — drudzeņu zilenītis *Phengaris alcon*, 2015. gadā — zilenītis *Aricia agestis* un 2016. gadā — kazeņu raibenis *Brenthis daphne* (Savenkovs and Šulcs, 2010; Piterāns, 2025). Pēc ekspertu novērtējuma, Latvijas dienastauriņu “regulāro” faunu šobrīd var sastādīt apmēram 107 sugas (Piterāns, 2025). Kopš 2010. gada 1. janvāra tiešsaistes novērojumu portālā “Dabasdati.lv” vismaz viens novērojums ir reģistrēts 108 sugām (ieskaitot reti ieceljojošās sugas un ar piezīmi, ka divas *Leptidea* ģints sugas ir apvienotas vienā sugu kompleksā).

Latvijā ir pārstāvētas visas Eiropā atrodamās dzimtas: raibeņu dzimta ar 52 sugām, zilenīšu jeb zeltainīšu dzimta ar 29 sugām, balteņu dzimta ar 12 sugām, resnagalvīšu dzimta ar 12 sugām, dižtauriņu dzimta ar divām sugām un sīkraibeņu dzimta ar vienīgo Eiropā sastopamo sugu — gaiļbiksīšu sīkraibeni (sugu skaits norādīts saskaņā ar novērojumiem platformā “Dabasdati.lv” kopš 2010. gadā 1. janvāra).

No Latvijas teritorijā atrodamajām sugām astoņas ir 1992. gada 21. maija Padomes Direktīvas 92/43/EEK par dabisko dzīvotņu, savvaļas faunas un floras aizsardzību II. un IV. pielikumā iekļautās sugas: skabiozu pļavraibenis *Euphydryas aurinia* — II. pielikumā; meža sīksamtenis *Coenonympha hero*, gāršas samtenis *Lopinga achine*, lielais mārslu zilenītis *Phengaris arion* (direktīvā kā *Maculinea arion*), cīrulīšu dižtauriņš *Parnassius mnemosyne* — IV. pielikumā; ošu pļavraibenis *Euphydryas maturna* (direktīvā kā *Hypodryas maturna*), lielais skābeņu zeltainītis *Lycaena dispar*, brūnvālīšu zilenītis *Phengaris teleius* (direktīvā kā *Maculinea teleius*) — abos pielikumos. Trīspadsmit dienastauriņu sugas ir aizsargājamas ar Latvijas Republikas likumdošanu: cīrulīšu dižtauriņš, ošu pļavraibenis, skabiozu pļavraibenis, lielais purvraibenis *Boloria frigga* (noteikumos kā *Clossiana frigga*), mazais purvraibenis (noteikumos kā *Clossiana freija*), gāršas samtenis, purva brūnulis *Erebia embla*, gaiļbiksīšu sīkraibenis, meža sīksamtenis, brūnvālīšu zilenītis, esparsēšu zilenītis (noteikumos kā *Agrodiadetus damon*), lielais mārslu zilenītis, lielais skābeņu zeltainītis (Ministru Kabineta 2000. gada 14. novembra noteikumi Nr.396 "Noteikumi par īpaši aizsargājamo sugu un

ierobežoti izmantojamo īpaši aizsargājamo sugu sarakstu"). No tām divas sugas (ošu pļavraibenis un skabiozu pļavraibenis) var būt par pamatu mikroliegumu veidošanai (Ministru Kabineta 2012. gada 18. novembra noteikumi Nr.940 "Noteikumi par mikroliegumu izveidošanas un apsaimniekošanas kārtību, to aizsardzību, kā arī mikroliegumu un to buferzonu noteikšanu").

### **1.5. Dienastauriņu populāciju samazināšanās**

Pēdējo desmitgažu laikā dažādās kukaiņu grupās novērojamas straujas skaita samazināšanas tendences, kas pievērsušas pastiprinātu uzmanību (Edwards et al., 2025). Ātrā savvaļas bišu sastopamības samazināšanās raksturota kā globāla apputeksnētāju krīze (Aizen et al., 2022).

Arī dienastauriņu populācijas gan Eiropā, gan citur Pasaulē piedzīvo strauju skaita samazināšanos. Salīdzinot ar 1976. gadu, Apvienotajā Karalistē dienastauriņu sastopamība ir samazinājusies uz pusi, bet Nīderlandē tikpat liels skaita kritums ir noticis 30 gadu laikā, kā arī viena piektdaļa vietējo sugu ir izzudušas. Savukārt Beļģijā izzudušo sugu daļa sasniedz gandrīz 30% no sākotnējā skaita (Warren et al., 2021). Amerikas Savienotajās Valstīs negatīvās skaita tendences raksturo 13 reizes lielāku sugu skaitu nekā pozitīvās (Edwards et al., 2025). Pēdējā gadsimta laikā pasaulē plaši pazīstamās sugas — monarha *Danaus plexippus* populācija ir samazinājusies līdz 1% no tās vēsturiskā lieluma (Crone et al., 2019).

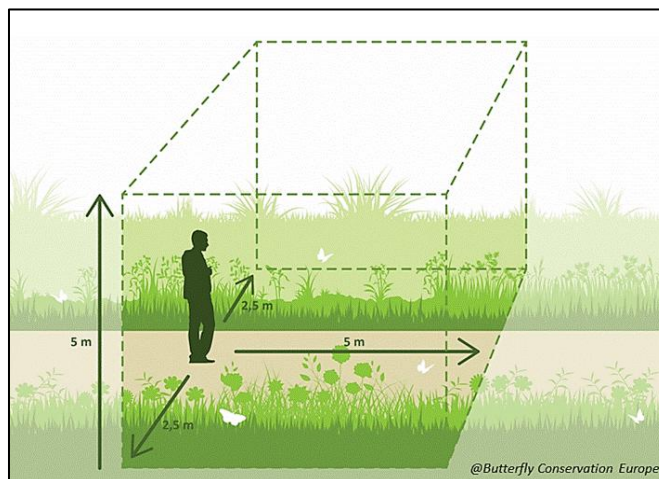
Tiek uzskatīts, ka faktori, kas visvairāk ietekmē dienastauriņu populāciju samazināšanos Eiropas Savienībā, ir lauksaimniecības intensifikācija, nepietiekama mežu apsaimniekošana, zālāju aizaugšana, urbanizācija un ķīmisko vielu piesārņojums (van Swaay et al., 2010; Settele et al., 2015; Warren et al., 2021).

### **1.6. Pollarda metode**

Ekoloģiskais monitorings ir svarīgs paņēmieni, kas nodrošina iespēju novērtēt vides stāvokli un pieņemt pamatotus lēmumus dabas aizsardzībā. Galvenais dienastauriņu monitoringa mērķis ir iegūt datus, lai sekotu līdzi populāciju izmaiņām laika gaitā un savlaicīgi identificētu negatīvas tendences (Butterfly Conservation Europe, 2025). Viena no visbiežāk izmantotajām dienastauriņu monitoringa pieejām ir Pollarda transekšu metode.

Pollarda metode paredz ik nedēļu atkārtotu uzskaišu veikšanu nemainīgā maršrutā visā dienastauriņu lidošanas sezonas laikā. Novērojumu reģistrēšana notiek pēc standartizēta principa: uzskaites veicējs pārvietojas pa transekti ar konstantu ātrumu un reģistrē visus

novērotos dienastauriņu imago indivīdus, kas ielido iedomātajā novērošanas telpā: divi ar pusi metri uz sāniem no novērotāja (perpendikulāri pārvietošanās virzienam), pieci metri uz augšu un pieci metri uz priekšu. Pollarda metodes shematiskais skaidrojums ir apskatāms 1. attēlā.



**1. attēls.** Pollarda uzskaites metodes shematiskais attēlojums. Avots: Butterfly Conservation Europe, 2025.

**Figure 1.** Schematic representation of the Pollard walk method. Source: Butterfly Conservation Europe, 2025.

Atkārtotas uzskaites ļauj aptvert dienastauriņu populācijas sadalījumu sezona laikā, savukārt, lai novērstu laikapstākļu ietekmi un nodrošinātu vērtību savstarpējo salīdzināmību, E. Pollards savā 1977. gadā publicētajā rakstā definēja vairākus laikapstākļu kritērijus, kas jāievēro dienastauriņu imago uzskaišu veikšanā. Šie kritēriji ir:

1. Uzskaites ir jāveic laika posmā starp plkst. 10.45 un plkst. 15.45;
2. Uzskates nedrīkst veikt, ja gaisa temperatūra ir zemāka par 13 °C;
3. Pie temperatūras vērtībām starp 13 °C un 17 °C uzskaites ir veicamas saulainā laika, t.i., kad apgaismojuma relatīvās vērtības ir vismaz 60%;
4. Veicot uzskaiti pie temperatūras vērtībām, kas lielākas par 17 °C, mākoņains laiks arī ir pieļaujams (Pollard, 1977).

E. Pollards demonstrēja, ka šī standarta robežās laikapstākļiem nav statistiski nozīmīgas ietekmes uz uzskaišu rezultātu (Pollard, 1977, 1988). Eiropas dienastauriņu monitoringa programmā šie kritēriji bija papildināti ar ieteikumu veikt uzskaiti, ja vēja stiprums nepārsniedz piecas balles pēc Boforta skalas (van Swaay et al., 2015).

No uzskaitēs iegūtajiem novērojumu skaitiem katrai sugai, kas tika konstatēta apsekotajā transektē, aprēķina Pollarda sastopamības indeksu, pieņemot, ka novērotais skaits

korelē ar patieso sastopamību. Lai iegūtu priekšstatu par sugas sastopamības izmaiņām, salīdzina vairāku gadu indeksus. Pollarda indeksu aprēķina pēc sekojošas formulas:

$$\text{Pollarda sastopamības indekss} = \sum_{\text{nedēļa}=1}^W \left( \frac{\sum_{i=1}^{k_{\text{nedēļa}}} \text{sugas } n_i}{k_{\text{nedēļa}}} \right),$$

kur:

$W$  – kopējais nedēļu skaits sugas lidošanas sezonā, kurās tika veiktas uzskaites;

$k_{\text{nedēļa}}$  – uzskaišu skaits konkrētā nedēļā;

sugas  $n_i$  – sugas novērojumu skaits  $i$ -tajā uzskaitē attiecīgajā nedēļā.

Pollarda metodi izmanto dažādās ilgtermiņa monitoringa shēmās, jo tās īstenošana ir lēta un vienkārša, kas var būt izšķirošais faktors programmās, kas lielā mērā balstās uz brīvprātīgo novērotāju piesaistes. Tomēr Pollarda metodei pastāv nozīmīgi ierobežojumi; galvenais no tiem – tā neņem vērā mainīgo konstatēšanas varbūtību. Šādās uzskaitēs galvenais pieņēmums ir, ka konstatēšanas varbūtība ir vai nu vienāda ar 1, vai arī nezināma, bet konstanta (Nowicki et al., 2008; Patterson et al., 2023). Tomēr dabā šo varbūtību ietekmē daudz faktoru: temperatūra, vēja ātrums, apgaismojums utt., kā arī tā ir ļoti atkarīga no novērotāja (Buckland et al., 2001, pp. 29–34). Saskaņā ar pieņēmumu, ka novērotais indivīdu skaits ir patiesā skaita un konstatēšanas varbūtības reizinājums, atbilstošas metodes izmantošana, kas ļaus ņemt vērā tās svārstības, ir nosacījums objektīvu novērtējumu veikšanai (Nowicki et al., 2008).

## 1.7. Hierarhiskie attāluma modeļi

Hierarhiskie modeļi ir modeļu klase, kur dati ir strukturēti hierarhiskā veidā. Šī statistiskā pieeja dod iespēju vienlaikus aprakstīt gan bioloģisko procesu (piemēram, sastopamību), gan novērošanas procesu (konstatēšanas varbūtību) un ļauj atdalīt nepilnīgas konstatēšanas ietekmi no patiesā skaita tendencēm. Turklāt hierarhiskie modeļi ļauj noteikt, kuri apstākļi patiešām ietekmē sastopamību, bet kuri — konstatēšanas varbūtību, kas ļauj iegūt dziļāko priekšstatu par dabā pastāvošiem likumsakarībām (Kéry and Royle, 2015, pp. 647–668).

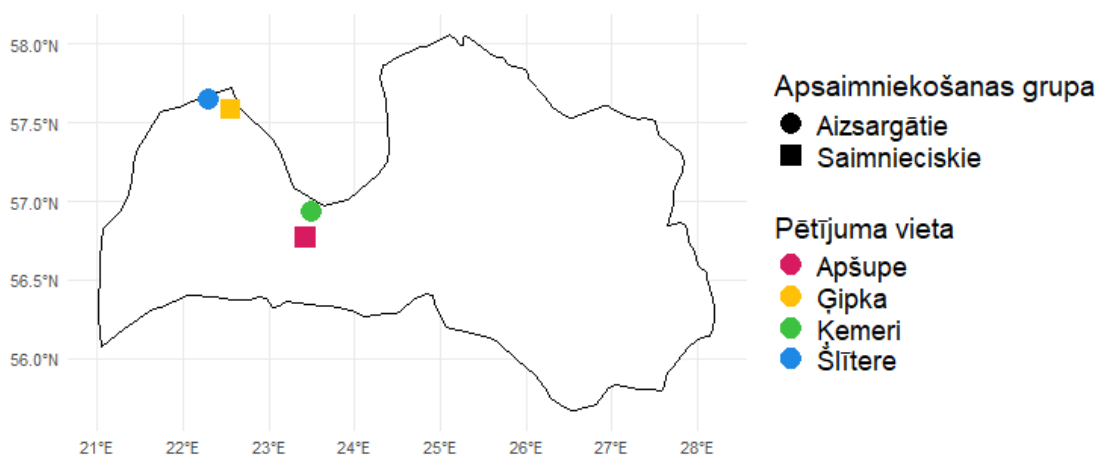
Hierarhiskie distances modeļi ir parasto hierarhisko modeļu papildinājums ar distances paraugšanas pieeju, kas ļauj analizēt datus, kas satur informāciju par attālumu līdz objektam. Attāluma modeļiem ir trīs galvenie pieņēmumi: 1) visi indivīdi uz transektes visuslīnijas tiek konstatēti; 2) objekti ir konstatēti to sākotnējā atrāšanās vietā; 3) attāluma mērījumi ir precīzi vai grupēto attālumu gadījumā objektiem ir jābūt korekti pieskaitītiem attālumu joslai (Buckland et al., 2001, pp. 29–34).

## 2. MATERIĀLI UN METODES

Pētījums tika veikts Latvijas mežmalās 2024. gada vasarā no 21. jūnija līdz 27. augustam — periodā, kad lielākajai daļai dienastauriņu sugu ir novērojams vasaras paaudzes indivīdu skaita maksimums (Elferts and Elferte, 2024).

### 2.1. Pētījuma teritorija un vietu izvēle

Dienastauriņu uzskaites tika plānotas četrās vietās Latvijas teritorijā: divās vietās Ziemeļkurzemē — pie neapsaimniekotiem mežiem Slīteres Nacionālā parka teritorijā (Talsu novads, Dundagas un Kolka pagasti) un pie apsaimniekotiem mežiem — teritorijā blakus Ģipkas ciemam (Talsu novads, Dundagas pagasts); kā arī divās vietās Centrālajā Latvijā — pie neapsaimniekotiem mežiem Ķemeru Nacionālā parka teritorijā (uz Jūrmalas valstspilsētas, Smārdes un Slampes pagastu (Tukuma novads) un Salas pagasta (Mārupes novads) robežas) un pie apsaimniekotiem mežiem — teritorijā pie dzelzceļa stacijas “Apšupe” (Dobeles novads, Jaunbērzes pagasts). Turpmāk ērtībai vietu nosaukumi tiek apzīmēti ar vietējiem toponīmiem, proti: Šlītere, Ģipka, Apšupe un Ķemeri. Pētījuma vietu izvietojums Latvijas teritorijā ir redzams 2. attēlā.



**2. attēls.** Pētījuma vietu izvietojums Latvijas teritorijā. Punkta krāsa atbilst vietai, bet forma — meža apsaimniekošanas veidam.

**Figure 2.** Location of the study sites. The colour of the point represents the location and the shape the type of forest management.

Pētījuma vietas tika izvēlētas tā, lai apsaimniekoti un neapsaimniekoti meži atrastos tuvu, bet veidotu savstarpēji neatkarīgas vienības. Tāpat vietu izvēlē tika ņemta vērā to pieejamība, braucot ar sabiedrisko transportu no Rīgas, un iespēja apsekt transektes, izmantojot divriteni.

Katrā no pētītajām teritorijām saskaņā ar sekojošiem nosacījumiem tika izvietotas vairākas transektes, veidojot telpiskas pseidoreplikācijas:

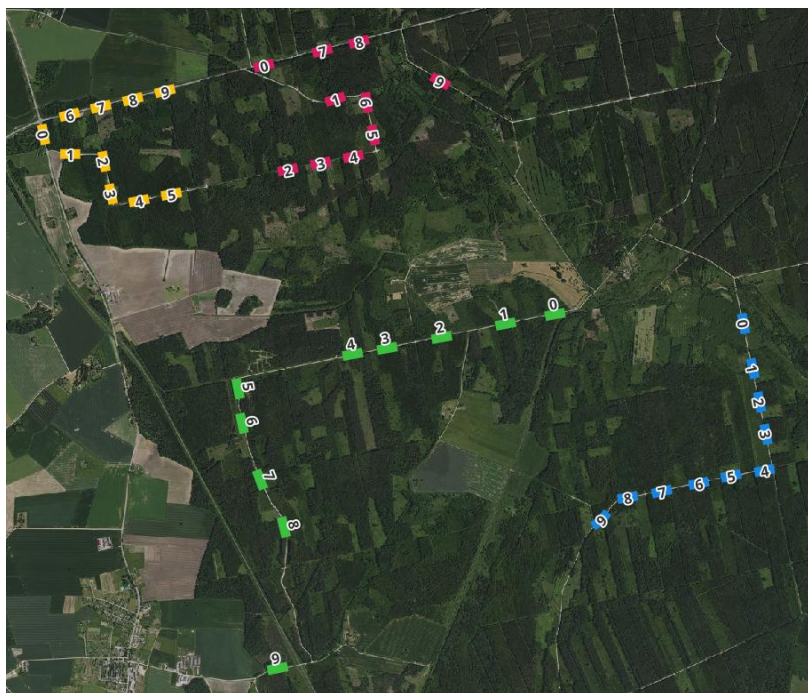
- Transektei jābūt izvietotai ceļmalā ar pieguļošu kokaudzi;
- Pieguļošajā kokaudzē dominējošā suga nav parastā priele *Pinus sylvestris*;
- Transektei ir jāveido taisna līnija bez leņķiem vai izteikta izliekuma;
- Transektēm jābūt izvietotām vismaz 200 metru garā savstarpējā attālumā.

Mežmala kā pētījuma biotops tika izvēlēta hierarhisko modeļu prasīguma pret analizējamo datu apjomu dēļ. Vairāku pētījumu rezultāti liecina, ka fragmentētā meža ainavā dienastauriņiem ir tieksme koncentrēties mežmalās, izvairoties gan no cilvēka intensīvi ietekmētiem atklātiem biotopiem, gan no nepietiekama apgaismojuma un ziedošu augu trūkuma meža dziļumā (Watt et al., 1997, pp. 306–312; Schlegel, 2022). Mežmalas ekotons nodrošina augstu barības augu un mikrobiotopu dažādību, kas ir iemesls tajā novērotai sugu daudzveidībai un bagātībai, tāpēc izredzes iegūt pietiekamu novērojumu skaitu šajā biotopā ir lielākas (Buckland et al., 2001, p. 229; Kuussaari et al., 2007). Nosacījums par izvairīšanos no priežu audzēm ir saistīts ar to negatīvo ietekmi uz zemsedzes augu daudzveidību caur augsnes saskābināšanu, sadaloties skuju nobirām (Alban, 1982). Savukārt nosacījumi par transektes formu un savstarpējo attālumu ir izvirzīti, lai nodrošinātu datu piemērotību hierarhisko modeļu izmantošanai: taisna transektes forma ļauj vienkārši attiecināt novērojumus uz konkrēto telpisko vienību, bet minimālais attālums starp transektēm paredzēts, lai mazinātu telpisko autokorelāciju (Buckland et al., 2001, pp. 228–231; MacKenzie et al., 2017, pp. 439–446).

Transektes tika izvietotas, balstoties uz informāciju par mežaudzēs dominējošo koku sugu, kas iegūta no Valsts meža dienesta Meža valsts reģistra brīvpieejas nogabalu datiem no LVM GEO uzturēta WMS servera (LVM GEO, 2024). Katru transekti veidoja simts metru garš nogrieznis ar diviem parauglaukumiem — vienu tā sākumā, bet otru beigās — veģetācijas novērtēšanai. Attālums starp transektēm tiek rēķināts no viena nogriežņa beigu punkta līdz nākamā nogriežņa sākumpunktam, neņemot vērā parauglaukumu platumu. Katrā transektē uzskaites tika veiktas, ejot pa veģetācijas joslas robežu ar ceļu. Transekšu sākuma un beigu punktu koordinātes ir pieejamas GitHub repozitorijā, uz kuru saite ir norādīta 1. pielikumā. Transektes izvietojuma shēma ir norādīta 2. pielikumā. Tipisku transekšu izskata piemēri ir sniegti 3. pielikumā.

### 2.1.1. Apšupes transekšu grupa

Apšupes transekšu grupu kopumā veidoja 40 transektes, kuru centroīda koordinātes ir 56.76941° N, 23.42994° E (WGS 84, decimālgrādi). Apšupes grupas transekšu izvietojuma attēlojums ortofoto kartē ir parādīts 3. attēlā.



**3. attēls.** Apšupes grupas transekšu izvietojums. Par pamatu izmantota 8. cikla ortofoto karte. Avots: LVM GEO WMS serveris, 2024.

**Figure 3.** Location of transects in the Apšupe group. Based on Cycle 8 orthophoto map. Source: LVM GEO WMS server, 2024.

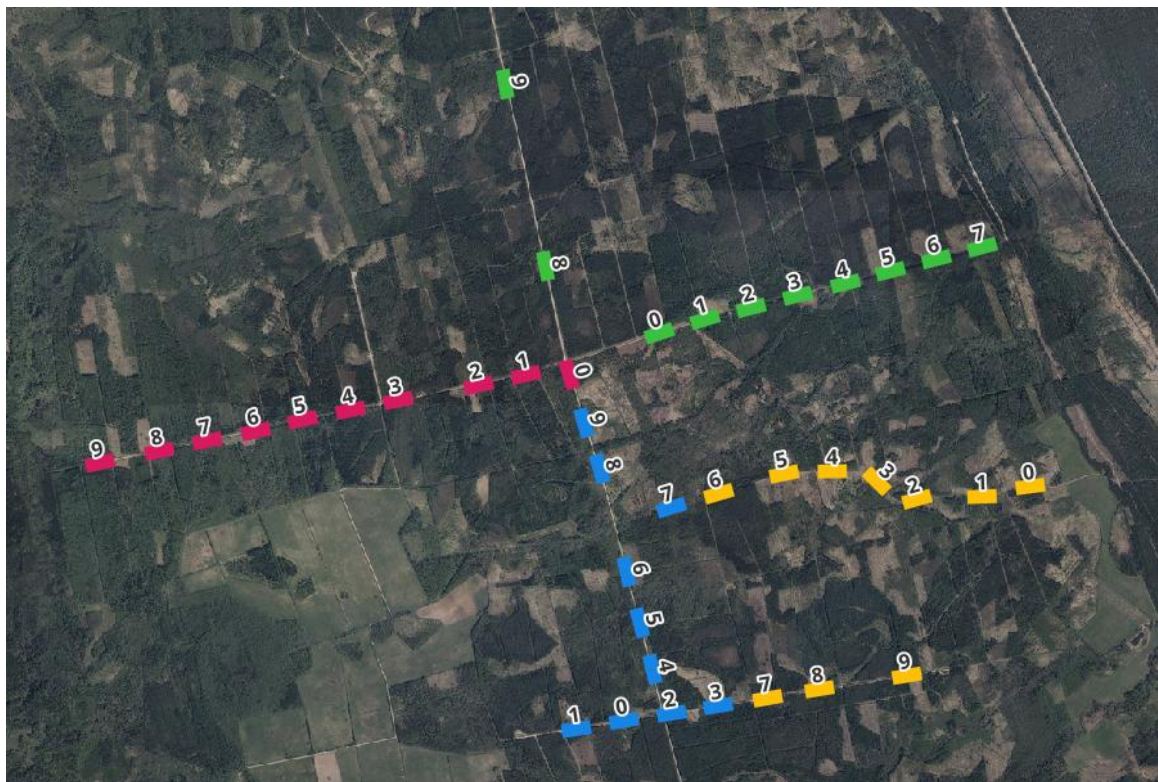
Lielākā daļa no transektēm tika izvietotas gar lauku ceļiem ar zemu transporta intensitāti, taču daļa atradās arī gar intensīvas satiksmes autoceļiem — A8 un P98. Uzskaišu veikšanas periodā atsevišķās vietās apsekotajā teritorijā norisinājās mežizstrādes darbi. Vietu raksturoja samērā viendabīga veģetācija, kurā dominēja lakstaugi, bet periodiski bija satopamas arī graudzāles un sīkrūmi. Veģetācija šoseju malās tika regulāri pļauta.

Apšupē ir notikušas sešas uzskaišu reizes, katrā no tām dienas laikā tika apsektas visas 40 transektes. Izņēmums ir pirmā uzskaitē, kura bija sadalīta divās dienās ļoti karsto laikapstākļu dēļ. Uzskaites notika sekojošos datumos: 1. uzskaitē – uzsākta 25.06.2024. (apsektas 20 transektes), turpināta 26.06.2024. (apsektas atlikušas 20 transektes); 2. uzskaitē – 14.07.2024.; 3. uzskaitē – 27.07.2024.; 4. uzskaitē – 01.08.2024.; 5. uzskaitē – 23.08.2024. un 6. uzskaitē – 27.08.2024.



### 2.1.2. Ģipkas transekšu grupa

Ģipkas transekšu grupu veidoja 40 transektes, kuru centroīda koordinātes ir 57.58337° N, 22.55243° E (WGS 84, decimālgrādi). Ģipkas grupas transekšu attēlojums ortofoto kartē ir parādīts 4. attēlā.



**4. attēls.** Ģipkas grupas transekšu izvietojums. Par pamatu izmantota 8. cikla ortofoto karte. Avots: LVM GEO WMS serveris, 2024.

**Figure 4.** Transect locations of the Ģipka group. Based on Cycle 8 orthophoto map. Source: LVM GEO WMS server, 2024.

Visas transektes tika izvietotas gar lauku ceļiem ar zemu transporta noslodzi. Vairākās vietās uzskaišu veikšanas periodā norisinājās mežizstrādes darbi, un ar tiem saistīta smagās tehnikas kustība periodiski notika arī uzskaišu laikā. Šo vietu raksturoja daudzveidīga veģetācija: daļā transekšu dominēja augstie lakstaugi un krūmi, bet daļā – pilsētas pļavai līdzīga veģetācija ar zemiem lakstaugiem un retām graudzālēm.

Ģipkas transektēs tika veiktas sešas uzskaites: 1. uzskaite – 21.06.2024; 2. uzskaite – uzsākta 17.07.2024. (apsekotas 20 transektes, uzskaite pārtraukta, jo sākās lietus) un turpināta 18.07.2024. (apsekotas atlikušās 20 transektes); 3. uzskaite – 25.07.2024.; 4. uzskaite – 02.08.2024.; 5. uzskaite – 18.08.2024. un 6. uzskaite 24.08.2024.

### 2.1.3. Ķemeru transekšu grupa

Ķemeru transekšu grupā uzskaites norisinājās 39 transektēs. Tomēr ne visas transektes tika apsekotas visās ieplānotajās reizēs – pirmā apmeklējuma laikā noskaidrojās, ka tikai daļa no transektēm ( $n = 14$ ) ir piemērotas uzskaitēm, savukārt pārējās transektes izteikti atšķiras vai tās nebija iespējams apmeklēt efektīvi (piemēram, pārāk blīvas veģetācijas dēļ). Tādēļ pēc pirmās uzskaites nederīgo transekšu izvietojums tika pārplānots. Tomēr, veicot otro uzskaiti, tika konstatēts, ka vietā, kur bija pārplānota transekte K3-0, tika uzsākti būvdarbi, un, ņemot vērā atlikušo dienastauriņu uzskaitēm piemēroto dienu skaitu, tā tika pavisam izslēgta un vairs netika pārplānota. Tādējādi pēc korekcijas Ķemeru grupu sastādīja 39 transektes, kuru izvietojums ir parādīts kartē 5. attēlā. Transekšu centroīda koordinātes (atbilst korigētajām izvietojumam) ir  $56.93675^{\circ}$  N,  $23.50531^{\circ}$  E (WGS 84, decimālgrādi).



**5. attēls.** Ķemeru grupas transekšu izvietojums. Par pamatu izmantota 8. cikla ortofoto karte. Avots: LVM GEO WMS serveris, 2024.

**Figure 5.** Location of transects in the Ķemeru group. Based on cycle 8 orthophoto map. Source: LVM GEO WMS server, 2024.

Ķemeru grupā transektes lielākoties tika izvietotas gar lielas un vidējas satiksmes intensitātes ceļiem – A10 autoceļu un Jaunķemeru ceļu. Veģetācija variējas no blīvām ziedaugu un niedru audzēm līdz pilsētu pļavai līdzīgai.

Naktī no 28. uz 29. jūliju Jūrmalas apkārtnē notika pēdējo 80 gadu laikā spēcīgākā vasaras vētra. Reģistrētais vēja ātrums pārsniedza 30 metrus sekundē, un divu dienu laikā

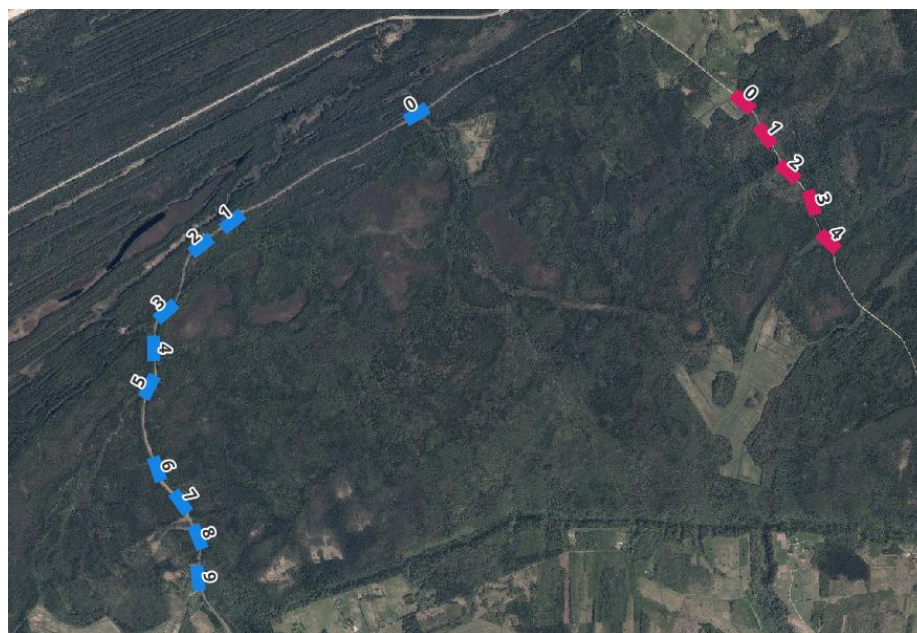


nolijušais nokrišņu daudzums sasniedza gandrīz trešdaļu no gada klimatiskās normas (Jūrmalas avīze, 2024). Ķemeru transekšu grupā lielākā daļa transekšu bija nopietni skartas: ceļi bija applūduši, pāri transektēm bija nogāzušies koki un daudzās vietās veģetāciju sabojāja smagā tehnika, kas tika iesaistīta vētras seku likvidēšanas darbos.

Kopumā Ķemeru Nacionālajā parkā tika īstenotas piecas no sešām plānotajām uzskaitēm. Vētras dēļ trešo uzskaiti nebija iespējams veikt. Uzskaites norisinājās sekojošos datumos: 1. uzskaite – 28.06.2024.; 2. uzskaite – 22.07.2024.; 3. uzskaite – nenotika; 4. uzskaite – 31.07.2024.; 5. uzskaite – 16.08.2024. un 6. uzskaite – 20.08.2024.

#### 2.1.4. Šlīteres transekšu grupa

Slīteres Nacionālā parkā bija plānots veikt uzskaites 15 transektēs gar P125 autoceļu un lauku ceļu, kas no tā atzarojas. Transekšu centroīda koordinātes ir 57.64975° N, 22.29686° E (WGS 84, decimālgrādi). Plānotais transekšu izvietojums ir apskatāms 6. attēlā.



**6. attēls.** Šlīteres grupas transekšu izvietojums. Par pamatu izmantota 8. cikla ortofoto karte. Avots: LVM GEO WMS serveris, 2024.

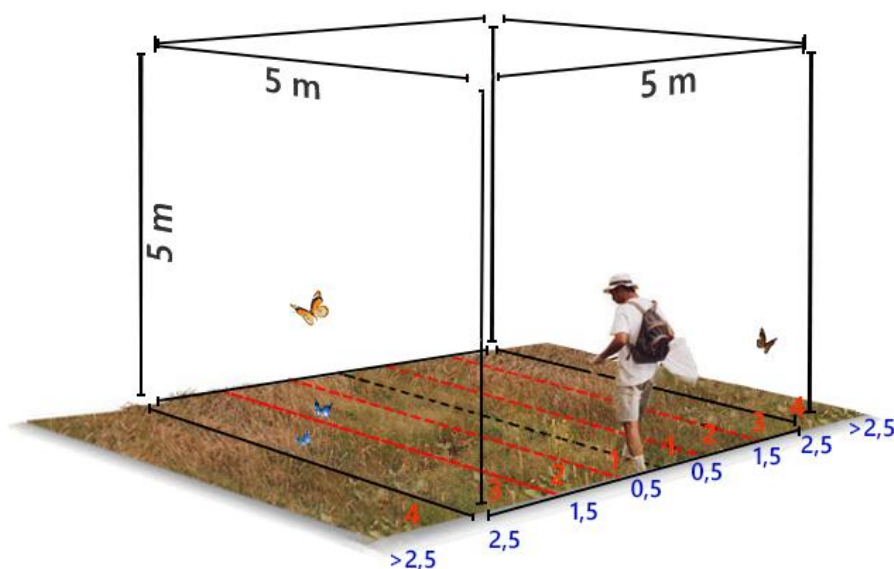
**Figure 6.** Transect locations of the Šlītere group. Based on Cycle 8 orthophoto map. Source: LVM GEO WMS server, 2024.

Mazāks uzskaišu vietu skaits Slīteres Nacionālā parkā, salīdzinot to ar citām grupām, ir skaidrojams ar to, ka teritorijā dominē priežu meži un izvietojanas kritērijiem atbilstošu vietu skaits bija ievērojami mazāks. Tomēr, ņemot vērā ierobežoto laiku, kad laikapstākļi bija piemēroti uzskaišu veikšanai, un nepieciešamību nodrošināt pārējo uzskaišu kvalitāti un

pilnīgumu, vēlāk tika pieņemts lēmums šo teritoriju no pētījuma izslēgt. Tātad mežu apsaimniekošana netika izmantotā kā pazīme turpmākajā analizē.

## 2.2. Dienastauriņu uzskaites metode

Dienastauriņu novērojumi tika veikti, izmantojot Pollarda transekšu metodi, kas tika papildināta ar četrām attāluma joslām, kas virzās paralēli transektes viduslīnijai: pirmā josla — no 0 līdz 0,5 metriem no transektes viduslīnijas; otrā — no 0,5 līdz 1,5 metriem; trešā — 1,5 līdz 2,5 metriem un ceturrtā josla — viss, kas ir tālāk par 2,5 metriem, t.i., ārpus Pollarda telpas. Katram novērojumam tika reģistrēta josla, kur attiecīgais indivīds atradās pirmās pamanīšanas brīdī. Novērojumi ārpus Pollarda iedomātās telpas tika reģistrēti tikai sānu virzienā saskaņā ar joslu izvietojumu, bet virzienā uz priekšu dienastauriņi tika skaitīti tradicionālā Pollarda virtuālas telpas robežas. Izmantotās metodes shematiskais attēlojums ir parādīts 7. attēlā.



7. attēls. Uzskaites veikšanas metode. Ar melno krāsu parādītas Pollarda telpas robežas, ar sarkano krāsu – joslu izkārtojums, ar zilo – to robežas attālums no transektes viduslīnijas. Attēls tika modificēts, oriģinālā attēla avots: Catalan Butterfly Monitoring Scheme.

**Figure 7.** Census method. Pollard's box boundaries are shown in black, band layout in red and its distance from the transect mid-line in blue. Image modified, original image source: Catalan Butterfly Monitoring Scheme.

Papildus tika reģistrēts arī indivīda uzvedības veids, kuru tas demonstrēja pamanīšanas brīdī. Uzvedības novērtēšanai izmantotas kategorijas: “uzturas lokāli”, “novērts uz zieda”, “novērots uz auga”, “pārojas” un “lido garām”.

Uzskaites tika īstenotas dienās, kad laikapstākļi atbilda Pollarda standarta nosacījumiem. Saskaņā ar E. Pollarda izstrādāto metodiku, dienastauriņu uzskaiti ir atļauts veikt laikā no plkst. 10.45 līdz plkst. 15.45, tomēr, lai būtu iespējams apmeklēt visas transektes attiecīgajā vietā vienas dienas laikā, uzskaites veikšanas laiks tika paplašināts līdz intervālam no plkst. 9.00 līdz plkst. 18.00. Katrā uzskaišu reizē transekšu grupu apmeklēšanas secība tika mainīta, lai nodrošinātu, ka katra transekte ir pārstāvēta dažādos diennakts laikos.

### **2.3. Veģetācijas novērtējums**

Katrā uzskaišu reizē tika veidots transekšu veģetācijas apraksts, izmantojot vairākas pazīmes: veģetācijas augstums, veģetāciju stāvu skaits, pļaušana, citi bojājumi, mitruma apstākļi, kā arī augu projektīvais segums un atsevišķi tikai ziedošo augu projektīvais segums. Visu pazīmju saraksts ar aprakstu ir pieejams GitHub repozitorijā (1. pielikums).

Augu projektīvais segums tika novērtēts kvadrātveida parauglaukumos katras transektes sākumā un beigās. Katrs parauglaukums sākās transektes viduslīnijā un virzījās prom no ceļa – meža virzienā. Tā malas garums bija vienāds ar 2,5 metriem, kas atbilst pusei no Pollarda iedomātās novērošanas telpas. Šāds izvietojums izvēlēts tāpēc, ka ceļmalu transektēs lielākā daļa veģetācijas atradās vienā transektes pusē, bet otrā – ceļš. Parauglaukumu izvietojuma attiecība pret transekti ir apskatāma shematiskā attēlojumā 2. pielikumā. Augu projektīvais segums (%) tika novērtēts atsevišķi katram no četriem veģetācijas stāviem: rozetes un ložņājošie augi, zemie lakstaugi un graudzāles (0 – 30 cm), vidēji garie lakstaugi un graudzāles (30 – 80 cm) un augstie lakstaugi un graudzāles (> 80 cm). Atsevišķi tika novērtēts arī ziedošo augu projektīvais segums, ievērojot to pašu stāvu nodalījumu.

Veģetācijas stāvu skaits tika novērtēts, balstoties uz iepriekš aprakstīto stāvu sadalījumu, un atbilda raksturīgākajai vērtībai visā transektes garumā. Veģetācijas augstums atbilst augstākā auga garumam, izteiktam centimetros, novērtēts, balstoties uz veģetāciju visā transektes garumā. Pļaušana tika novērtēta visā transektes garumā. Tāpat tika novērtēta arī pazīme “citi bojājumi”, kas raksturoja visus pārējos transektes veģetācijas bojājumus, kurus nevar aprakstīt kā pļaušanu. Pazīme “mitruma apstākļi” raksturo, vai veģetācija bijusi vai nav bijusi sausa, novērtēta visā transektes garumā.

## 2.4. Uzskaišu apstākļu novērtējums

Uzskaišu apstākļi tika novērtēti katrā uzskaišu reizē pirms un pēc (vai atsevišķām pazīmēm tikai pēc) uzskaišu veikšanas. Saraksts ar visām (arī novērtētām, bet analizē neizmantotām) pazīmēm un to aprakstu ir pieejams GitHub repozitorijā (1. pielikums).

Uzskaites uzsākšanas laiks tika reģistrēts pēc vides pazīmju novērtēšanas transektes sākumā un pirms tās novērtēšanas transektes beigās. Vēja ātrums (m/s), relatīvais mitrums (%) un gaisa temperatūra (°C) tika novērtēti transektes sākumā un beigās, izmantojot rokas meteoroloģisko staciju “Extech 45170”. Novērtēšanas brīdī stacija tika turēta rokas augstumā (apmēram 120 cm virs zemes). Mākoņainība (%) tika novērtēta pēc visas redzamās debesu platības, skatoties augšup transektes sākumā un beigās. Transektes apgaismojums (%) tika novērtēts transektes sākumā un beigās, balstoties uz visu no attiecīgā punkta redzamo transektes platību. Savukārt binārā pazīme “traucējumi” apraksta, vai uzskaites brīdī ir noticis kāds uzskaitē traucējošs notikums, piemēram, gājēji vai garām braucoša automašīna.

## 2.5. Datu analīze

Dati tika apkopoti Microsoft Excel 2021 (Microsoft Corporation, 2021) tabulā tā, lai katra rinda reprezentētu konkrētā indivīda novērojumu, bet kolonnas — vai nu transektes identifikatorus un uzskaites aprakstošas vides kovariātus, vai nu novērotā indivīda informāciju – sugas nosaukumu, attāluma joslu un uzvedības kategoriju. Analīzē izmantotie dati ir pieejami GitHub repozitorijā, uz kuru saite ir pieejama 1. pielikumā.

Datu analīze un rezultātu vizualizācija veikta, izmantojot R programmēšanas valodu (versija 4.5.0) (R Core Team, 2024) integrētā izstrādes vidē RStudio (versija 2025.05.0.496) (Posit team, 2025). Dati tika importēti no Excel faila, izmantojot pakotni “readxl” (versija 1.4.5) (Wickham and Bryan, 2025). Datu tabulu formatēšanai un pārkārtošanai tika izmantotas pakotnes “dplyr” (versija 1.1.4) (Wickham et al., 2023) un “tidyr” (versija 1.3.1) (Wickham et al., 2024). Darbības ar faktoru mainīgajiem veiktas, izmantojot pakotni “forcats” (versija 1.0.0) (Wickham, 2023). Attēli tika izveidoti, pielietojot pakotņu “ggplot2” (versija 3.5.2) (Wickham, 2016) un “qqplotr” (versija 0.06) (Almeida et al., 2018) funkcijas. Transekšu centroīdu aprēķinam un bakalaura darbā iekļautajai Latvijas kontūrkartes veidošanai tika izmantotas pakotnes “sf” (versija 1.0.21) (Pebesma and Bivand, 2018) un “rnaturalearth” (versija 1.0.1) (Massicotte and South, 2023). Lai analizētu sezonālo dinamiku, novērojumu datumu tika konvertēti no POSIX formāta uz dienas numuru pēc kārtas kopš gada sākuma, izmantojot pakotni “lubridate” (versija 1.9.4) (Grolemund and Wickham, 2011).

Mainīgo atbilstība normālam sadalījumam tika pārbaudīta, kombinējot grafiskās analīzes pieejas (histogrammu, kārbu diagrammu, kvantiļu diagrammu) ar analītisko pārbaudi — Šapiro-Vilka testu (`shapiro.test()`). Dispersiju homogenitātes pārbaudei divām paraugkopām tika izmantots dispersiju F-tests (`var.test()`), vairākām paraugkopām – Levena tests (`leveneTest()`) no pakotnes “car” (versija 3.1.3) (Fox and Weisberg, 2019). Lai salīdzinātu vairākas neatkarīgas neparametriskas paraugkopas, tika izmantots Kruskala-Volisa tests (`kruskal.test()`), kā post-hoc pārbaudi pielietojot Dunna testu (`dunn_test()`). Savukārt parametrisko paraugkopu analīzei, ņemot vērā, ka visos gadījumos salīdzināmo grupu dispersijas nebija homogēnas, tika izmantoti nevienādām grupu dispersijām piemēroti testi: divu paraugkopu salīdzināšanai — t-tests ar Velča pielāgojumu (`t.test(..., var.equal = FALSE)`), bet vairāku grupu gadījumā — dispersijas analīze ar Velča pielāgojumu (`oneway.test()`), pielietojot Geimsa-Hovela testu (`games_howell_test()`) kā post-hoc pārbaudi. Abi post-hoc pārbaudes testi tika veikti, izmantojot pakotnes “rstatix” (versija 0.7.2) (Kassambara, 2023) iespējas.

### **2.5.1. Analizētās sugas izvēle un Pollarda sastopamības indekss**

Lai izvēlētos sugu, kuras dati būtu piemēroti hierarhiskam distances modelim, katrai no pētījumā reģistrētajām sugām tika apkopots tās novērojumu skaits, uzbūvēta novērotās fenoloģijas līkne un aprēķināts Pollarda sastopamības indekss.

Sugas fenoloģijas līknes tika uzbūvētas, balstoties uz katrā uzskaites datumā reģistrēto novērojumu skaitu un veidojot atsevišķu līkni katrai pētījuma vietai. Gadījumos, kad uzskaitē bija sadalīta divās dienās, tās novērojumi tika apvienoti pēdējās uzskaites dienas datumā. Kritēriji sugas izvēlei pēc fenoloģijas līknes bija: 1) sugai jābūt novērotai visās pētījuma vietās; 2) novērojumi nedrīkst būt koncentrēti tikai atsevišķos datumos; 3) fenoloģijas līknē skaidri saskatāma tikai viena sugas paaudze.

Katrai transektei, kur attiecīgā suga pētījumā aptvertajā sezonas daļā tika reģistrēta vismaz vienu reizi, tika aprēķināts Pollarda sastopamības indekss. Saistībā ar to, ka katrā no pētījuma vietām uzskaites notika apmēram vienu reizi nedēļā, par nedēļu raksturojošo novērojumu skaita vērtību tika paņemts attiecīgajā uzskaitē reģistrētais skaits, ignorējot 1-2 dienas garas neatbilstības. Pollarda sastopamības indeksa rēķināšanai tika izmantoti tikai tie novērojumi, kas bija iegūti saskaņā ar oriģinālo Pollarda uzskaišu metodiku, t.i., — izdarīti Pollarda iedomātās telpas ietvaros jeb nāk no pirmās līdz trešās attāluma joslās. Katras transektes Pollarda sastopamības indeksi, grupējot pēc pētījuma vietas, tika vizualizēti kārbu

diagrammā. Vienīgais kritērijs sugas atlasei pēc Pollarda sastopamības indeksa sadalījumiem bija, lai tā tiktu novērota vismaz piecās transektēs katrā no pētījuma vietām.

Visvairāk visiem augstāk aprakstītajiem izvēlēs kritērijiem atbilda kāpostu balteņa *Pieris brassicae* sugas novērojumi, tāpēc analīze tika veikta uz izmantojot šīs sugas piemēru. Pollarda sastopamības indeksu aprēķinam šai sugai ir izmantoti 85 novērojumi: 40 novērojumi no Apšupes, 33 no Ģipkas un 12 novērojumi no Ķemeriem. Kāpostu balteņa novērotas fenoloģijas līkne ir demonstrēta 4. pielikumā, attēli ar visu pārējo sugu fenoloģijas līknēm un Pollarda sastopamības indeksu salīdzinājumiem ir pieejami GitHub repozitorijā (1. pielikums).

Ņemot vērā, ka Pollarda indekss ir sugas novērojumu summa jeb pēc būtības skaita dati, kā arī to, ka pētījuma vietas bija izvietotas tā, lai minimizētu transektu savstarpējo ietekmi, pētījuma vietu Pollarda indeksa vērtības tika savstarpēji salīdzinātas kā kvantitatīvas neatkarīgas neparametriskas paraugkopas. Ir svarīgi atzīmēt, ka saistībā ar to, ka pētījums neaptver visu izvēlētas sugas lidošanas sezonu, ka uzskaites skaits ir samērā mazs un atšķiras starp vietām, kā arī, ņemot vērā Ernesta Pollarda norādītos metodes ierobežojumus, Pollarda sastopamības indeksa salīdzinājumam starp vietām nedrīkst kļūt par pamatu spriedumiem par vietu atšķirībām. Tomēr salīdzinājums tika veikts, lai uz grupu attiecību atšķirībām demonstrētu uzskaites pieejas un analīzes metodes ietekmi uz rezultātu, izmantojot datus no vienas sezonas.

### 2.5.2. Hierarhiskie attāluma modeļi

Visiem vidi aprakstošajiem mainīgajiem, kas tika mērīti transektes sākumā un beigās, tika aprēķinātas vidējās vērtības, kā arī papildus aprēķināts kopējais ziedošo augu projektīvais segums. Daļa no pazīmēm netika iekļauti analīze saistība ar to nelīdzsvarotu grupu attiecībām.

Lai novērstu multikolinaritātes rašanos, visiem skaitliskajiem mainīgajiem, tika veikta savstarpējo korelāciju pārbaude. Tā kā nevienas pazīmes sadalījums neatbilda normālajam sadalījumam, pārbaude tika veikta, izmantojot Spīrmēna rangu secības korelāciju. Korelāciju analīzei tikai izmantota bāzes R funkcija `cor()` un “`corrplot`” (versija 0.95) (Wei and Simko, 2024) pakotnes funkcijas. Pazīmes ar augstu savstarpējo korelāciju ( $r_s > 0,6$ ) netika vienlaikus iekļautas modeļos. Saistībā ar nelielo izlases apjomu visi izvēlētais sugas novērojumi tika analizēti kopā, neizdalot uzvedības klases.

Hierarhisko modeļu veidošanai un varbūtību vērtību prognozēšanai tika izmantotas pakotnes “`unmarked`” (versija 1.5.0) (Kellner et al., 2023) iespējas. Modelēšanā tika veikta izmantojot novērojumus no visām attāluma joslām, kā arī no analīzes tika izņemti tie kāpostu balteņa novērojumi, kuriem josla nebija reģistrēta ( $n = 2$ ). Kopā analīzē tika iekļauti 89 novērojumi: 41 novērojums no Apšupes, 35 novērojumi no Ģipkas un 13 novērojumi no



Ķemeriem. Hierarhiskie attāluma modeļi tika izveidoti, izmantojot funkciju `gdistsamp()`, kas ir piemērota, lai analizētu populācijas ar temporālo imigrāciju (Chandler et al., 2011). Šis modelis pieņem, kā kopējo konstatēšanas veido divas komponentes: varbūtība indivīdam būt pieejamam uzskaitē un varbūtība konstatēt uzskaitē pieejamo indivīdu. Veidojot `unmarkedFrameGDS` klases objektu `gdistsamp()` funkcijas iestatīšanai, ārpus pētījuma dizaina aprakstošiem parametriem, kā maksimālā iespējamā konstatēšanas distance, ceturtās joslas formālai ierobežošanai, tika pieņemts attālums, vienāds ar četriem metriem. Kā arī vērtība “100” tika izmantotā kā integrācijas augšējā robeža.

Lai noteiktu datiem piemērotāko īpatņu skaita sadalījuma veidu un detekcijas funkciju, tika izveidoti nulles modeļi ar visām iespējamajām šo iestatījumu kombinācijām ( $n = 4$ ), kas tika salīdzinātas, izmantojot Akaikes informācijas kritērija (AIC) vērtību. Vislabāko atbilstību datiem uzrādīja negatīva binomiālā sadalījuma un “HazardRate” detekcijas funkcijas kombinācija, kas tika izmantota visos darbā analizētajos modeļos (AIC = 678.6092). Pārbaudīto nulles modeļu AIC kritērija vērtības ir atrodamas 5. pielikumā.

Lai aplēstu koriģēto novērojumu skaitu, saskaņā ar modeļos iegūtiem koeficientiem, tika izmantota sekojoša formula:

$$n_{\text{korģētais}} = \frac{n_{\text{novērotais}}}{\phi \times p},$$

kur:

$n_{\text{korģētais}}$  – pēc modeļa iegūtajiem koeficientiem koriģētais indivīdu skaits;

$n_{\text{novērotais}}$  – uzskaitē novērotais indivīdu skaits;

$\phi$  – varbūtība indivīdam būt pieejamam uzskaitē;

$p$  – varbūtība konstatēt indivīdu.

Savukārt, kad indivīdu skaits tika aplēsts, ņemot vērā tikai detekcijas funkcijas vērtības, tad formulā iekļautā pieejamības komponente tika izlaista.

Novērotais un aplēstais kopskaits tika aprēķināts, izmantojot Pollarda sastopamības indeksa formulu, balstoties uz attiecīgi novērotajām vai pēc modeļu rezultātiem koriģētajām vērtībām. Apskatot hierarhisko modeļu rezultātus, tiek lietots termins “kopskaits”, nevis “Pollarda sastopamības indekss”, jo datu iegūšanas pieeja atšķiras no oriģinālās metodes – analizē tika izmantoti arī novērojumi no ceturtās joslas. Jēdziens “Pollarda sastopamības indekss” tiek lietots tikai attiecībā uz vērtībām, kas aprēķinātas atbilstoši E. Pollarda sākotnēji izstrādātai metodikai, t.i., izmantojot novērojumus no pirmās līdz trešajai joslai. Lai demonstrētu korekcijas ietekmi uz vietu savstarpējām attiecībām, aplēstais kopskaits

tika salīdzināts ar novēroto kopskaitu, nevis ar oriģinālo Pollarda indeksu, lai nodrošinātu vienādu izlases apjomu, kas ir svarīgi neliela vērtību skaita dēļ.

Salīdzināmības nodrošināšanai starp dažāda mēroga kovariātiem un modeļu stabilitātes uzlabošanai, visi modeļos iekļautie skaitliskie mainīgie tika standartizēti, pielietojot `scale()` funkciju. Uz izveidoto modeļu koeficientiem balstītu pieejamības prognožu veikšanai tika izmantota funkcija `predict()`.

Lai izvēlētos modeli, kas vislabāk apraksta sugas pieejamības izmaiņas sezonā, tika izveidoti trīs modeļi (6. pielikums), no kuriem divi, saskaņā ar AIC kritēriju, izrādījās neizšķirami (AIC vērtību atšķirības  $< 2$ ). Starp tiem labākais modelis tika izvēlēts, apskatot pieejamības prognozes līkni.

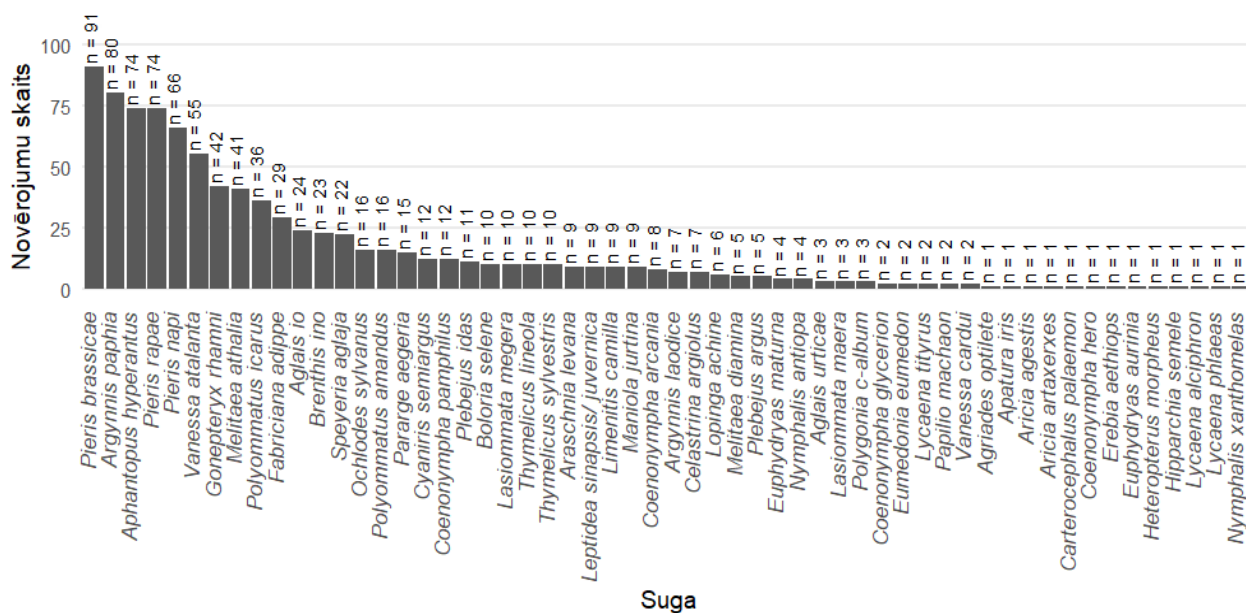
Visi astoņi izveidotie uzskaišu apstākļu modeļi bija konkurējošie (AIC vērtību atšķirības  $< 4$ ). Pieci no tiem bija neizšķirami. Labākais modelis tika izvēlēts balstoties tikai uz AIC kritērija vērtību un atbilst vienkāršākajam modelim (7. pielikums).

Pollarda laikapstākļu standarts tika pārbaudīts, kā vienīgus pieejamību izskaidrojošos mainīgos izmantojot attiecīgajā standartā iekļautos vides parametrus. Tika izveidoti divi modeļi: apgaismojuma modelis (diena + temperatūra + apgaismojums), kas atbilst Pollarda oriģināliem nosacījumiem un vēja modelis (diena + temperatūra + vēja ātrums), kas pārbauda standarta papildinājumu ar nosacījumiem vējā ātrumam, ko izmanto Eiropas dienastauriņu monitoringa shēmā (van Swaay et al., 2015). Labākais apgaismojuma modelis tika izvēlēts saskaņā ar AIC kritēriju (8. pielikums). Grupu salīdzinājumam vienas temperatūras griezumā kā tipiska vasaras temperatūra tika izvēlēti 23 °C. Savukārt apgaismojuma griezumā salīdzinājums tika veikts pie apgaismojum vērtības 40%, lai salīdzināt vērtības kas iekļaujas un neiekļaujas Pollarda standartā. Kā piemērotākais vēja modelis starp diviem neizšķiramiem un pēc AIC kritērija labākajiem modeļiem tika izvēlēts vienkāršākais modelis, jo tas radīja šaurākus ticamības intervālus (9. pielikums).

Visas analīzē izmantotās komandrindas ir pieejamas GitHub repozitorijā, uz kuru saite ir pieejama 1. pielikumā.

### 3. REZULTĀTI

Kopumā tika reģistrēti 970 dienastauriņu novērojumi, no tiem 894 noteikti līdz sugai vai sugu kompleksam. Iegūtajā paraugkopā tika pārstāvētas 57 sugas: no tām 32 sugas pieder raibeņu dzimtai (Nymphalidae), 13 pieder zilenīšu jeb zeltainīšu dzimtai (Lycaenidae), piecas – balteņu dzimtai (Pieridae), piecas – resngalvīšu dzimtai (Hesperiidae) un viena – dižtauriņu dzimtai (Papilionidae). Tajā skaitā arī četras Eiropas Padomes Direktīvā iekļautās un Latvijā īpaši aizsargājamās sugas: gāršas samtenis ( $n = 6$ ), ošu pļavraibenis ( $n = 4$ ), meža sīksamtenis ( $n = 1$ ) un skabiozu pļavraibenis ( $n = 1$ ). Novērojumu sadalījums starp pētījumā reģistrētajām sugām ir redzams 8. attēlā.



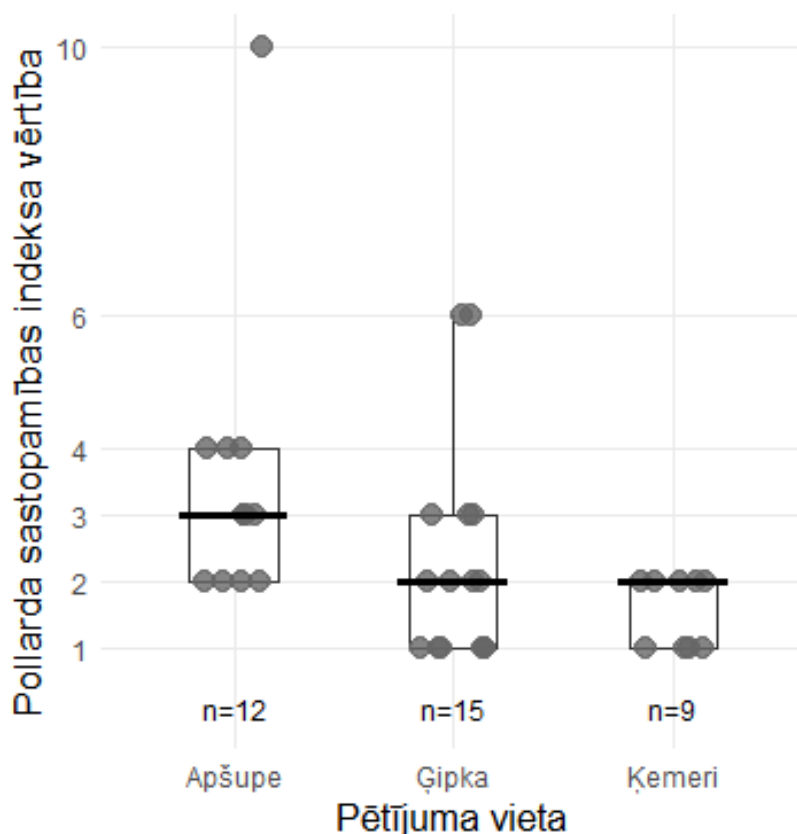
8. attēls. Reģistrēto novērojumu skaita sadalījums starp reģistrētām dienastauriņu sugām.

Figure 8. Distribution of the number of observations among the recorded species of butterflies.

No visām pētījuma laikā uzskaitītajām sugām vislielākais novērojumu skaits tika reģistrēts kāpostu baltenim. No 119 transektēm, kur ir notikušas uzskaites, vismaz vienu reizi kāpostu baltenis bija novērots 36 transektēs. Kāpostu baltenis kopā tika uzskaitīts 91 reizi: 42 novērojumi Apšupē, 35 novērojumi Ģipkā un 14 novērojumi Ķemeru. Turpmākie rezultāti ir demonstrēti pēc šīs sugas piemēra.

### 3.1. Oriģinālā Pollarda metode

Veicot Pollarda sastopamības indeksa mediānu vērtību salīdzinājumu starp pētījuma vietām, tika konstatēts, ka pie būtiskuma līmeņa  $\alpha = 0,05$  trīs vietu indeksa vērtības nepieder vienai ģenerālkopai (Kruskala-Volisa tests:  $\chi_{(2,36)}^2 = 10,470$ ; p-vērtība  $< 0,01$ ). Pollarda sastopamības indeksa vērtību sadalījumi pētījuma vietās ir redzami 9. attēlā.



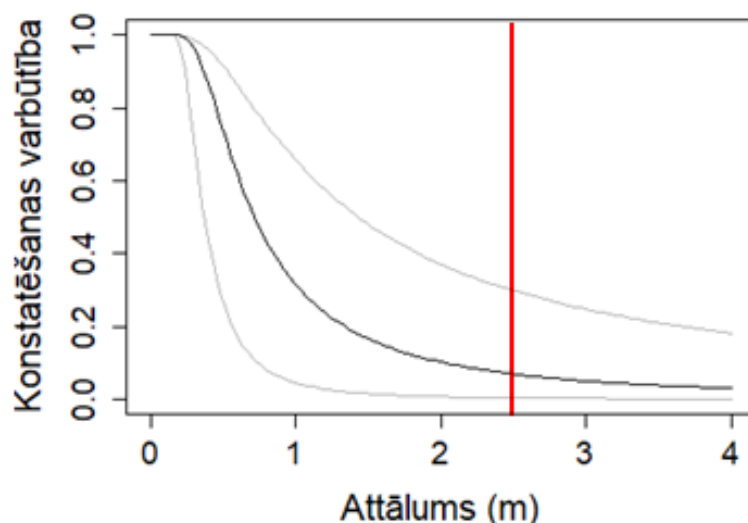
**9. attēls.** Pollarda sastopamības indeksu salīdzinājums starp uzskaišu vietām. Melnie punkti atspoguļo transekšu indeksus, bet treknās līnijas — grupas mediānas vērtību.

**Figure 9.** Comparison of Pollard abundance indices between survey sites. Black points represent transect indices and bold lines the median value of the group.

Pāru salīdzinājums parādīja, ka statistiski nozīmīgas atšķirības pastāv tikai starp Apšupi un Ķemeriem (Dunna tests:  $z_{(21)} = -3,18$ ; koriģēta p-vērtība  $< 0,01$ ), savukārt starp Apšupi un Ģipku, kā arī starp Ķemeriem un Ģipku statistiski nozīmīgas atšķirības netika konstatētas (Dunna tests:  $z_{(27)} = -2,08$ ; koriģēta p-vērtība  $= 0,075$ ) un (Dunna tests:  $z_{(24)} = -1,41$ ; koriģēta p-vērtība  $= 0,158$ ).

### 3.2. Attāluma ietekme

Apskatot detekcijas funkcijas grafiku, redzams, ka kāpostu balteņa konstatēšanas varbūtība ievērojami mainās atkarībā no attāluma. Tā saglabājas gandrīz nemainīga līdz aptuveni 30 cm, pēc tam strauji samazinās līdz apmēram 1,5 metru attālumam. Tālāk samazinājuma temps kļūst lēnāks, bet konstatēšanas varbūtības funkcija, pieaugot attālumam, turpina dilt. Saskaņā ar detekcijas funkcijas izmaiņu prognozi pirmajā joslā (zonā no 0 līdz 0,5 metru attālumam) vidējā konstatēšanas varbūtības vērtība ir 0,942, kas nozīmē, ka tajā tiek pamanīti gandrīz visi uzskaitē pieejamie indivīdi. Savukārt otrajā joslā (zonā no 0,5 līdz 1,5 metram) tiek konstatēta tikai viena trešdaļa no tiem (konstatēšanas varbūtības vērtība ir 0,360), bet Pollarda telpas malā — trešajā joslā jeb zonā no 1,5 līdz 2,5 metram — tikai 11% no uzskaitē pieejamiem indivīdiem (konstatēšanas varbūtības vērtība ir 0,107). Prognozētās kāpostu balteņa detekcijas funkcijas izmaiņas ar attālumu ir redzamas 10. attēlā.



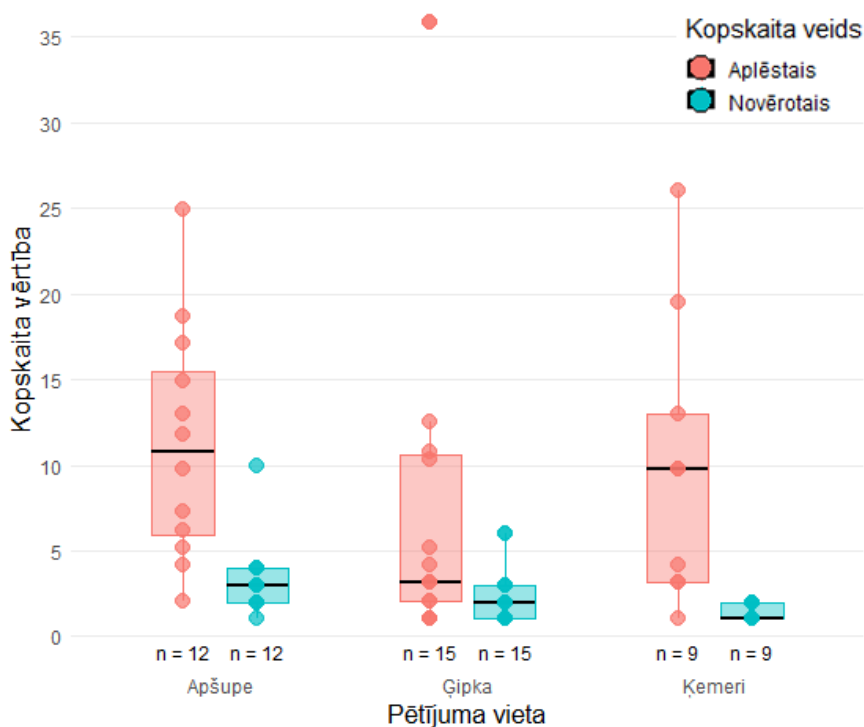
**10. attēls.** Detekcijas funkcijas grafiks. Melnā līkne attēlo aplēstas funkcijas vērtību, pelēkās — tās 95% ticamības intervāla robežas, sarkanā līnija apzīmē Pollarda telpas robežu.

**Figure 10.** Detection function graph. The black curve represents the value of the estimated function, the grey curves represent the limits of its 95% confidence interval, the red line represents the boundary of the Pollard's box.

Salīdzinot novēroto kopskaitu mediānas vērtības starp uzskaites vietām, tika konstatēts, ka pie būtiskuma līmeņa  $\alpha = 0,05$  iegūtie radītāji joprojām nepārstāv vienu ģenerālkopu (Kruskala-Volisa tests:  $\chi_{(2,36)}^2 = 9,318$ ; p-vērtība  $< 0,01$ ). Grupu pāru salīdzinājumā ir noskaidrots, ka būtiskas atšķirības pastāv tikai starp Apšupes un Ķemeru novērojumu kopskatiem (Dunna tests:  $z_{(21)} = -3,00$ ; koriģēta p-vērtība  $< 0,01$ ), bet Apšupes un Ģipkas,

kā arī Ģipkas un Ķemeru atšķirības netika atzītas par statistiski nozīmīgām (Dunna tests:  $z_{(27)} = -1,95$ ; koriģēta p-vērtība = 0,104) un (Dunna tests:  $z_{(24)} = -1,35$ ; koriģēta p-vērtība = 0,176).

Savukārt starp pētījuma vietām salīdzinot mediānu vērtības kopskaitam, kas aplēsts, ņemot vērā konstatēšanas varbūtības izmaiņas attāluma ietekmē, tika atklāts, ka visu pētījuma vietu aplēstie kopskaiti pieder vienai ģenerālkopai (Kruskala-Volisa tests:  $\chi_{(2, 36)} = 3,499$ ; p-vērtība = 0,174). Novēroto un ar distances funkciju aplēsto kopskaitu vērtību salīdzinājums ir atainots 11. attēlā.



**11. attēls.** Novēroto un ar distances funkciju aplēsto kāpostu balteņa indivīdu kopskaitu salīdzinājums starp pētījuma vietām. Krāsa atspoguļo kopskaita veidu. Punkti apzīmē novērojumu kopskaitu transektē, treknās melnās līnijas — grupas mediānas vērtību.

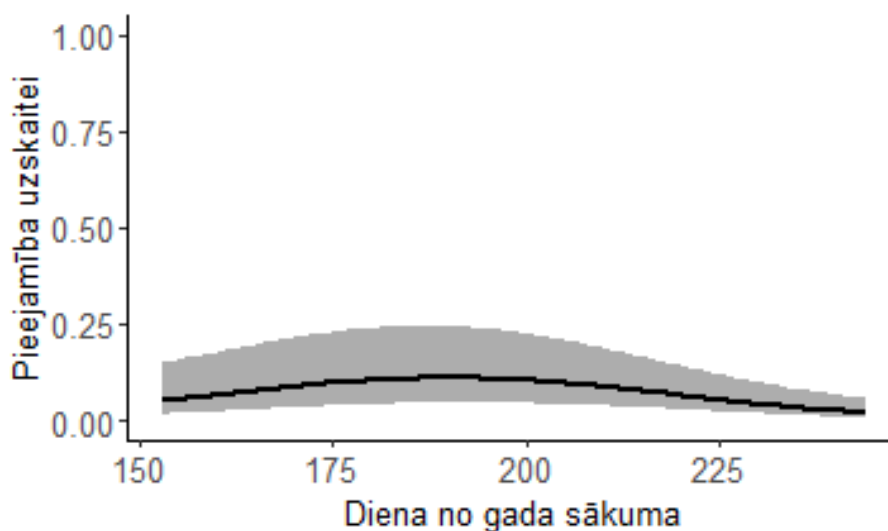
**Figure 11.** Comparison of observed and distance function-estimated total abundances of the large white individuals between study sites. Colour reflects the type of abundance. Points represent the total number of observations per transect, bold black lines the median value of the group.

### 3.3. Uzskaišu apstākļu ietekme

Sezonalitātes modeļa rezultāti liecina, ka dienai kopš gada sākuma ir statistiski būtiska negatīva kvadrātiskā ietekme – pieejamība uzskaitē ir samazināta vasaras sākumā un beigās,

bet pieaug sezonas vidū ( $\beta = -0,446 \pm 0,126$ ;  $z = -3,540$ ;  $p\text{-vērtība} < 0,001$ ), savukārt tās lineārā ietekme netika atzīta par nozīmīgu, tomēr tās iekļaušana modelī uzlaboja tas izskaidrojošo spēju.

Lai iegūtu pilnīgāku priekšstatu par sezonas laika ietekmi uz kāpostu balteņa pieejamību uzskaitē, balstoties uz no modeļa izgūtajiem koeficientiem, tika aprēķināta pieejamības funkcijas prognoze periodam visā vasaras garumā – no 1. jūnija līdz 31. augustam, kas atbilst intervālam no 153. līdz 244. dienai kopš gada sākuma. Pieejamības funkcijas grafikā ir redzams, kā varbūtība indivīdam būt pieejamam uzskaitē katrā atsevišķā sezonas brīdī ir salīdzinoši zema – vidējā pieejamības vērtība ir 0.0654, kas nozīmē, ka vidēji mazāk nekā 7% no visiem transektē potenciāli esošajiem indivīdiem ir pieejami konstatēšanai konkrētajā uzskaites brīdī (12. attēls). Turklāt konstatēšanai pieejamā indivīdu daļa mainās sezonas gaitā – vasaras vidū tā ir nedaudz lielāka nekā tas sākumā, bet, tuvojoties vasaras beigām, tā kļūst pavisam maza: jūnijā katrā atsevišķā dienā uzskaitē ir pieejami vidēji 8% no transektē sastopamajiem indivīdiem (pieejamības vērtība ir 0.0815), jūlijā nedaudz vairāk – vidēji 10% (pieejamības vērtība ir 0.101), savukārt augustā – tikai mazāk nekā 5% (pieejamības vērtība ir 0.0462).



**12. attēls.** Kāpostu balteņa sezonālās pieejamības prognoze. Melnā līkne apzīmē aplēsto funkciju, pelēkā josla – 95% ticamības intervālu.

**Figure 12.** Prediction of the seasonal availability of the large white. The black curve represents the estimated function, the grey band the 95% confidence interval.

Daudzfaktoru hierarhiskā attāluma modeļa rezultāti liecina, ka indivīdu pieejamību uzskaitē ietekmē vairāki uzskaites norises apstākļu faktori. Dienai kopš gada sākuma arī kontekstā ar citiem pieejamību izskaidrojošiem vides kovariātiem, ir konstatēta statistiski

nozīmīga negatīva kvadrātiskā ietekme ( $\beta = -1,786 \pm 0,605$ ;  $z = -2,954$ ;  $p$ -vērtība  $< 0,01$ ). Arī vēja ātrumam ir būtiska negatīva ietekme – ar katru vēja ātruma vienību indivīda izredzes būt pieejamam uzskaitē samazinās par  $\approx 79\%$  no iepriekšējās vērtības ( $\beta = -1,577 \pm 0,489$ ;  $z = -3,222$ ;  $p$ -vērtība  $< 0,01$ ). Savukārt traucējošo faktoru neesamībai ir statistiski nozīmīga pozitīva ietekme – uzskaitē bez traucējumiem pieejamības izredzes ir 12 reizes lielākas, nekā uzskaitē ar tiem ( $\beta = 2,485 \pm 1,094$ ;  $z = 2,271$ ;  $p$ -vērtība  $< 0,05$ ).

Citi modelī iekļautie faktori neparādīja statistiski nozīmīgu ietekmi: transektes apgaismojuma  $p$ -vērtība = 0,0978 un kopējā ziedošo augu seguma  $p$ -vērtība = 0,0795 ir lielākas par pieņemto alfa līmeni, tomēr šo faktoru iekļaušana modelī uzlaboja tā izskaidrojošo spēju.

### 3.4. Pollarda laikapstākļu standarta novērtējums

Veicot prognozētās pieejamības salīdzinājumu starp Pollarda laikapstākļu standartam atbilstošajām temperatūras un apgaismojuma vērtību kombinācijām, pie būtiskuma līmeņa  $\alpha = 0,05$  starp standartā noteiktiem minimāli piemērotiem uzskaišu laikapstākļiem (temperatūra 13 °C un apgaismojums 60%) un hipotētiskiem “labiem” laikapstākļiem (temperatūra 33 °C un apgaismojums 100%) pastāv statistiski būtiskas atšķirības prognozētā indivīdu pieejamībā (Divpusējais  $t$ -tests ar Velča pielāgojumu:  $t_{(18,702)} = -13,707$ ;  $p$ -vērtība  $< 0,001$ ). Sezonas pieejamības izmaiņu prognožu vizuāls attēlojums visām modelī iekļautajām temperatūras un apgaismojuma vērtību kombinācijām ir sniegts 10. pielikumā.

Salīdzinot vidējās vērtības sezonas pieejamības prognozēm apgaismojuma līmenim, kas vienāds ar 40%, starp dažādām temperatūras grupām tika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības (Dispersijas analīze ar Velča pielāgojumu:  $F_{(4;42,894)} = 54,178$ ;  $p$ -vērtība  $< 0,0001$ ). Veicot grupu pāru salīdzinājumu, tika konstatēts, ka statistiski nozīmīgas atšķirības pastāv starp visiem pāriem, izņemot vienu. Vienīgais pāris, būtiski savā starpā neatšķiras, ir prognozes temperatūrai, kas ir vienāda ar 13 °C un 18 °C (Games-Howell tests: vidējo vērtību starpība ir 0,0072 (TI:  $-0,0029 - 0,0173$ );  $p$ -vērtība = 0,0173). Saskaņā ar Pollarda uzskaitē piemēroto laikapstākļu standartu temperatūra 13 °C pie apskatītā apgaismojuma līmeņa tiek klasificēta kā uzskaitē nepiemēroti laikapstākļi, tomēr 18 °C pie transektes apgaismojuma 40% jau iekļaujas standarta prasībās. Visu salīdzināto temperatūras grupu pāru vidējo starpības, to ticamības intervāli un  $p$ -vērtības ir sniegtas 11. pielikumā.



Vidējo vērtību salīdzinājums parādīja, ka pie pieņemtā būtiskuma līmeņa 23 °C temperatūrā sezonas pieejamības prognožu vidējās vērtības nozīmīgi atšķiras starp apgaismojuma grupām (Dispersijas analīze ar Velča pielāgojumu:  $F_{(5;49,768)} = 15,928$ ; p-vērtība < 0,0001). Salīdzinot grupu pārus, no 15 kombinācijām statistiski būtiskas atšķirības pastāvēja starp desmit apgaismojuma grupu pāriem, bet tieši starp pāriem no secīgi ejošām grupām, t.i., 0% un 20%, 20% un 40% utt., statistiski nozīmīgas atšķirības netika konstatētas. Visu salīdzināto apgaismojuma vērtību pāru vidējo pieejamības vērtību starpības, to ticamības intervāli un p-vērtības ir sniegtas 12. pielikumā.

Apskatot prognozētas pieejamības vizuālo salīdzinājumu dažādām temperatūras un vēja ātruma kombinācijām, redzams, ka neatkarīgi no temperatūras vērtības, palielinoties vēja ātrumam, kāpostu balteņa indivīdu pieejamība uzskaitē ievērojami samazinās. Attēlā redzams, ka, neskatoties uz augstāk aprakstīto temperatūras ietekmi, saskaņā ar prognozi augstākā temperatūrā, bet stiprākā vējā uzskaitē ir pieejama ievērojami mazāka indivīdu daļa nekā zemākā temperatūrā bezvējā (13. pielikums). Veicot mediānu vērtību salīdzinājumu, tika konstatēts, ka dažādam vēja ātrumam prognozētās pieejamības vērtības nepieder vienai ģenerālkopai (Kruskala-Volisa tests:  $\chi_{(5,570)} = 401,82$ ; p-vērtība < 0,0001) un pāru salīdzinājumā, statistiski nozīmīgas atšķirības tika konstatētas starp visiem grupu pāriem. Grupu pāru salīdzinājuma rezultāti ir sniegti 14. pielikumā.

## 4. DISKUSIJA

Bakalaura darbā tika pārbaudīta Pollarda metodes spēja nodrošināt salīdzināmu dienastauriņu sastopamības novērtējumu. Rezultāti parāda, ka abas kopējo konstatēšanas varbūtību veidojošās komponentes — varbūtība indivīdam būt pieejamam uzskaitē un varbūtība konstatēt uzskaitē pieejamo indivīdu — nozīmīgi mainās starp uzskaitēm un tajās iegūtās skaita vērtības nav salīdzināmas sava starpā. Tādējādi var secināt, ka saskaņā ar pieņēmumu, ka uzskaitītais indivīdu skaits ir patiesa skaita un (kopējas) konstatēšanas varbūtības reizinājuma rezultāts (Nowicki et al., 2008), pārbaudīto datu ietvaros Pollarda metode nenodrošina objektīvu sugas sastopamības novērtējumu. Pētījuma sākumā izvirzītā hipotēze tika apstiprināta.

### 4.1. Attāluma ietekme

Konstatēšanas varbūtības distances funkcijas grafikā tika parādīts, ka konstatēšanas varbūtība izteikti atšķiras dažādos attālumos no transektes viduslīnijas (10. attēls). Ievērojami zemāka konstatēšanas varbūtība Pollarda telpas malā nozīmē, ka – īpaši ceļmalu vai mežmalu uzskaitēs – reģistrēto indivīdu skaits ir tieši atkarīgs no tā, kā novērotājs pārvietojas pa transekti: ejot pa ceļa vidu vai veģetācijas zonā, attiecīgi – tālāk vai tuvāk no nozīmīga vides gradienta. Šī ietekme kļūst īpaši nozīmīga, ja ir spēkā pieņēmums par to, ka dienastauriņi koncentrējas ap noteiktām struktūrām, piemēram, ziedaugu joslu ceļmalā. Citā pētījumā, kas analizēja distances ietekmi uz dienastauriņu konstatēšanu atklātās dzīvotnēs, tika uzsvērts, ka Pollarda telpā analizēto sugu konstatēšanas varbūtība ir intervālā no 0,9 līdz 1 (Patterson et al., 2023). Šajā darbā iegūtajos rezultātos straujais attāluma funkcijas kritums var būt izskaidrojams ar izaicinājumu sugas noteikšanai attālumā. Kāpostu baltenis distancē ir grūti atšķirams no līdzīgas sugas — rāceņu balteņa *Pieris rapae*. Šajā pētījumā sugu novērojumi tika reģistrēti tikai tad, kad nebija šaubu par indivīda sugas piederību, pretējā gadījumā novērojumi tika reģistrēti ģints vai dzimtas līmenī, atstājot iespējas tālākai analīzei. Apskatot *Pieris* ģints nenoteiktos novērojumus, var redzēt iespējamu sakarību starp to parādīšanos distancē – palielinoties attālumam, līdzīgas sugas kļūst neatšķiramas (15. pielikums). Tomēr svarīgi ņemt vērā, ka distances efekts var būt atšķirīgs novērotājiem ar dažādu augumu un redzes asumu. Lai iegūtu universālāko funkciju, vajadzētu veidot izlasi ar novērotāju individuālajām funkcijām un rēķināt vidējo vērtību.

Vienādi pētījuma vietu salīdzinājuma rezultāti gan Pollarda sastopamības indeksam, gan novērotajam kopskaitam liecina, ka eksistējošo datu ietvaros novērotais kopskaits var

reprezentēt Pollarda sastopamības indeksu hierarhisko modeļu rezultātu salīdzinājumā, lai pieturēties pie grupām ar vienādu izlases apjomu.

Statistiski nozīmīgu atšķirību esamība starp pētījuma vietām novērotajam kopskaitam un to neesamība distances modeļa aplēstajam kopskaitam, norāda uz to, ka konstatēšanas varbūtības izmaiņas distancē atsevišķās vietās var rezultēties ar statistiski nozīmīgi samazinātu skaita novērtējumu. Neskatoties uz to, ka, analizējot populācijas tendenci, Pollarda indeksa izmaiņas gadu gaitā salīdzina vienas transektes ietvaros, svarīgi ņemt vērā, ka biotops mainās laika gaitā un distances funkcija var būt atšķirīga vienā vietā dažādos gados. Piemēram, biotopa aizaugšana ar krūmiem ietekmētu pārskatāmību, un detekcijas funkcija samazinātos straujāk. Tas norāda uz vajadzību monitoringa programmām vai nu izvēlēties vietas ar mazākām izredzēm šāda veida izmaiņām, vai arī, veidojot transektes aprakstu, reizi noteiktā laika periodā novērtēt dažādas biotopa īpašības, piemēram, veģetācijas blīvumu pa stāviem, krūmu segumu, koku lapotnes segumu utml., lai šo parametru ietekmi būtu iespējams ņemt vērā rezultātu interpretēšanā.

## **4.2. Uzskaišu apstākļu ietekme**

Kāpostu balteņa pieejamības atšķirības pētījumā aptvertajā laikā periodā sakrīt ar šīs sugas fenoloģiju Latvijas teritorijā: suga lido divās paaudzēs — pirmā no maija sākuma līdz jūnija vidum un otrā — no jūlija sākuma līdz augusta beigām, kas nedaudz pārklājas savā starpā. Arī attēlā, kas parāda prognozi sugas pieejamībai sezonas laikā (12. attēls), vislielākās pieejamības vērtības tika novērotas jūlijā vidū, kas atbilst laikam, kad novērots otras paaudzes lidošanas maksimums (Elferts and Elferte, 2024; Piterāns, 2025), savukārt nedaudz paaugstināta pieejamība jūnijā var liecināt par paaudžu savstarpējo pārklāšanos. Svarīgi uzsvērt, kā prognozētā pieejamība neatspoguļo imago indivīdu skaitu, bet gan to, vai indivīdi ir transektē un uzvedas tā, ka tos ir iespējams konstatēt. Tādējādi zemākas pieejamības vērtības nozīmē, ka mazāka daļa no transektē sastopamiem imago indivīdiem ir pieejami uzskaitēi. Zemās pieejamības vērtības vasaras sākumā un vasaras beigās var būt saistītas ar attiecīgi pirmās un otrās paaudzes indivīdu novecošanos un otrādi — lidošanas sezonas maksimumā, kad pieejamības vērtības ir visaugstākās, dabā ir visvairāk jaunu un aktīvu indivīdu. Šis rezultāts netieši sakrīt ar citu pētījumu rezultātiem, kur konstatēšanas varbūtībai tika identificēta statistiski nozīmīga saistība ar sezonas laiku, jo konstatēšanas varbūtība attiecas tieši uz uzskaitēi pieejamiem indivīdiem (Pellet, 2008; Ribeiro et al., 2016). Šie rezultāti nozīmē, ka arī pie vienāda indivīdu blīvuma dažādos sezonas laikos var tikt uzskaitīts atšķirīgs indivīdu skaits,

kas ierobežo interpolācijas pielietojumu gadījumā, kad uzskaitē ir izlaista un ir vajadzība aprēķināt aptuveno vērtību.

Saskaņā ar daudzfaktoru hierarhiskā attāluma modeļu rezultātiem dienai kopš gada sākuma pastāv statistiski nozīmīga negatīva kvadrātiskā ietekme uz indivīdu pieejamību, arī ņemot vērā, ka pieejamības varbūtības svārstību izskaidrošanai modelī tika piedāvāti arī citi, no bioloģiskā viedokļa svarīgi mainīgie — gaisa temperatūra un apgaismojums. Negatīva kvadrātiskā ietekme nozīmē, ka pieejamības līkne veido parabolai līdzīgu formu ar zariem, kas ir vērsti lejup. Tas apraksta situāciju, kad pieejamības vērtības pieaug līdz noteiktai dienai kopš gada sākuma, bet, šai vērtībai pārsniedzot noteikto sliekšni, pieejamības funkcijas vērtība sāk samazināties. Šis rezultāts demonstrē, ka dienas numurs pēc kārtas atspoguļo ne tikai sezonālo variāciju vides kovariātos (piemēram, temperatūra ir augstāka vasaras vidū), kas ietekmē indivīda aktivitāti dienas griezumā, bet arī uzkrāto vides apstākļu pieredzi, un no tā atkarīga indivīdu dzīves ciklu norise. Šis rezultāts ir saskaņā ar paradigmu par kumulatīvo temperatūras daudzuma nozīmi kukaiņu attīstībā (Gullan and Cranston, 1994, pp. 169–172).

Negatīva statistiski būtiska ietekme, kas tika konstatēta vēja ātrumam, atbilst dabā novērotai un literatūrā aprakstītai dienastauriņu uzvedībai – palielinoties vējam, tauriņi slēpjas veģetācijā, lai samazinātu siltuma zudumu (Clench, 1966). Tomēr vairākos pētījumos tika iegūti daļēji pretēji rezultāti: ka vējš līdz piecām ballēm pēc Boforta skalas (līdz 10,7 m/s) neietekmē novēroto indivīdu skaitu (Wikström et al., 2009) un ka neliels vējš ar ātrumu apmēram 6 – 10 km/h (1,67 – 2,78 m/s) pozitīvi ietekmē vairāku sugu konstatēšanas varbūtību (Kral-O'Brien et al., 2020). Tomēr šādi rezultāti var būt saistīti ar pieeju atšķirību: pētījumā, kas analizēja konstatēšanas varbūtību, aprēķinam tika izmantota programma “Distance”, kura aprēķinos neizdala pieejamību kā atsevišķu faktoru, bet uzreiz modelē kopējo konstatēšanas varbūtību. Savukārt bakalaura darbā izmantotais modelis apskata pieejamības un konstatēšanas procesus atsevišķi. Gadījumos, kad indivīdu konstatēšanas varbūtība ir ļoti augsta, zemākas pieejamības apstākļos konstatē vairāk indivīdu nekā tad, kad gan pieejamība, gan konstatēšanas varbūtība ir vienādas. Tādēļ apskatīto pētījumu rezultāti tomēr nav pretrunā ar šajā pētījumā iegūtajiem rezultātiem.

Traucējumu neesamības statistiski nozīmīgā pozitīvā ietekme uz pieejamības varbūtību var liecināt, ka kāpostu baltenis (suga ar augstu mobilitāti) aktīvi izvairās no traucējošiem faktoriem. Ir pierādīta dienastauriņu spēja izvairīties no plēsoņām (Kojima, 2022) un atsevišķos pētījumos ir piedāvāts, ka cilvēka izraisītiem traucējumiem var būt plēsonības riskam līdzīgs efekts uz indivīdu pielāgotību (Frid and Dill, 2002), kā arī ir konstatēts, ka autoceļu skaņas dienastauriņu kāpuriem izraisa fizioloģisko stresu (Davis et al., 2018). Turklāt kopumā tika

novērota kukaiņu izvairīšanās no ceļiem (Muñoz et al., 2015), kas varētu izskaidrot novēroto kāpostu balteņa izvairīšanos no traucējumu (lielākoties satiksmes) faktoriem. Tajā pašā laikā citos pētījumos uzsvērts, ka ceļi neveido nozīmīgu barjeru vai mirstības iemeslu mobilām dienastauriņu sugām un izvairīšanās no tiem nepastāv (Munguira and Thomas, 1992; Ries et al., 2001). Balstoties uz pieejamo literatūru, pieņemam, ka samazināta indivīdu pieejamība uzskaitēm ar traucējumiem ir saistīta nevis ar tiešo izvairīšanos no stresa faktoriem, bet ar kopējo aktivitātes palielināšanos. Šeit svarīgi precizēt, ka, neskatoties uz to, ka aktīvi pārvietojošos dienastauriņus ir vieglāk pamanīt, lielāka aktivitāte var samazināt pieejamību, jo ir sagaidāms, ka, atrodoties lidojumā, ir lielākas izredzes, ka indivīds izrādīs izvairīšanās uzvedību (Frid and Dill, 2002; Patterson et al., 2023). No tā izriet, ka daļa no indivīdiem varēja aizlidot prom pirms ienākšanas Pollarda telpā, tādējādi netiekot uzskaitīti.

Transektes apgaismojums un kopējais ziedošo augu projektīvais segums neizrādīja statistiski būtisku ietekmi uz indivīdu pieejamību uzskaitē, tomēr to p-vērtības ir salīdzinoši tuvas darbā pieņemtajam būtiskuma līmenim ( $\alpha = 0,05$ ), kas var norādīt uz tendenci, ka šie mainīgie ir saistīti ar pieejamības izskaidrošanu. Šāds rezultāts varētu nozīmēt, ka datus nepastāv pietiekami liela iekšējā heterogenitāte un šī mainīga efekts tika sadalīts starp citiem, daļēji korelējušiem mainīgajiem, piemēram, ziedaugu gadījumā – dienas kopš gada sākuma. Iespējams, palielinot izlases apjomu, varētu sasniegt šo pazīmju ietekmes nozīmīgumu.

### **4.3. Pollarda laikapstākļu standarta novērtējums**

Līdzsvaroto uzskaišu vadlīniju izstrādei, kas nodrošina standartizētus un savstarpēji salīdzināmus rezultātus, kas ļauj veikt precīzas prognozes, ir jābūt vienam no galvenajiem ekoloģiskā monitoringa mērķiem. Apskatot prognozētās pieejamības izmaiņas modeļos, kas indivīdu pieejamības izskaidrošanai piedāvā tikai vides mainīgos, kam Pollarda standartā vai Eiropas dienastauriņu monitoringa vadlīnijās ir noteiktas vērtību robežas, kad laikapstākļi tiek uzskatīti par uzskaitē piemērotiem, tika konstatēts, ka indivīdu pieejamība uzskaitē nav vienāda visā standartizēto laikapstākļu diapazonā. Prognozētās pieejamības vērtības būtiski atšķiras gan starp minimāli piemēroto un labvēlīgo laikapstākļu pāri, gan apgaismojuma, gan temperatūras griezumā.

Pollarda laikapstākļu standartā ir atsevišķi uzsvērts, ka temperatūrās intervālā no 13 °C līdz 17 °C uzskaites drīkst veikt tikai, ja apgaismojuma relatīvās vērtības ir 60% un vairāk. Tomēr, salīdzinot pieejamības prognozi apgaismojumam, kas vienāds ar 40%, starp dažādām temperatūras vērtībām, vienīgais pāris, kas neuzradīja statistiski būtisku atšķirību, bija prognozes 13 °C un 18 °C temperatūrai. Iegūtais rezultāts ir pretrunā ar Pollarda uzsvērumu,

ka standartā noteiktajā diapazonā laikapstākļi neietekmē uzskaitīto īpatņu skaitu, jo analizētajā apgaismojuma līmenī temperatūra 13 °C tiek klasificēta kā uzskaitē nepiemēroti apstākļi, bet 18 °C ar transektes apgaismojumu 40% jau atbilst standarta prasībām. Savukārt būtiskas atšķirības starp lielāko daļu citām temperatūras un apgaismojuma vērtību kombinācijām norāda, ka uzskaites, kas veiktas saskaņā ar Pollarda laikapstākļu kritērijiem, nenodrošina savstarpēji salīdzināmu rezultātu – pie vienāda indivīdu blīvuma uzskaitēs, kas veiktas dažādos laikapstākļos, novērotais indivīdu skaits būs atšķirīgs.

Pieejamības varbūtības paaugstināšanās temperatūras un apgaismojuma ietekmē saistīta ar poikilotermu dzīvnieku atkarību no ārējiem siltuma avotiem (Gullan and Cranston, 1994, p. 169). Savukārt statistiski būtisku atšķirību trūkums starp blakus esošām apgaismojuma vērtībām norāda uz to, ka apgaismojums neietekmē pieejamības varbūtību tik stipri, salīdzinot ar temperatūru, kas sakrīt ar grafikā novēroto izkārtojumu (10. pielikums). Novērojums, ka temperatūrai ir lielāka ietekme uz prognozēto sastopamību nekā apgaismojumam, varētu būt skaidrojams ar to, ka gaisa temperatūra definē vides apstākļus plašākā mērogā, savukārt apgaismojuma intensitāte atspoguļo apstākļu svārstības transektes ietvaros.

Statistiski nozīmīgas prognozētās pieejamības atšķirības atkarībā no dažādiem vēja ātrumiem ir atbilstošas literatūra minētajai un dabā novērotajai dienastauriņu uzvedībai, izvairoties no vēja (Clench, 1966). Tomēr tik izteiktas pieejamības izmaiņas vēja ietekmē nozīmē, ka, lai panāktu iegūto vērtību salīdzināmību, monitoringa programmās ir nepieciešams sašaurināt atļauto vēja vērtību diapazonu, pie kuras laikapstākļi ir uzskatāmi par uzskaitē piemērotiem.

Iegūtie rezultāti nozīmē, ka arī standartam atbilstošu uzskaišu rezultāti nedrīkst tikt savstarpēji salīdzināti, nepielietojot metodi, kas ļautu atdalīt ar konstatēšanas iespēju svārstībām saistītas izmaiņas no patiesās populācijas tendences.

#### **4.4. Kopējais Pollarda metodes novērtējums**

Svarīgi atzīmēt, ka pieejamības un konstatēšanas varbūtības svārstības, kas šajā darba tika analizētas atsevišķi, reālajā uzskaites procesā reizinās sava starpā. Tas nozīmē, ka šo faktoru mijiedarbība var radīt sistemātisko kļūdu, kuras lielumu šī pētījuma ietvaros nav iespējams novērtēt ierobežotā datu apjoma dēļ. Saistība ar to fenoloģiskajām īpašībām dienastauriņiem raksturīgas skaita svārstības gadu starpā (Pollard, 1988). Šādos apstākļos, aprakstītās uzskaites metodes nepilnības īstermiņa analīzē var radīt būtiskas novirzes no patiesajām tendencēm un pat iespēju iegūt pretēju populācijas prognozes virzienu (Gervasi et al., 2014).

Lai gan Pollarda metodei pastāv vairāki ierobežojumi, kuri var radīt ievērojamu sistemātisko kļūdu, tam nevajadzētu nozīmīgi ietekmēt ilgtermiņa populācijas trendu. Saskaņā ar pieņēmumu, ka novērotais skaits ir patiesā skaita un kopējās konstatēšanas varbūtības reizinājums, konstatēšanas varbūtības svārstības var ietekmēt prognozi tikai īstermiņā, bet ilgtermiņa trenda virziens joprojām būs pakļauts patiesā skaita izmaiņām. Šādā gadījumā nevienāda konstatēšanas varbūtība tikai veidos statistisko troksni un paplašinās trenda ticamības intervālu. Tas ir saistīts ar to, ka veicot uzskaiti ar Pollarda metodi, nav iespējams iegūt pārvērtēto novērtējumu – Pollarda sastopamības indekss nevar kļūt lielāks par patieso skaitu. Tādējādi, ja monitoringa mērķis ir gūt priekšstatu par kopējo populāciju trendu virzienu, pielietojot minimālus resursus, kas var būt viens no izšķirošajiem faktoriem liela mēroga monitoringa programmās, Pollarda metode ir piemērota. Ja tomēr pastāv nepieciešamība veikt precīzu izmaiņu novērtējumu, tad attālumu joslu pievienošana Pollarda telpai un vismaz daļas vides kovariātu reģistrēšana ļaus iegūt daudz padziļinātāku priekšstatu par skaita svārstību likumsakarībām.

#### **4.5. Analīzes ierobežojumi un datu kvalitātes novērtējums**

Meža-ceļa ekotons kā pētījuma biotops ir izvēlētas gan nepieciešamības pēc pietiekama datu apjoma dēļ, gan saistībā ar to, ka ilgtermiņā monitoringa programmās transektes nereti tiek izvietotas tieši ceļmalās vienkāršākas pārvietošanas dēļ. Tomēr transektes izvietošana paralēli vides gradientam var radīt neprecizitātes veiktajās prognozēs, jo sugas blīvums apsekotajā telpā ir nevienmērīgs. Kā arī dienastauriņu koncentrēšanās ap ziedu joslu varētu radīt novirzes no paņēmiena, ka uz transektes līnijas tiek konstatēti visi indivīdi, bet, palielinoties attālumam, konstatēšanas varbūtība samazinās. Tādējādi distances funkcijas virsotne tiek nobīdīta tālāk pa x asi (Buckland et al., 2001, pp. 29–34). Neskatoties uz to, tas nav attiecināms uz analizēto sugu tās aktīvās pārvietošanās dēļ, tas var ietekmēt citas datus pārstāvētas sugas. Turklāt, tā kā transekšu izvēlē netika pielietoti kritēriji attālumam no meža, kas var ietekmēt novēroto indivīdu skaitu caur veģetācijas gradientu, iegūtā attāluma funkcija var radīt lielāku nenoteiktību horizontālā virzienā, tomēr saistībā ar izaicinājumiem sugas noteikšanā tam, visticamāk, nav izteikti jāietekmē izvēlētas sugas rezultātus.

Neskatoties uz vētru, kas nopietni skāra Ķemeru Nacionālo parku, balstoties uz fenoloģijas līkni, pieņemu, ka tas neietekmēja analizētās sugas sastopamību. Tādēļ, ņemot vērā mazo kopējo izlases apjomu, Ķemeru novērojumi netika izņemti no analīzes. Tomēr, lai turpmāk izvairītos no potenciāliem novirzēm rezultātos, būtu svarīgi veidot analizējamo izlasi tā, lai pēc iespējas novērstu modeļos neiekļautu faktoru ietekmi uz sugas sastopamību.

Attālums starp transektēm, kas vienāds ar 200 metriem, tika izvēlēts kā kompromiss, starp vajadzību nodrošināt transekšu savstarpējo neatkarību un iespēju apsekt nepieciešamo pseidoreplikantu skaitu. Kāpostu baltenis ir ļoti mobila suga, un ir iespējams, ka daži indivīdi varēja pārvietoties starp transektēm uzskaišu veikšanas periodā. Tomēr ir sagaidāms, ka tādu gadījumu īpatsvars ir salīdzinoši neliels.

Iemesls kāpēc temperatūrai nav statistiski būtiska ietekme, neskatoties uz tās bioloģisko lomu, var būt nepietiekama nepiemērotu vērtību pārstāvēšana datos. Kad visas vērtības ir vairāk vai mazāk līdzīgas, to ietekme var neizpausties pietiekami spēcīgi, lai tiktu konstatēta nozīmīga saistība.

Lai iegūtu precīzu prognozi, izmantojot hierarhiskus modeļus ir nepieciešams ļoti liels izlases apjoms. Šajā pētījumā veikto uzskaišu skaits un to apstākļu daudzveidība var dot tikai ierobežotu ieskatu apskatītajos procesos. Šī iemesla dēļ, iegūtos rezultātus nevajadzētu interpretēt kvantitatīvi. Veicot populācijas stāvokļa novērtējumu ar hierarhiskiem modeļiem, ir īpaši jāuzmanās ar skaita aplēšu veikšanu, jo visi izmantotās metodes priekšnosacījumu pārkāpumi var novest pie nozīmīgas kļūdas populācijas tendenču prognozē. Atšķirībā no Pollarda indeksa modelēts kopskaits var radīt pārspīlēti lielus rezultātus, ja kāds no priekšnosacījumiem nav izpildīts vai notikuši pārkāpumi uzskaites protokola izpildē. Tomēr iegūtie rezultāti dot kvalitatīvu priekšstatu par Pollarda metodes trūkumiem pētītajā laika un telpas diapazonā.

#### **4.6. Pētījuma turpināšana**

Turpinot pētniecību šajā virzienā, būtu vērts atkārtoti veikt uzskaites arī nākamajā sezonā, izmantojot šo pašu pētījuma dizainu. Tas ļautu iegūtu lielāku izlasi, kā arī iespēju salīdzināt transektes Pollarda indeksus atbilstoši tā mērķim — gadu starpā. Turklāt vairākās vides pazīmes, kas tika novērtētās uzskaišu veikšanas laikā, netika izmantotas analizē, jo tām bija nepietiekama izlases heterogenitāte vai kategorisko pazīmju gadījumā — grupas bija ekstrēmi nelīdzsvarotas savā starpā. Palielinot izlases apjomu, iespējams, arī tādas pazīmes varētu iekļaut analizē un novērtēt dienastauriņu pieejamību atkarībā no: spāru klātbūtnes (plēsonības ietekme), veģetācijas sausuma, transektē notikušām izmaiņām, tās mehāniskiem bojājumiem, ka arī pilnvērtīgi novērtēt pļaušanas ietekmi.

Vēl viens svarīgs aspekts, analizējot indivīdu pieejamību, ir uzvedība. Literatūrā ir minēts, ka konstatēšanas varbūtība atšķiras indivīdiem ar dažādu uzvedības veidu (Kral-O'Brien et al., 2020), un saistībā ar to tika gaidīts, ka dažādām uzvedības kategorijām konstatēšanas varbūtības izmaiņas ar attālumu arī notiks atšķirīgi. Tas daļēji tika apstiprināts,



veicot datu pārskatu – dažādu uzvedības kategoriju novērojumi tika sadalīti atšķirīgi pa attālumu joslām. Šādā gadījumā atsevišķa modelēšana katrai uzvedības kategorijai varētu būt labs risinājums, lai iegūtu precīzāku pieejamības un konstatēšanas varbūtības prognozi. Tomēr šī pētījuma ietvaros šādu pieeju nebija iespējams īstenot nelielā novērojumu apjoma dēļ. Apskatot iespējas pētījuma turpināšanai, izvirzu divas jaunas **hipotēzes**:

**Pirmā:** ka kāpostu balteņa sedentārām uzvedības kategorijām (barojas uz auga, barojas uz zieda) detekcijas funkcijas kritums notiks lielākā attālumā nekā kustīgām kategorijām (uzturas lokāli, pārojas, lido garām), kas ir saistīts ar izaicinājumiem līdzīgu sugu atšķiršanā.

Savukārt **otrā** — ka krūkļu baltenim *Gonepteryx rhamni* kā nesajaucamai sugai būs novērojams pretējs efekts — sedentāras uzvedības kategorijas tiks daudz mazāk konstatētas lielākā attālumā nekā kustībā esoši indivīdi, kas būtu skaidrojams ar objekta kustības ietekmi uz pamanīšanas iespējam.

## SECINĀJUMI

1. Kāpostu balteņa konstatēšanas varbūtība nav vienāda visā Pollarda uzskaites telpā.
2. Indivīdu pieejamību uzskaitē nozīmīgi ietekmē apstākļi, kuros ir notikusi uzskaitē.
3. Pollarda «uzskaitē piemēroto laikapstākļu» standarts nenodrošina iegūto vērtību salīdzināmību apskatītā telpas un laika diapazonā.

## PATEICĪBAS

Liels paldies darba vadītājam lekt., Mg. biol. Kristapam Vilkam par apmācību uzskaišu veikšanā. Īpašu pateicību izsaku Dr. biol. Andrim Avotiņam par palīdzību visos šī pētījuma tapšanas posmos un manis apmācīšanu datu analīzes jomā.

Paldies arī Mg. biol. Dagmārai Čakstiņai, asoc.prof., Dr.biol. Aināram Auniņam un lekt., Mg. biol. Rūtai Starkai par nepieciešamo mācību un tehnisko līdzekļu nodrošināšanu, konsultācijām un atbalstu darba tapšanas laikā.

Darbs izstrādāts ar Valsts pētījumu programmas “Bioloģiskās daudzveidības prioritāro rīcību programmā noteikto pētījumu izstrāde” projekta “Augstas izšķirtspējas bioloģiskās daudzveidības kvantificēšana dabas saglabāšanai un apsaimniekošanai: HiQBioDiv” (VPP-VARAM-DABA-2024/1-0002) atbalstu.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Aizen, M. A., L. A. Garibaldi, and L. Harder, 2022, Myth and reality of a global crisis for agricultural pollination: doi:10.25260/EA.22.32.2.1.1875.
- Alban, D. H., 1982, Effects of Nutrient Accumulation by Aspen, Spruce, and Pine on Soil Properties: *Soil Science Society of America Journal*, v. 46, no. 4, p. 853–861, doi:10.2136/sssaj1982.03615995004600040037x.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers, and L. Thomas, 2001, *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*: Oxford University Press, 431 p., doi:10.1093/oso/9780198506492.002.0001.
- Butterfly Conservation Europe, 2025, Butterfly Monitoring | European Butterfly Monitoring: <<https://butterfly-monitoring.net/BMS>> (accessed April 19, 2025).
- Capinera, J. L. (ed.), 2008, *Encyclopedia of Entomology*: Dordrecht, Springer Dordrecht, 4346 p.
- Chandler, R. B., J. A. Royle, and D. I. King, 2011, Inference about density and temporary emigration in unmarked populations: *Ecology*, v. 92, no. 7, p. 1429–1435, doi:10.1890/10-2433.1.
- Clench, H. K., 1966, Behavioral Thermoregulation in Butterflies: *Ecology*, v. 47, no. 6, p. 1021–1034, doi:10.2307/1935649.
- Crone, E. E., E. M. Pelton, L. M. Brown, C. C. Thomas, and C. B. Schultz, 2019, Why are monarch butterflies declining in the West? Understanding the importance of multiple correlated drivers: *Ecological Applications*, v. 29, no. 7, p. e01975, doi:10.1002/eap.1975.
- Davis, A. K., H. Schroeder, I. Yeager, and J. Pearce, 2018, Effects of simulated highway noise on heart rates of larval monarch butterflies, *Danaus plexippus*: implications for roadside habitat suitability: *Biology Letters*, v. 14, no. 5, p. 20180018, doi:10.1098/rsbl.2018.0018.
- Dennis, R. L. H., L. Dapporto, T. G. Shreeve, E. John, J. G. Coutsis, O. Kudrna, K. Saarinen, N. Ryrholm, and W. R. (Bob) Williams, 2008, Butterflies of European islands: the implications of the geography and ecology of rarity and endemism for conservation: *Journal of Insect Conservation*, v. 12, no. 3, p. 205–236, doi:10.1007/s10841-008-9148-3.
- Dennis, R. L. H., W. R. Williams, and T. G. Shreeve, 1991, A multivariate approach to the determination of faunal structures among European butterfly species (Lepidoptera: Rhopalocera): *Zoological Journal of the Linnean Society*, v. 101, no. 1, p. 1–49, doi:10.1111/j.1096-3642.1991.tb00884.x.
- Edwards, C. B. et al., 2025, Rapid butterfly declines across the United States during the 21st century: *Science*, v. 387, no. 6738, p. 1090–1094, doi:10.1126/science.adp4671.

- Eiropas Savienības Padome, 1992, Padomes Direktīva 92/43/EEK par dabisko dzīvotņu, savvaļas faunas un floras aizsardzību: <<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj/lav>> (accessed April 20, 2025).
- Elferts, D., and S. Elferte, 2024, Latvijas dienastauriņi.
- Espeland, M. et al., 2018, A Comprehensive and Dated Phylogenomic Analysis of Butterflies: *Current Biology*, v. 28, no. 5, p. 770-778.e5, doi:10.1016/j.cub.2018.01.061.
- Fattorini, S., R. L. H. Dennis, and L. M. Cook, 2011, Conserving organisms over large regions requires multi-taxa indicators: One taxon's diversity-vacant area is another taxon's diversity zone: *Biological Conservation*, v. 144, no. 5, p. 1690–1701, doi:10.1016/j.biocon.2011.03.002.
- Frid, A., and L. Dill, 2002, Human-caused Disturbance Stimuli as a Form of Predation Risk: *Conservation Ecology*, v. 6, no. 1.
- Gervasi, V., H. Brøseth, O. Gimenez, E. B. Nilsen, and J. D. C. Linnell, 2014, The risks of learning: confounding detection and demographic trend when using count-based indices for population monitoring: *Ecology and Evolution*, v. 4, no. 24, p. 4637–4648, doi:10.1002/ece3.1258.
- Ghazanfar, M., M. Faheem Malik, M. Hussain, R. Iqbal, and M. Younas, 2016, Butterflies and their contribution in ecosystem: A review: v. 4, no. 2, p. 115–118.
- Greiser, C., L. von Schmalensee, O. Lindestad, K. Gotthard, and P. Lehmann, 2022, Microclimatic variation affects developmental phenology, synchrony and voltinism in an insect population: *Functional Ecology*, v. 36, no. 12, p. 3036–3048, doi:10.1111/1365-2435.14195.
- Grill, A., D. Polic, E. Guariento, and K. Fiedler, 2020, Permeability of habitat edges for Ringlet butterflies (Lepidoptera, Nymphalidae, *Erebia* Dalman 1816) in an alpine landscape: *Nota lepidopterologica*, v. 43, p. 29–41.
- Gullan, P. J., and P. S. Cranston, 1994, *The Insects. An Outline of Entomology.*: London, 491 p.
- Jonko, C., 2025, Lepidoptera EU: <<https://lepidoptera.eu/listSpecies/LV>> (accessed April 19, 2025).
- Jūrmalas avīze, 2024, Jūrmalas avīze - Vētras postījumi – 11 miljonu eiro apmērā: Jūrmalas valstspilsētas pašvaldības izdevums 2024. gada 13. augusts Nr. 7/221.
- Kéry, M., and A. Royle, 2015, *Applied Hierarchical Modeling in Ecology: Analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS.*
- Kivelä, S. M., M. Friberg, C. Wiklund, and K. Gotthard, 2017, Adaptive developmental plasticity in a butterfly: mechanisms for size and time at pupation differ between diapause and direct development: *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 122, no. 1, p. 46–57, doi:10.1093/biolinnean/blx047.
- Kojima, W., 2022, Fearless distasteful butterflies and timid mimetic butterflies: comparison of flight initiation distances in Papilioninae: *Biology Letters*, v. 18, no. 5, p. 20220145, doi:10.1098/rsbl.2022.0145.

- Kral-O'Brien, K. C., B. M. Karasch, T. J. Hovick, R. A. Moranz, and J. P. Harmon, 2020, Morphological traits determine detectability bias in North American grassland butterflies: *Ecosphere*, v. 11, no. 12, p. e03304, doi:10.1002/ecs2.3304.
- Kremen, C., 1992, Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring: *Ecological Applications*, v. 2, no. 2, p. 203–217, doi:10.2307/1941776.
- Kuussaari, M., J. Heliölä, J. Pöyry, and K. Saarinen, 2007, Contrasting trends of butterfly species preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in northern Europe: *Journal of Insect Conservation*, v. 11, no. 4, p. 351–366, doi:10.1007/s10841-006-9052-7.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. Bailey, and J. E. Hines, 2017, *Occupancy Estimation and Modeling Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*: Academic Press, 648 p.
- Maes, D., and H. Van Dyck, 2005, Habitat quality and biodiversity indicator performances of a threatened butterfly versus a multispecies group for wet heathlands in Belgium: *Biological Conservation*, v. 123, p. 177–187, doi:10.1016/j.biocon.2004.11.005.
- McGeogh, M. A., 1998, The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators: *Biological Reviews*, v. 73, no. 2, p. 181–201, doi:10.1111/j.1469-185X.1997.tb00029.x.
- Ministru kabineta noteikumi Nr.396, 2000, Noteikumi par īpaši aizsargājamo sugu un ierobežoti izmantojamo īpaši aizsargājamo sugu sarakstu:  
<<https://likumi.lv/doc.php?id=12821>> (accessed April 20, 2025).
- Ministru kabinets, 2012, Noteikumi par mikroliegumu izveidošanas un apsaimniekošanas kārtību, to aizsardzību, kā arī mikroliegumu un to buferzonu noteikšanu:  
<<https://likumi.lv/doc.php?id=253746>> (accessed April 20, 2025).
- Mulder, C., T. Aldenberg, D. de Zwart, H. J. van Wijnen, and A. M. Breure, 2005, Evaluating the impact of pollution on plant–Lepidoptera relationships: *Environmetrics*, v. 16, no. 4, p. 357–373, doi:10.1002/env.706.
- Munguira, M., E. García-Barros, and J. Cano, 2009, Butterfly herbivory and larval ecology, *in* *Ecology of Butterflies in Europe*: p. 43–54.
- Munguira, M. L., and J. A. Thomas, 1992, Use of Road Verges by Butterfly and Burnet Populations, and the Effect of Roads on Adult Dispersal and Mortality: *Journal of Applied Ecology*, v. 29, no. 2, p. 316–329, doi:10.2307/2404501.
- Muñoz, P. T., F. P. Torres, and A. G. Megías, 2015, Effects of roads on insects: a review: *Biodiversity and Conservation*, v. 24, no. 3, p. 659–682, doi:10.1007/s10531-014-0831-2.
- van Nieuwerkerken, E. J. et al., 2011, Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*: *Zootaxa*, v. 3148, no. 1, doi:10.11646/zootaxa.3148.1.41.

- Nowicki, P., J. Settele, P.-Y. Henry, and M. Woyciechowski, 2008, Butterfly Monitoring Methods: The ideal and the Real World: *Israel Journal of Ecology and Evolution*, v. 54, p. 69–88, doi:10.1560/IJEE.54.1.69.
- Patterson, S., J. Harris, S. Dinsmore, and K. Kinkead, 2023, Evaluating differences in density estimation for central Iowa butterflies using two methodologies: *PeerJ*, v. 11, p. e16165, doi:10.7717/peerj.16165.
- Pellet, J., 2008, Seasonal variation in detectability of butterflies surveyed with Pollard walks: *Journal of Insect Conservation*, v. 12, no. 2, p. 155–162, doi:10.1007/s10841-007-9075-8.
- Piterāns, U., 2025, <https://www.cerambyx.lv/>:  
<<https://www.cerambyx.lv/Latvijas%20kukai%C5%86i/Lepidoptera/index.html>>  
(accessed June 28, 2024).
- Pollard, E., 1977, A method for assessing changes in the abundance of butterflies: *Biological Conservation*, v. 12, no. 2, p. 115–134, doi:10.1016/0006-3207(77)90065-9.
- Pollard, E., 1988, Temperature, Rainfall and Butterfly Numbers: *Journal of Applied Ecology*, v. 25, p. 819–828, doi:http://dx.doi.org/10.2307/2403748.
- Prendergast, J. R., and B. C. Eversham, 1997, Species richness covariance in higher taxa: empirical tests of the biodiversity indicator concept: *Ecography*, v. 20, no. 2, p. 210–216, doi:10.1111/j.1600-0587.1997.tb00363.x.
- Ribeiro, D. B., M. R. Williams, A. Specht, and A. V. L. Freitas, 2016, Vertical and temporal variability in the probability of detection of fruit-feeding butterflies and moths (Lepidoptera) in tropical forest: *Austral Entomology*, v. 55, no. 1, p. 112–120, doi:10.1111/aen.12157.
- Ries, L., D. M. Debinski, and M. L. Wieland, 2001, Conservation Value of Roadside Prairie Restoration to Butterfly Communities: *Conservation Biology*, v. 15, no. 2, p. 401–411, doi:10.1046/j.1523-1739.2001.015002401.x.
- Roe, A. et al., 2009, Evolutionary framework for lepidoptera model systems, *in* *Molecular Biology and Genetics of the Lepidoptera*: p. 1–24, doi:10.1201/9781420060201.
- Rytteri, S., M. Kuussaari, and M. Saastamoinen, 2021, Microclimatic variability buffers butterfly populations against increased mortality caused by phenological asynchrony between larvae and their host plants: *Oikos*, v. 130, no. 5, p. 753–765, doi:10.1111/oik.07653.
- Savenkovs, N., and I. Šulcs, 2010, *Latvijas tauriņi: katalogs. Latvian Lepidoptera: Catalogue: Tallinn, Estonia, Eesti Lepidopteroloogide Selts*, ISBN: 978-9949-21-507-2.
- Schlegel, J., 2022, Butterflies benefit from forest edge improvements in Western European lowland forests, irrespective of adjacent meadows' use intensity: *Forest Ecology and Management*, v. 521, p. 120413, doi:10.1016/j.foreco.2022.120413.
- Segre, H., D. Kleijn, I. Bartomeus, M. F. WallisDeVries, M. de Jong, M. Frank van der Schee, J. Román, and T. P. M. Fijen, 2023, Butterflies are not a robust bioindicator for assessing pollinator communities, but floral resources offer a promising way forward: *Ecological Indicators*, v. 154, p. 110842, doi:10.1016/j.ecolind.2023.110842.

- Settele, J., R. Steiner, R. Reinhardt, R. Feldmann, and G. Hermann, 2015, Schmetterlinge: Die Tagfalter Deutschland [The Butterflies of Germany]: 256 p.
- Sharma, M., 2017, Suitability of Butterflies as Indicators of Ecosystem Condition: A Comparison of Butterfly Diversity across four habitats in Gir Wildlife Sanctuary: International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, v. 4, p. 43–53, doi:10.22192/ijarbs.2017.04.03.005.
- Stuhldreher, G., G. Hermann, and T. Fartmann, 2014, Cold-adapted species in a warming world – an explorative study on the impact of high winter temperatures on a continental butterfly: Entomologia Experimentalis et Applicata, v. 151, no. 3, p. 270–279, doi:10.1111/eea.12193.
- van Swaay, C. A. M. et al., 2010, European Red List of butterflies: IUCN.
- van Swaay, C. et al., 2015, Guidelines for Standardized Global Butterfly Monitoring: doi:10.13140/RG.2.1.1610.8885.
- Teder, T., 2020, Phenological responses to climate warming in temperate moths and butterflies: species traits predict future changes in voltinism: v. 129, no. 7.
- Warren, M. S., D. Maes, C. A. M. van Swaay, P. Goffart, H. Van Dyck, N. A. D. Bourn, I. Wynhoff, D. Hoare, and S. Ellis, 2021, The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions: Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 118, no. 2, p. e2002551117, doi:10.1073/pnas.2002551117.
- Watt, A. D., N. E. Stork, and M. D. Hunter, 1997, Forests and Insects: Springer Science & Business Media, 440 p.
- Wiemers, M. et al., 2018, An updated checklist of the European Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea): ZooKeys, v. 811, p. 9–45, doi:10.3897/zookeys.811.28712.
- Wikström, L., P. Milberg, and K.-O. Bergman, 2009, Monitoring of butterflies in semi-natural grasslands: diurnal variation and weather effects: Journal of Insect Conservation, v. 13, no. 2, p. 203–211, doi:10.1007/s10841-008-9144-7.
- Бей-Биенко, Г. Я., 1980, Общая энтомология: Биология размножения и развития насекомых.: Москва, Высшая школа, 496 p.

#### **Atsauces uz izmantoto programmatūru un datubāzēm**

- Almeida, A., A. Loy, and H. Hofmann, 2018, ggplot2 Compatible Quantile-Quantile Plots in R, version 0.0.6: v. 10, no. 2, p. 248–261, doi:https://doi.org/10.32614/RJ-2018-051.
- Fox, J., and S. Weisberg, 2019, An R Companion to Applied Regression. Third edition, version 3.1.3: Thousand Oaks CA., Sage.
- Grolemund, G., and H. Wickham, 2011, Dates and Times Made Easy with lubridate, version 1.9.4: v. 40, no. 3, p. 1–25, doi:https://www.jstatsoft.org/v40/i03/.



- Kassambara, A., 2023, rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests, version 0.7.2.
- Kellner, K. F., A. D. Smith, J. A. Royle, M. Kery, J. L. Belant, and R. B. Chandler, 2023, The unmarked R package: Twelve years of advances in occurrence and abundance modelling in ecology, version 1.5.0: v. 14, no. 6, p. 1–23, doi:<https://doi.org/10.1111/2041-210X.14123>.
- LVM GEO, 2024, Dati - LVM GEO: <<https://www.lvmgeo.lv/dati>> (accessed April 30, 2025).
- Massicotte, P., and A. South, 2023, rnaturalearth: World Map Data from Natural Earth, version 1.0.1.
- Microsoft Corporation, 2021, Microsoft Excel.
- Pebesma, E., and R. Bivand, 2018, Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data, version 1.0.21: v. 10, no. 1, p. 439–446, doi:<https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>.
- Posit team, 2025, RStudio: Integrated Development Environment for R: Posit Software, PBC.
- R Core Team, 2024, A Language and Environment for Statistical Computing\_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Wei, T., and V. Simko, 2024, R package “corrplot”: Visualization of a Correlation Matrix, version 0.95.
- Wickham, H., 2023, forcats: Tools for Working with Categorical Variables (Factors), version 1.0.0.
- Wickham, H., 2016, ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, version 3.5.2: Springer-Verlag New York.
- Wickham, H., and J. Bryan, 2025, readxl: Read Excel Files. R package version 1.4.5.
- Wickham, H., R. François, L. Henry, K. Müller, and D. Vaughan, 2023, dplyr: A Grammar of Data Manipulation, package version 1.1.4.
- Wickham, H., D. Vaughan, and M. Girlich, 2024, tidyr: Tidy Messy Data, version 1.3.1.

PIELIKUMI

1. pielikums

Saite GitHub repozitorijam, datu un komandrindu piekļuvei.

Appendix 1

Link to GitHub repository, for data and command line access.

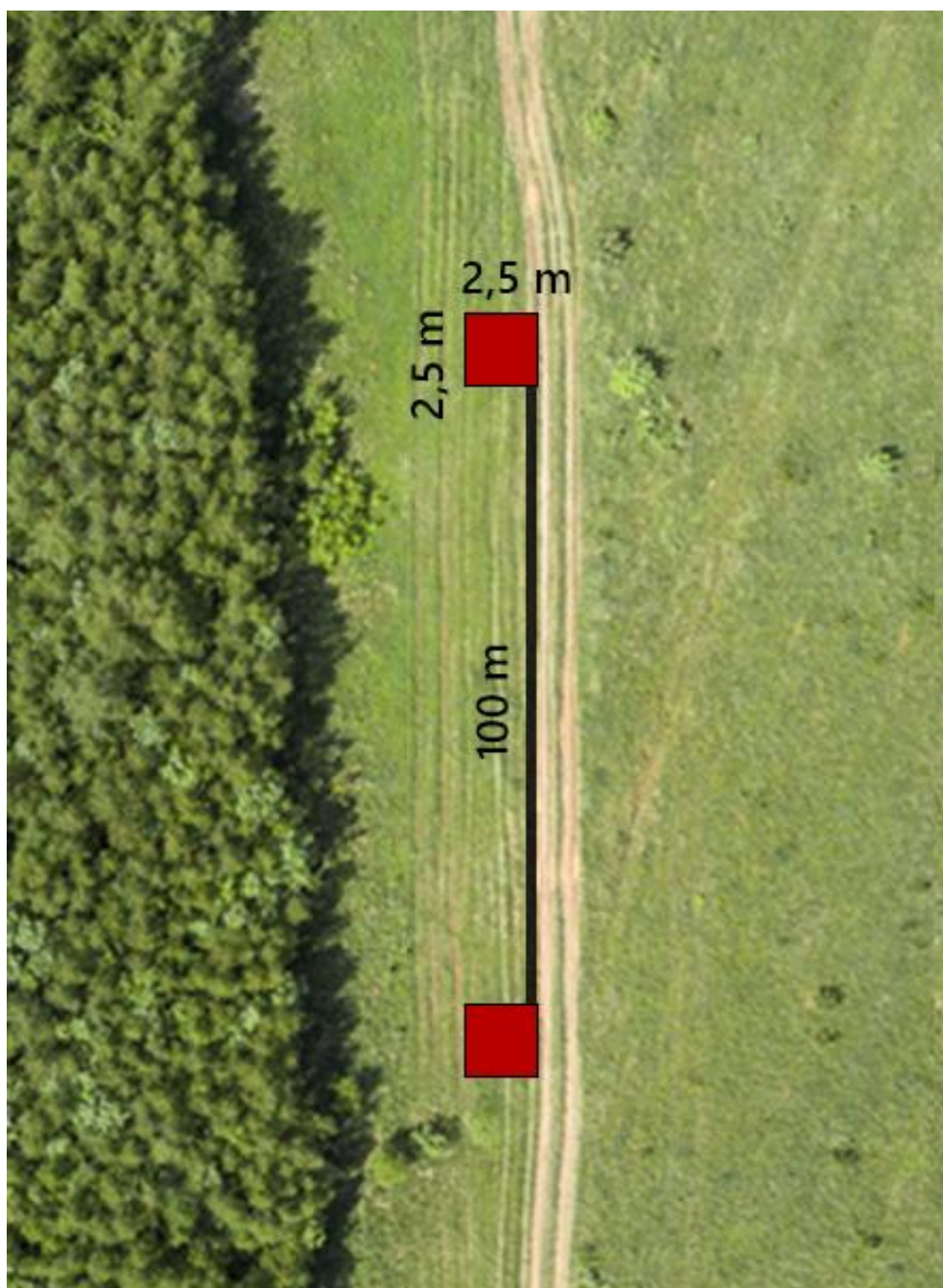
<https://github.com/jekaterina-butkevica/Bakalaura-darbs.git>

## 2. pielikums

Transektes un parauglaukumu izvietojuma shēma. Melna līnija apzīmē transektes viduslīniju, sarkanie kvadrāti – parauglaukumus.

### Appendix 2

Transect and plot scheme. The black line is the transect mid-line, the red squares - the sample plots.



Attēls tika modificēts, oriģinālā attēla avots: Adobe Stock 376700439

Image modified, original image source: Adobe Stock 376700439

3. pielikums

Tipisku transekšu piemēri.

Appendix 3

Examples of typical transects.

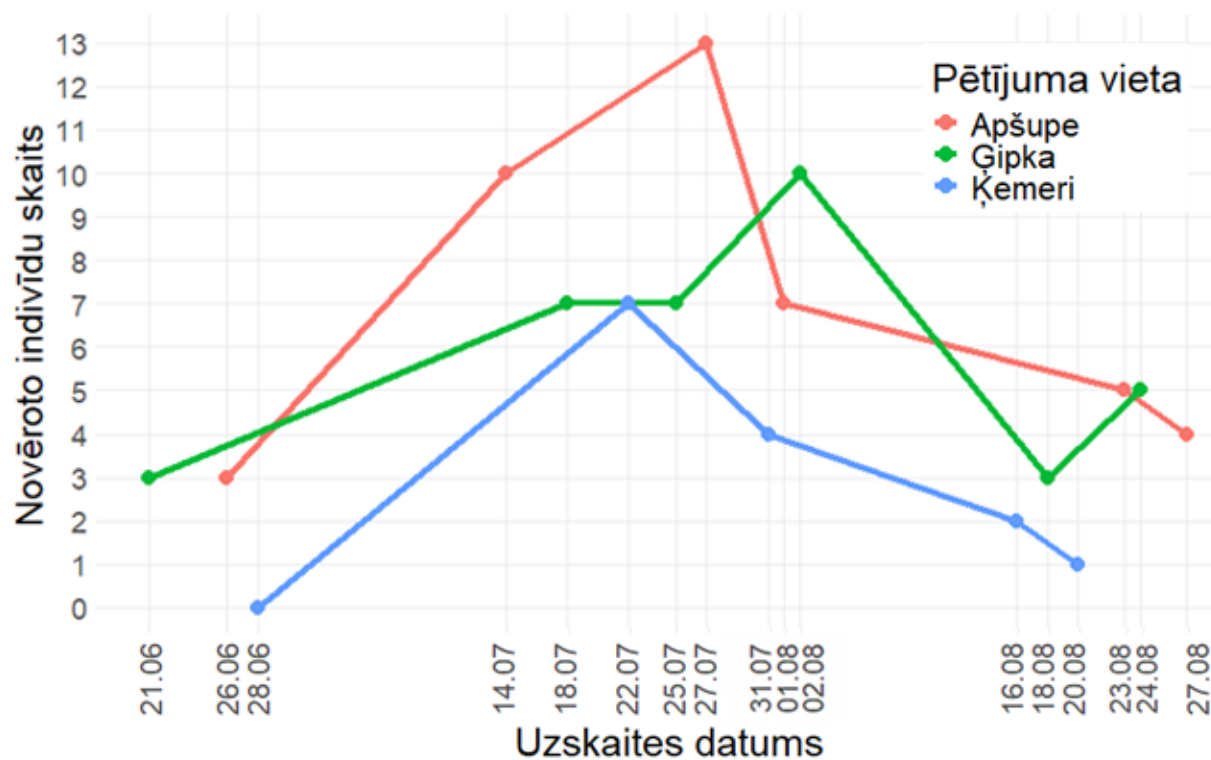


#### 4. pielikums

Kāpostu balteņa fenoloģijas līkne katrai pētījuma vietai.

#### Appendix 4

The large white phenology line graph for each survey site.



## 5. pielikums

Nulles modeļu salīdzinājums pēc AIC kritērija. Ar pelēko krāsu izcelts izvēlētais modelis.

### Appendix 5

A comparison of the null models according to the AIC criterion. The selected model is highlighted in grey.

Nulles modeļa formula The formula for the null model	AIC kritērija vērtība AIC criterion value
<code>gdistsamp(~1, ~1, ~1, keyfun = "halfnorm", mixture = "P")</code>	735.1955
<code>gdistsamp(~1, ~1, ~1, keyfun = "hazard", mixture = "P")</code>	730.4182
<code>gdistsamp(~1, ~1, ~1, keyfun = "halfnorm", mixture = "NB")</code>	683.3866
<code>gdistsamp(~1, ~1, ~1, keyfun = "hazard", mixture = "NB")</code>	678.6092



## 6. pielikums

Sezonalitātes modeļu salīdzinājums pēc AIC kritērija. Ar pelēko krāsu izcelts izvēlētais modelis.

### Appendix 6

Comparison of seasonal pattern models according to the AIC criterion. The selected model is highlighted in grey.

Modeļa formula The formula for the model	AIC kritērija vērtība AIC criterion value
<b>Izvēlētais nulles modelis</b> <b>The chosen null model</b>	<b>AIC: 678.6092</b>
distsamp(~1,  ~1+I(scale(Jday)^2) + scale(Jday), ~1, ...)	p-value* < <b>0,0001</b> (Intercept**) AIC: 668.0225 < <b>0,001</b> 0,1141
gdistsamp(~1,  ~1+I(scale(Jday)^2) + ~1, ...)	p-value AIC: 668.5932 < <b>0,0001</b> (Intercept) < <b>0,01</b>
gdistsamp(~1, ~1+I(scale(Jday)^2) : scale(Jday), ~1, ...)	p-value AIC: 679.3602 < <b>0,0001</b> (Intercept) 0,2789

\* p-value/ p-vērtība

\*\* Intercept/ brīvais loceklis



Uzskaišu apstākļu modeļu salīdzinājums pēc AIC kritērija. Izvēlētais modelis izcelts pelēkā krāsā.

## Appendix 7

Comparison of models of environmental conditions according to the AIC criterion. The selected model is highlighted in grey.

Modeļa formula The formula for the model	AIC kritērija vērtība AIC criterion value
<b>Izvēlētais nulles modelis</b> <b>The chosen null model</b>	<b>AIC: 678.6092</b>
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	642.4741
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + temperatūra + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	643.7460
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + I(temperatūra <sup>2</sup> ) + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	643.7234
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	644.1765
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + Jday + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	644.4507
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + I(temperatūra <sup>2</sup> ) + pļaušana + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	645.5324
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + I(temperatūra <sup>2</sup> ) + bojājumi + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	645.5324
(~1, ~1 + I(Jday <sup>2</sup> ) + I(temperatūra <sup>2</sup> ) + makoņainība + apgaismojums + ziedu summa + vēja ātrums + traucējumi, ~1)	645.7227

Visi modeļos iekļautie skaitliskie mainīgie tika standartizēti ar scale() funkciju, kas nav iekļauta tabulā vietas taupības dēļ.

All numerical variables included in the models were standardized with the scale() function, which is not included in the table for reasons of space.

## 8. pielikums

Apgaismojuma modeļu salīdzinājums pēc AIC kritērija. Izvēlētais modelis izcelts pelēkā krāsā.

## Appendix 8

Comparison of daylight models according to AIC criteria. The selected model is highlighted in grey.

Modeļa formula	AIC kritērija vērtība
<b>Izvēlētais nulles modelis</b>	<b>AIC: 678.6092</b>
(~1, ~1+I(Jday^2) + temperatūra + I(temperatūra^2) + apgaismojums, ~1)	657.0908
(~1, ~1 + I(Jday^2) + Jday + temperatūra + I(temperatūra^2) + apgaismojums, ~1)	657.8566
(~1, ~1+I(Jday^2) + I(temperatūra^2) + apgaismojums, ~1)	659.4737
(~1, ~1 + I(Jday^2) + I(temperatūra^2) + apgaismojums + I(apgaismojums^2), ~1)	661.4687

Visi modeļos iekļautie skaitliskie mainīgie tika standartizēti ar scale() funkciju, kas nav iekļauta tabulā vietas taupības dēļ.

All numerical variables included in the models were standardized with the scale() function, which is not included in the table for reasons of space.

.

Vēja modeļu salīdzinājums pēc AIC kritērija. Izvēlētais modelis izcelts pelēkā krāsā.

## Appendix 9

Comparison of wind models according to AIC criteria. The selected model is highlighted in grey.

Modeļa formula	AIC kritērija vērtība
<b>Izvēlētais nulles modelis</b>	<b>AIC: 678.6092</b>
(~1, ~1+I(Jday^2) + I(temperatūra^2) + temperatūra + vēja ātrums, ~1)	651.3184
(~1, ~1+I(Jday^2) + I(temperatūra^2) + vēja ātrums, ~1)	651.4995
(~1, ~1, + I(Jday^2) + I(temperatūra^2) + temperatūra + I(vēja ātrums^2) + vēja ātrums, ~1)	653.0096
(~1, ~1 + I(Jday^2) + Jday + temperatūra + I(temperatūra^2) + vēja ātrums, ~1)	653.0187

Visi modeļos iekļautie skaitliskie mainīgie tika standartizēti ar scale() funkciju, kas nav iekļauta tabulā vietas taupības dēļ.

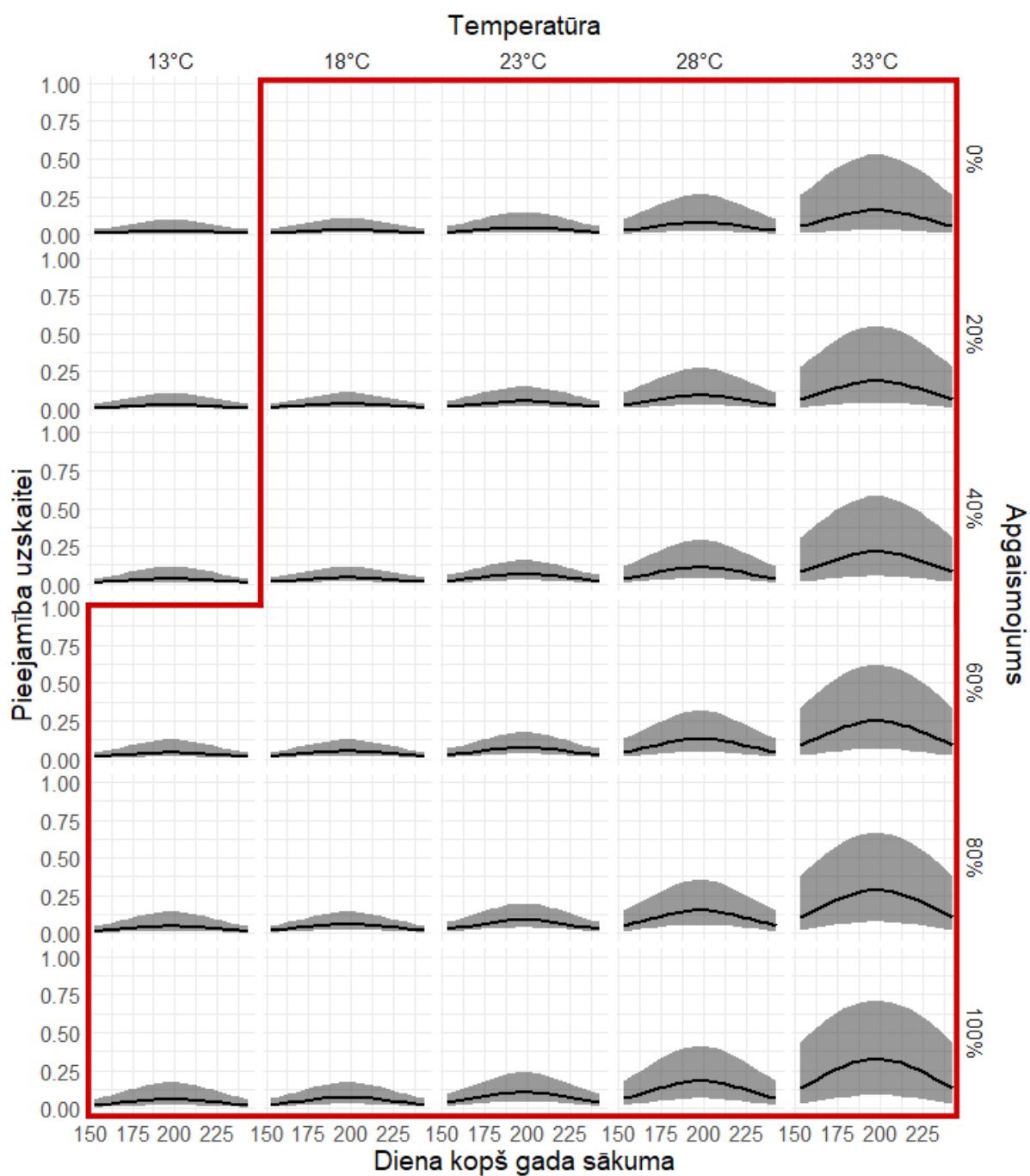
All numerical variables included in the models were standardized with the scale() function, which is not included in the table for reasons of space.

## 10. pielikums

Pieejamības prognozes dažādām apgaismojuma un temperatūras kombinācijām. Ar sarkano līniju apvilkti varianti, kas iekļaujas Pollarda standartā.

### Appendix 10

Availability predictions for different daylight and temperature combinations. Variants that fit the Pollard standard are marked with a red line.



## 11. pielikums

Geimsa–Hovela pāru salīdzinājuma testa rezultāti temperatūru grupām. Statistiski nozīmīgās atšķirības parādītas treknrakstā.

## Appendix 11

The results of the Games-Howell pairwise comparison of temperature groups. Statistically significant differences are shown in bold.

Grupu pāris Group pair	Vidējo vērtību starpība Difference between means	Ticamības intervāls Confidence interval	Pielāgotā p-vērtība Adjusted p-value
13 °C : 18 °C	0.0060	-0.0024 - 0.0145	0.263
13 °C : 23 °C	0.0208	0.0095 - 0.0321	< <b>0,0001</b>
13 °C : 28 °C	0.0549	0.0365 - 0.0733	< <b>0,0001</b>
13 °C : 33 °C	0.1343	0.1006 - 0.1680	< <b>0,0001</b>
18 °C : 23 °C	0.0148	0.0028 - 0.0267	< <b>0,01</b>
18 °C : 28 °C	0.0489	0.0302 - 0.0675	< <b>0,0001</b>
18 °C : 33 °C	0.1283	0.0944 - 0.1621	< <b>0.0001</b>
23 °C : 28 °C	0.0341	0.0143 - 0.0539	< <b>0.001</b>
23 °C : 33 °C	0.1135	0.0791 - 0.1479	< <b>0.0001</b>
28 °C : 33 °C	0.0794	0.0429 - 0.1160	< <b>0.0001</b>

## 12. pielikums

Geimsa–Hovela pāru salīdzinājuma testa rezultāti apgaismojuma grupām. Statistiski nozīmīgās atšķirības parādītas treknrakstā.

## Appendix 12

The results of the Games-Howell pairwise comparison of daylight groups. Statistically significant differences are shown in bold.

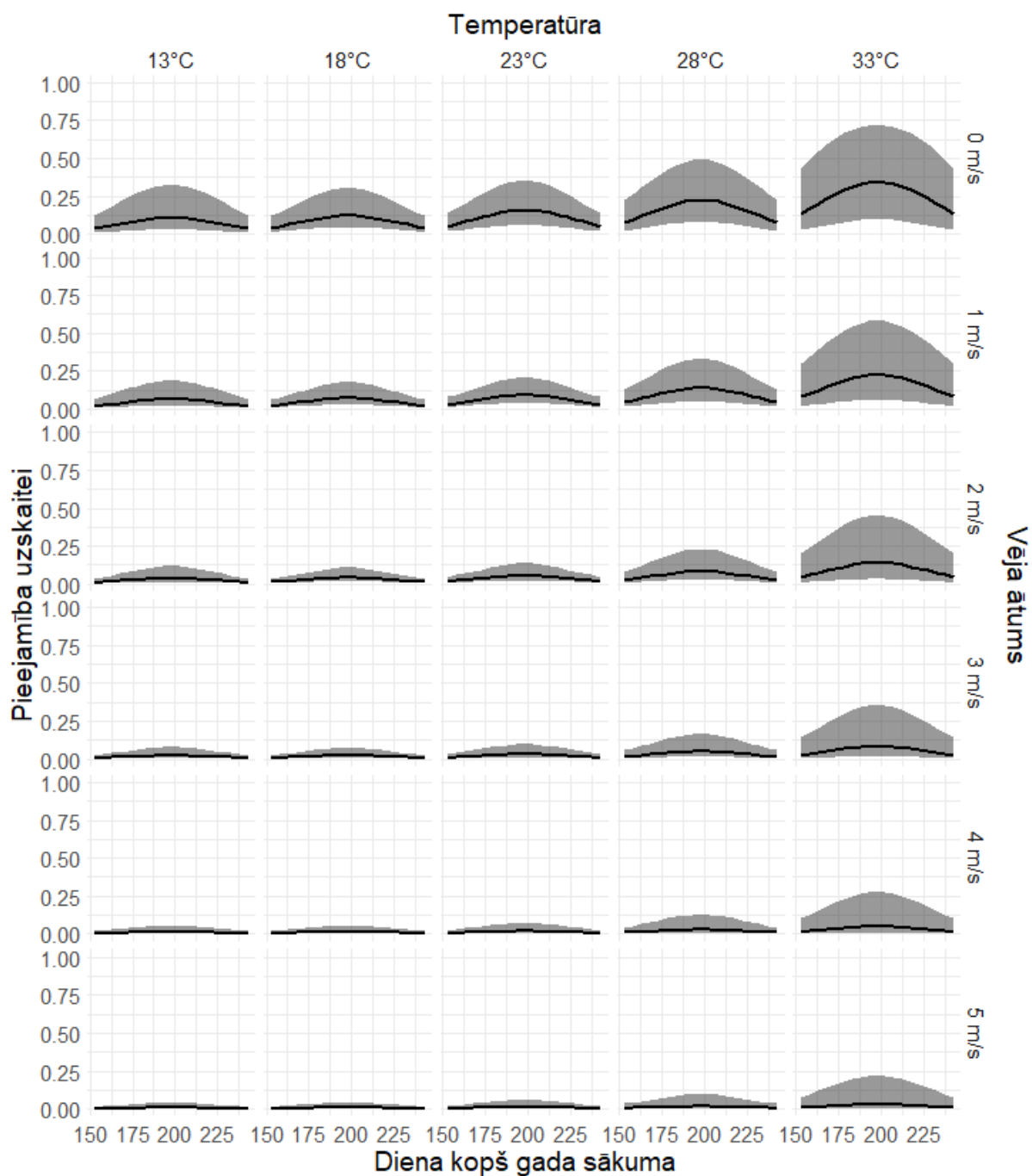
Grupu pāris Group pair	Vidējo vērtību starpība Difference between means	Ticamības intervāls Confidence interval	Pielāgotā p-vērtība Adjusted p-value
0% : 20%	0.0061	-0.0052 - 0.0174	0.5930
0% : 40%	0.0133	0.0006 - 0.0260	<b>0.0350</b>
0% : 60%	0.0218	0.0075 - 0.0362	<b>&lt; 0.001</b>
0% : 80%	0.0319	0.0155 - 0.0484	<b>&lt; 0.0001</b>
0% : 100%	0.0438	0.0248 - 0.0628	<b>&lt; 0.0001</b>
20% : 40%	0.0072	-0.0063 - 0.0207	0.5950
20% : 60%	0.0158	0.0007 - 0.0308	<b>0.0360</b>
20% : 80%	0.0259	0.0088 - 0.0429	<b>&lt; 0.001</b>
20% : 100%	0.0377	0.0183 - 0.0571	<b>&lt; 0.0001</b>
40% : 60%	0.0085	-0.0074 - 0.0245	0.5970
40% : 80%	0.0186	0.0008 - 0.0365	<b>0.0360</b>
40% : 100%	0.0305	0.0104 - 0.0506	<b>&lt; 0.001</b>
60% : 80%	0.0101	-0.0088 - 0.0290	0.6000
60% : 100%	0.0220	0.0009 - 0.0430	<b>0.0370</b>
80% : 100%	0.0119	-0.0105 - 0.0342	0.6030

### 13. pielikums

Pieejamības prognozes dažādām vēja un temperatūras kombinācijām.

#### Appendix 13

Availability predictions for different wind and temperature combinations.



## 14. pielikums

Dunna pāru salīdzinājuma testa rezultāti vēja grupām. Statistiski nozīmīgās atšķirības parādītas treknrakstā.

## Appendix 14

The results of the Dunn's pairwise comparison of wind groups. Statistically significant differences are shown in bold.

Grupu pāris Group pair	n1	n2	z – statistika z - statistics	Pielāgotā p-vērtība Adjusted p-value
0 : 1	95	95	-2.8814	<b>&lt; 0,01</b>
0 : 2	95	95	-6.3910	<b>&lt; 0,0001</b>
0 : 3	95	95	-10.1164	<b>&lt; 0,0001</b>
0 : 4	95	95	-13.6260	<b>&lt; 0,0001</b>
0 : 5	95	95	-16.5074	<b>&lt; 0,0001</b>
1 : 2	95	95	-3.5096	<b>&lt; 0,01</b>
1 : 3	95	95	-7.2350	<b>&lt; 0,0001</b>
1 : 4	95	95	-10.7446	<b>&lt; 0,0001</b>
1 : 5	95	95	-13.6260	<b>&lt; 0,0001</b>
2 : 3	95	95	-3.7254	<b>&lt; 0,001</b>
2 : 4	95	95	-7.2350	<b>&lt; 0,0001</b>
2 : 5	95	95	-10.1164	<b>&lt; 0,0001</b>
3 : 4	95	95	-3.5096	<b>&lt; 0,0001</b>
3 : 5	95	95	-6.3910	<b>&lt; 0,01</b>
4 : 5	95	95	-2.8814	<b>&lt; 0,0001</b>

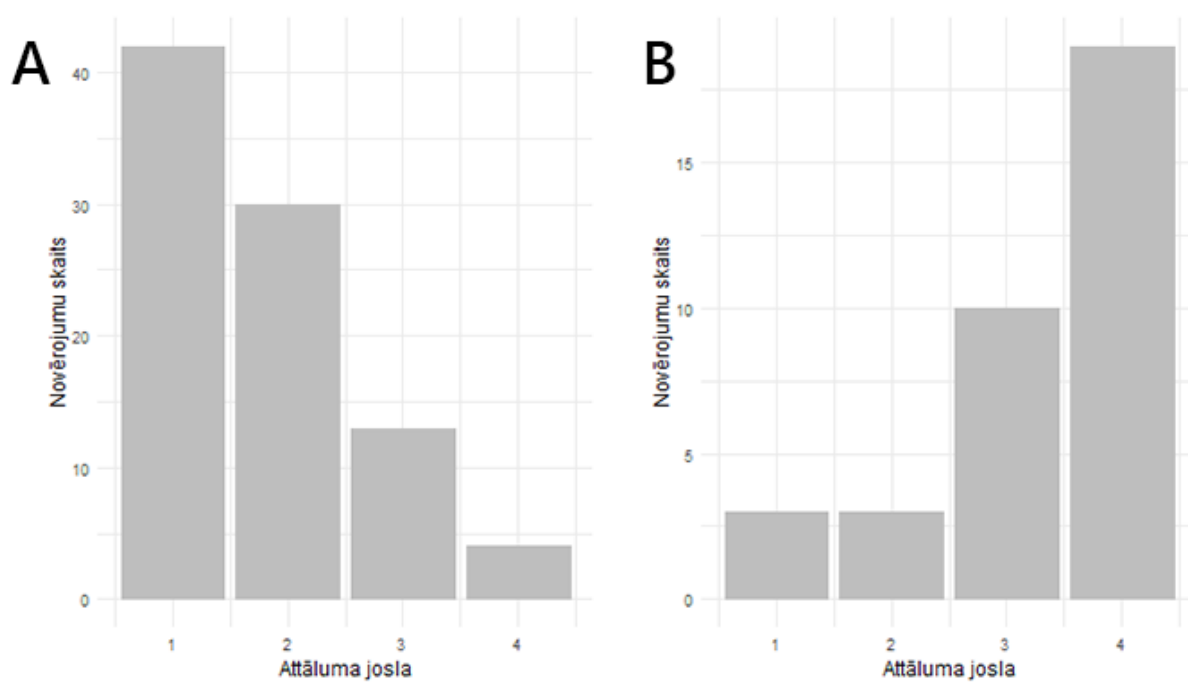


15. pielikums

Novērojumu skaita sadalījums pa joslām: A) kāpostu baltenis; B) nenoteikti *Pieris* ģints indivīdi.

Appendix 15

Distribution of the number of observations per band: A) the large white; B) unidentified individuals of the genus *Pieris*.



Bakalaura darbs „Atkārtoto uzskaišu nozīme dienastauriņu (Papilionoidea) imago monitoringā: piemērs mežmalās veiktām uzskaitēm” izstrādāts LU Medicīnas un dzīvības zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un LUISā iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai un/vai e-studijās iesniegtai darba elektroniskai versijai.

Autore: Jekaterīna Butkeviča      *paraksts*      29.05.2025.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: lekt., Mg. biol. Kristaps Vilks      *paraksts*      29.05.2025.

Recenzente:      *paraksts*      lekt., Mg. biol. Rūta Starka

Darbs iesniegts LU Medicīnas un dzīvības zinātņu fakultātē 29.05.2025.

Studiju metodiķe: ..... *paraksts*

Darbs aizstāvēts Bioloģijas bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

prot. Nr.      , vērtējums

Komisijas sekretārs/e: