



VILNIAUS UNIVERSITETAS
ŠIAULIŲ AKADEMIJA

GAMTINIŲ SISTEMŲ VALDYMO MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ
PROGRAMA

DOVILĖ MOTKEVIČIŪTĖ

Magistro darbas

**TOLIMOSIOS PERNAŠOS ĮTAKA BERŽO GENTIES ŽIEDADULKIŲ KIEKIUI
LIETUVOJE**

Darbo vadovė: doc. dr. Laura Šukienė

Šiauliai, 2024

**PATVIRTINIMAS apie parengto darbo
savarankiškumą**

CONFIRMATION

Vardas, pavardė <i>Name, Surname</i>	Dovilė Motkevičiūtė
Darbo pavadinimas <i>Thesis topic</i>	Tolimosios pernašos įtaka beržo genties žiedadulkių kiekiui Lietuvoje The effect of long-distance transport on the pollen content of birch in Lithuania

Patvirtinu, kad įteikiamas darbas yra atliktas mano paties ir nėra pateiktas kitam kursui šiame ar ankstesniuose semestruose; nebuvo naudotas kitoje mokslo ir (ar) studijų įstaigoje Lietuvoje ir užsienyje; nenaudoja šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikia visą panaudotos literatūros sąrašą.

Šiame darbe tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos yra pažymėtos literatūros nuorodose.

I confirm that I am the author of submitted paper, which has been prepared independently and has never been presented for any other course or used in another educational institution, neither in Lithuania, or abroad. I also provide a full bibliographical list which indicates all the sources that were used to prepare this assignment and contains no un-used sources.

Quotes from other sources directly or indirectly used in this thesis, are indicated in literature references.

Aš, Dovilė Motkevičiūtė, pateikdamas (-a) šį darbą, patvirtinu (pažymėti)



I, Dovilė Motkevičiūtė, by submitting this paper confirm (check)

TURINYS

ĮVADAS	5
1. LITERATŪROS ANALIZĖ	7
1.1. Žiedadulkių stebėjimai Europoje ir Lietuvoje	7
1.2. Beržo genties žiedadulkių tyrimai	10
1.3. Tolimosios žiedadulkių pernašos tyrimai	12
1.4. Žiedadulkių sklaidą lemiančios meteorologinės sąlygos	14
2. DARBO OBJEKTAS IR METODAI.....	16
2.1. Darbo objektas	16
2.2. Darbo metodai.....	16
2.2.1. Beržo genties žiedadulkių duomenų analizė	16
2.2.2. Meteorologinių duomenų analizė.....	17
2.2.3. HYSPLIT modelio įvesties parinkimas.....	17
2.2.4. Oro masių atgalinių trajektorijų skirstymas	18
2.2.5. Dalelių sklaidos modeliavimas.....	19
2.2.6. Duomenų statistinė analizė	20
3. DARBO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ.....	21
3.1. Tolimosios pernašos sąlygotas beržo genties žiedadulkių kiekis Klaipėdoje.....	21
3.2. Oro masių, pasiekiančių Klaipėdą beržo genties žiedadulkių fiksavimo metu, atgalinių trajektorijų analizė	25
3.2.1. Oro masių atgalinių trajektorijų iki Klaipėdos mieste fiksuotų beržų žiedadulkių sezono pradžios analizė.....	25
3.2.2. Oro masių atgalinių trajektorijų po Klaipėdos mieste fiksuotų beržų žiedadulkių sezono pabaigos analizė	27
3.3. Oro masių atgalinių trajektorijų ir beržo genties žiedadulkių analizė	29
3.3.1. Oro masių atgalinių trajektorijų ir beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios analizė.....	30
3.3.2. Oro masių atgalinių trajektorijų ir beržo genties žiedadulkių po žiedadulkių sezono pabaigos analizė	31
3.4. Dalelių sklaidos modeliavimo analizė	33
3.4.1. Dalelių sklaidos modeliavimo analizė iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios ...	34
3.4.2. Dalelių sklaidos modeliavimo analizė po beržo genties žiedadulkių sezono pabaigos ...	38
3.5. Beržo genties žiedadulkių kiekio iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos pasiskirstymas pagal vėjo kryptis 2005–2023 m.	41
3.6. Beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybė nuo meteorologinių sąlygų analizė	42
3.7. Rekomendacijas dėl žiedadulkių stebėsenos	54
IŠVADOS.....	56
SANTRAUKA	58

SUMMARY	59
LITERATŪRA	60
PRIEDAI	63

ĮVADAS

Žiedadulkės – tai biologinės kilmės dalelės, kurių dydis yra iki kelių šimtų mikrometrų. Žydint augalams, t. y., medžiams, žolėms ir piktžolėms, į atmosferą pasklinda žiedadulkės. Kiekviena augalų rūšis išskiria skirtingą žiedadulkių kiekį. Pavyzdžiui, beržo (*Betula* spp.) žiedadulkių kiekis dažnai siekia iki 10 kartų daugiau nei alksnio ar lazdyno ir beržas yra vienas pagrindinių alergenu šaltinis Šiaurės ir Vidurio Europos šalyse (Kleine-Tebbe et al., 2019). Beržo genties augalai yra anemofiliniai (platinami vėjo), todėl žiedadulkės yra prisitaikiusios nukeliauti toliau nuo augalo-šaltinio ir gali pagaminti tūkstančius žiedadulkių (Šaulienė et al., 2015). Dėl beržų žiedadulkių sukeliama alergijos, kryžminės reakcijos su maisto alergenais bei augalų paplitimo arealo (paplitę daugelyje Europos valstybių), beržo genties žiedadulkės yra svarbus mokslinių diskusijų objektas. Žiedadulkės gali turėti neigiamą poveikį žmogaus sveikatai ir tai susiję su žiedadulkėse esančių baltymų struktūra ir netipiška žmogaus organizmo reakcija į įvairius žiedadulkėse esančius baltymus (Šaulienė et al., 2015). Alergijos simptomai alergiškiems žmonėms pasireiškia kiekvienais metais, dažniausiai nuo pavasario iki rudens, pirmiausia žydint medžiams, o vėliau žolėms ir piktžolėms, nes jų žiedadulkės yra vieni dažniausių alergenų (Dubakienė, 2021). Neigiamas žiedadulkių poveikis susijęs ne tik su vietinių augalų žydėjimu, bet ir tolimosiomis žiedadulkių pernašomis. Moksliniai tyrimai patvirtina egzistuojančią tolimąją žiedadulkių pernašą iš kitų šalių (Myszkowska et al., 2021, Skjøth et al., 2007, Bogawski et al., 2019, Maya-Manzano et al., 2021). Esant palankioms meteorologinėms sąlygoms, žiedadulkės gali būti pernešamos iki kelių tūkstančių kilometrų. Dėl vietinių augalų žydėjimo ir tolimosios žiedadulkių pernašos, gali pailgėti žiedadulkių sezonas ir pasireikšti sunkesni bei ilgesni alergijos simptomai alergiškiems žmonėms. Todėl moksliniai tyrimai, žiedadulkių stebėjimai ir prognozės, nustatant žiedadulkių koncentraciją ir žiedadulkių sklaidos ore dėsningumus, yra svarbūs alergiškiems žmonėms, pagerinant jų gyvenimo sąlygas ir išvengiant neigiamo žiedadulkių poveikio.

Darbo tikslas

Išanalizuoti tikėtiną tolimąją beržo genties žiedadulkių pernašą Lietuvoje ir nustatyti tolimosios pernašos sąlygotos žiedadulkių koncentracijos priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų.

Atliekant 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių tolimosios pernašos analizę, daroma prielaida, kad beržų žiedadulkės galėjo būti atneštos oro masių iš teritorijų, kuriose tuo metu žydi beržai.

Darbo uždaviniai:

1. Remiantis 2005–2023 m. Klaipėdos miesto aerobiologine situacija, išanalizuoti beržo genties žiedadulkių tolimosios pernašos mechanizmą.
2. Įvertinus tolimosios pernašos sąlygotą beržo genties žiedadulkių kiekį ore, išanalizuoti atvejus, kai dėl tolimosios pernašos Lietuvą pasiekė dideli beržų žiedadulkių kiekiai.
3. Nustatyti tolimosios pernašos sąlygotos beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybę nuo oro temperatūros, kritulių kiekio, vėjo greičio ir krypties.
4. Remiantis rezultatais, pateikti rekomendacijas dėl žiedadulkių stebėsenos.

Darbo naujumas ir aktualumas

Dėl vietinių augalų žydėjimo ir egzistuojančios tolimosios žiedadulkių pernašos, žiedadulkių sklaidos atmosferoje sustabdyti neįmanoma, todėl alergiškiems žmonėms gali pasireikšti sunkesni bei ilgesni alergijos simptomai. Atliekami moksliniai tyrimai, žiedadulkių stebėjimai ir prognozės gali pagerinti alergiškų žmonių gyvenimo sąlygas. Atlikta 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių tolimosios pernašos analizė, nustatant šių žiedadulkių sklaidos ore dėsningumus, yra naudinga alergiškiems žmonėms, nes magistro darbe suformuotos prielaidos prisidės prie visuomenės informuotumo gerinimo. Taip pat šis tyrimas naudingas aerobiologijos specialistams, vietos savivaldos institucijoms ir gydymo įstaigoms, nes prisideda prie atliktų ir šiuo metu atliekamų mokslinių tyrimų, ir suteikia papildomos informacijos apie beržo genties žiedadulkių sklaidą ir tolimąją žiedadulkių pernašą.

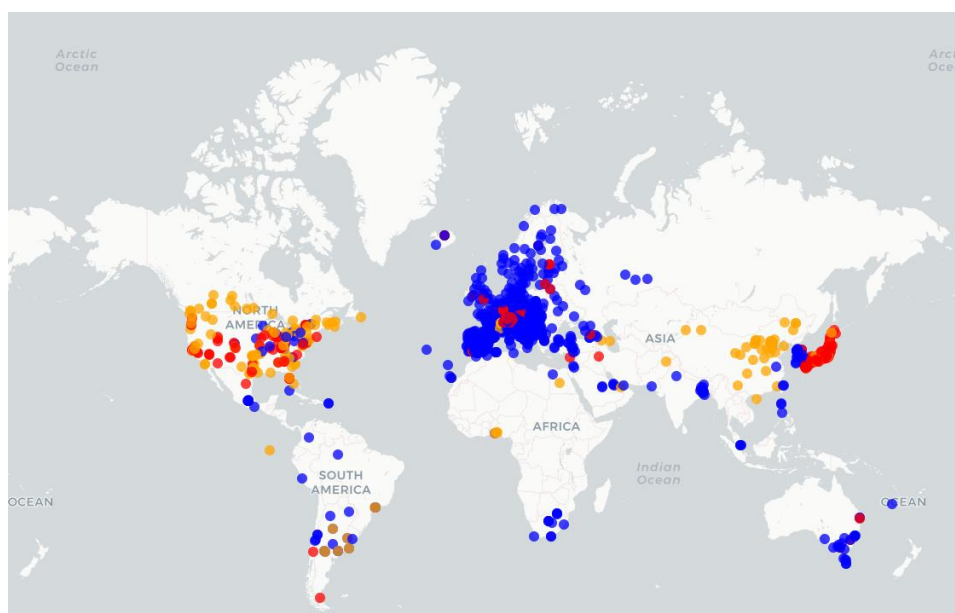
Padėkos

Nuoširdžiai dėkoju Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos mokslininkams už suteiktus tyrimui vertingus aerobiologinius duomenis ir doc. dr. Laurai Šukienei už pagalbą bei patarimus rengiant magistro darbą.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1. Žiedadulkių stebėjimai Europoje ir Lietuvoje

Pasaulyje yra mažiausiai 879 aktyvios žiedadulkių ir sporų stebėjimo stotys, iš kurių dauguma yra Europoje (>500), o paplitęs stebėjimo metodas pagrįstas Hirst tūriniu rinkimo principu (616 stočių iš 879) (Buters et al., 2018). J. T. M. Buters (2018) su bendraautoriais sudarė pasaulinį žiedadulkių stebėjimo stočių žemėlapi, rodantį dabartinę žiedadulkių ir sporų stebėjimo situaciją bei palengvina bendradarbiavimą tarp asmenų, kurie domisi žiedadulkių ir sporų koncentracija ore (1 pav.).



1 pav. Pasaulinis žiedadulkių stebėjimo stočių žemėlapis: mėlyni taškai (Hirst tipo prietaisai); raudoni taškai (automatiniai prietaisai); oranžiniai taškai (kiti prietaisai) (Buters et al., 2018)

Remiantis J. T. M. Buters (2018) su bendraautoriais tyrimais, šešios šalys, turinčios daugiausiai aktyvių žiedadulkių ir sporų stebėjimo stočių yra šios: Japonija (143 stotys, iš kurių 120 stotys su automatiniais prietaisais), Italija (88 stotys), Jungtinės Amerikos Valstijos (85 stotys), Prancūzija (85 stotys, iš kurių 84 stotys su Hirst tipo prietaisais), Ispanija (77 stotys) ir Vokietija (44 stotys). Iš žiedadulkių ir sporų stebėjimo stočių surinkta informacija teikiama visuomenei, kuriant žiedadulkių dienoraščius, mobiliąsias programėles ir internetinius tinklalapius. Internetiniame tinklalapyje www.polleninformation.at yra Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapis, kuriame yra pastarųjų 10–15 metų žiedadulkių krūvio duomenys, surinkti iš daugiau nei 300 Europos žiedadulkių monitoringo stočių (polleninformation.at, 2024a).

Pavyzdžiui, Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje pasirinkus alergena – beržo genties žiedadulkes nustatyta, kad labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas nuo kovo 23 d. iki birželio 10 d. Pirmiausia labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas Vakarų Europoje, Pietryčių Europoje ir Vidurio Europoje, vėliau Rytų Europoje, Baltijos šalyse ir Šiaurės Europoje. Visoje Lietuvoje labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas nuo balandžio 21 d. iki gegužės 11 d. Ši informacija aktuali vertinant tolimąją žiedadulkių pernašą.

Lietuvoje tik Vilniaus mieste yra visuomenei prieinama informacija apie žiedadulkių koncentraciją ir įsijautrinimo riziką realiuoju laiku, t. y., yra sukurtas interaktyvus žemėlapis „Miesto plaučiai“ (<https://miestoplauciai.vilnius.lt/ziedadulkes/>). Visuomenė gali stebėti alksnio (*Alnus* spp.), lazdyno (*Corylus* spp.), beržo, miglinių (*Poaceae*), kiečio (*Artemisia* spp.) ir ambrozijos (*Ambrosia* spp.) žiedadulkių koncentraciją ir įsijautrinimo riziką. Taip pat Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos, Latvijos universiteto, Vienos medicinos universiteto ir Suomijos meteorologijos instituto mokslininkai ir specialistai sukūrė personalizuotą alergijos simptomų prognozavimo sistemą (Pasyfo). Pasyfo internetiniame tinklalapyje ir mobiliojoje programėlėje teikiama informacija apie alergines žiedadulkes barstančius augalus, alergijos riziką, žiedadulkių prognozę, taip pat personalinė alergijos simptomų prognozė ir žiedadulkių dienoraščio paslauga (Pasyfo, 2024).

Remiantis pasauliniu žiedadulkių stebėjimo stočių žemėlapiu, Lietuvoje žiedadulkių stebėjimai atliekami trijose aerobiologinėse stotelėse – Šiauliuose, Klaipėdoje ir Vilniuje (Buters et al., 2018). Nuo 2003 m. Šiaulių universiteto mokslininkų iniciatyva žiedadulkių stebėjimai pradėti vykdyti Šiauliuose, nuo 2004 m. Klaipėdoje, o nuo 2005 m. Vilniuje (2 pav.).



2 pav. Šiaulių aerobiologinės stotelės Hirst tipo tūrinė žiedadulkių ir sporų gaudyklė

Remiantis pasauliniu žiedadulkių stebėjimo stočių žemėlapiu, Lietuvos aerobiologinėse stotelėse naudojamos Hirst tipo tūrinės žiedadulkių ir sporų gaudyklės „Hirst-Burkard“. Šiauliuose papildomai naudojamas automatinis oro dalelių detektorius „Rapid-E“, o Vilniuje automatinis „SwisensPoleno Mars“ prietaisas (Buters et al., 2018). Laikantis Europos Sąjungos standarto EN 16868:2019 (2019), Lietuvoje aerobiologinės stotelės įrengtos 18–20 m aukštyje nuo žemės paviršiaus.

Hirst tipo tūrinė žiedadulkių ir sporų gaudyklė yra mažo tūrio mėginių ėmiklis, o oro įsiurbimas gali būti tiesiogiai lyginamas su žmogaus plaučių patekimu, nes įsiurbia 10 l/min (Bastl et al., 2018). Remiantis K. Bastl (2018) su bendraautoriais duomenimis, alumininis būgnas žiedadulkių gaudyklės viduje sukasi 2 mm/val., veikiamas oro srauto, lipni juosta apvyniojama aplink būgną, kuri sulaiko daleles, o būgnas turi būti pakeistas ne vėliau kaip po 7 dienų ir aerobiologiniai mėginiai reguliariai analizuojami naudojant šviesos mikroskopą. Pagrindiniai Hirst tipo tūrinės žiedadulkių ir sporų gaudyklės trūkumai yra tokie, kad duomenų analizė vykdoma rankiniu būdu, reikalauja žmogiškųjų išteklių, užima daug laiko ir gautų rezultatų neįmanoma pateikti realiuoju laiku. Taip pat žiedadulkių identifikavimas ir skaičiavimas priklauso nuo specialisto žinių ir patirties.

Žiedadulkių matavimo metodas, naudojant Hirst tipo tūrinės žiedadulkių ir sporų gaudyklės, yra standartizuota ir moksliskai patikima (Bastl et al., 2018). Nuo 2019 m. yra parengtas Europos Sąjungos standartas EN 16868:2019 „Aplinkos oras. Ore sklindančių žiedadulkių ir grybelių sporų ėminių ėmimas ir analizė alergijos tyrimo tinklams. Tūrinis Hirst metodas“. Šiame dokumente aprašoma ore sklindančių žiedadulkių ir mikroskopinių grybų sporų mėginių ėmimo procedūra, naudojant Hirst tipo tūrinę žiedadulkių ir sporų gaudyklę (Europos Sąjungos standartas, 2019).

Aerobiologijos moksle dažniausiai naudojamos sąvokos žiedadulkių kiekis, kuris nurodo neapdorotus aerobiologijos duomenis ir apdorotus, apskaičiuojant žiedadulkių koncentraciją, kurių matavimo vienetas yra žiedadulkių/m³ (Bastl et al., 2018). Taip pat naudojami skirtingi žiedadulkių sezono apibrėžimų metodai, pavyzdžiui, 90 proc., 95 proc., 98 proc. metodai. Naudojant 90 proc. metodą, žiedadulkių sezonas prasideda, kai yra 5 proc. metinio žiedadulkių kiekio ir baigiasi, kai yra 95 proc. metinio žiedadulkių kiekio. Žiedadulkių sezono trukmė nustatoma ir 98 proc. metodu, darant prielaidą, kad žiedadulkių sezonas prasideda ir baigiasi dienomis, kai atitinkamai yra 1 proc. ir 99 proc. metinio žiedadulkių kiekio (Dąbrowska-Zapart et al., 2022). Be to, žiedadulkių sezono pradžios ir pabaigos datos apibrėžiamos kaip datos, kai žiedadulkių kiekis siekia atitinkamai 3 proc. ir 97 proc. metinio žiedadulkių kiekio. Remiantis T. Lind (2016) su bendraautoriais duomenimis, šis intervalas (3 proc. ir 97 proc.) tiksliausiai

fiksuoja vietinį žiedadulkių sezoną ir leidžia atmesti tolimosios pernašos sąlygotą žiedadulkių kiekį. Pagal A. Kubik-Komar (2021) su bendraautoriais duomenimis, beržų žiedadulkių sezono pradžios data nustatyta 95 proc. metodu, kai užregistruota 2,5 proc. metinio žiedadulkių kiekio. Šiuo metodu nustatomas žiedadulkių sezonas, t. y., sezono pradžia sudaro 2,5 proc. viso metinio žiedadulkių kiekio ir sezono pabaiga sudaro 97,5 proc. viso metinio žiedadulkių kiekio. Remiantis A. Kubik-Komar (2021) su bendraautoriais duomenimis, šis metodas yra dažniausiai naudojamas aerobiologiniuose tyrimuose ir pritaikius šį 95 proc. metodą, žiedadulkių sezono pradžioje ir pabaigoje turėtų būti pašalinamos maži žiedadulkių kiekiai, kurie dažniausiai atsiranda dėl tolimosios žiedadulkių pernašos. Analizuojant tolimąją žiedadulkių pernašą, svarbu įvertinti į žiedadulkių sezoną nepatenkantį žiedadulkių kiekį, su siekiu tinkamai informuoti visuomenę apie alergenų kiekį ore. Šiame magistro darbe analizuojami ilgo laikotarpio – 19 metų (2005–2023 m.) Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenys, apskaičiuoti, naudojant 95 proc. metodą. Analizuojant tokį ilgą laikotarpį, bus nustatytos beržo genties žiedadulkių sklaidos ore dėsningumų tendencijos ir gauti rezultatai prisidės prie visuomenės informuotumo gerinimo, kurios šiuo metu trūksta.

Apibendrinant informaciją apie žiedadulkių stebėjimą Europoje ir Lietuvoje matyti, kad pasaulyje yra mažiausiai 879 aktyvios žiedadulkių ir sporų stebėjimo stotys, iš kurių daugiau nei 500 yra Europoje, o 3 Lietuvoje ir 616 stotyse paplitęs stebėjimo metodas pagrįstas Hirst tūriniu rinkimo principu. Nors iš žiedadulkių ir sporų stebėjimo stočių surinkta informacija teikiama visuomenei, kuriant žiedadulkių dienaščiū, mobiliąsias programėles ir internetinius tinklalapius, tačiau visuomenei vis dar trūksta susistemintos, laisvai prieinamos informacijos apie žiedadulkių koncentraciją realiuoju laiku ne tik miesto ar šalies, bet ir Europos mastu.

1.2. Beržo genties žiedadulkių tyrimai

Beržai priklauso bukiečių (*Fagales*) eilei ir beržinių (*Betulaceae*) šeimai (Biedermann et al., 2019). Beržo genčiai priklauso apie 120 rūšių, o Lietuvoje savaimė paplitusios 4 rūšys: karpotasis beržas (*Betula pendula*), plaukuotasis beržas (*Betula pubescens*), liekninis beržas (*Betula humilis*), beržas keružis (*Betula nana*) (Pasyfo, 2024). Karpotasis beržas ir plaukuotasis beržas natūraliai aptinkami visoje Europoje iki Vidurio Sibiro, tačiau plaukuotasis beržas labiau aptinkamas šiauriniuose ir rytiniuose regionuose, o karpotasis beržas gali pasiekti pietinius regionus, tokius kaip Iberijos pusiasalis, Pietų Italija ir Graikija (Beck et al., 2016). Pagal P. Beck (2016) su bendraautoriais duomenimis, karpotasis beržas geriausiai auga gana derlingame, gerai nusaustame dirvožemyje, o plaukuotasis beržas toleruoja drėgnesnį ir rūgštesnį dirvožemį. Valstybinės miškų tarnybos duomenimis (2021), Lietuvoje didžiausią

medynų ploto dalį pagal medžių rūšis užima pušynai (34,5 proc.), beržynai (21,9 proc.), eglynai (21,1 proc.). Spygliuočių medynai augo 1147 tūkst. ha (55,7 proc.), minkštieji lapuočiai 846 tūkst. ha (41 proc.), o kietieji lapuočiai 69 tūkst. ha (3,3 proc.) plote (Valstybinės miškų tarnyba, 2021). Remiantis Valstybinės miškų tarnybos duomenimis (2021), medynuose, palyginti su 2003 m., didėjo labiausiai paplitusių medžių rūšių – spygliuočių (pušų – nuo 35,5 iki 36 proc., eglių – nuo 20,5 iki 22,3 proc.), o mažėjo minkštųjų lapuočių (beržų – nuo 17,2 iki 15,6 proc., drebulių – nuo 6,8 iki 6,1 proc.).

Beržo genties žiedadulkės labiausiai paplitusios Šiaurės ir Vidurio Europoje, ir yra pagrindinė alerginio rinito ir astmos simptomų priežastis (Biedermann et al., 2019). Beržų žiedadulkės yra labai alergeniškos ir pagrindinis alergizuojantis baltymas yra Bet v 1 (Pasyfo, 2024). Beržo, alksnio, lazdyno, skroblo ir ąžuolo žiedadulkių alergenai dėl baltymų sekos ir struktūrinio panašumo bei didelio IgE kryžminio reaktyvumo sudaro beržo homologinę grupę (Kleine-Tebbe et al., 2019). Remiantis T. Biedermann (2019) su bendraautorais duomenimis, beržinių (beržas, alksnis, lazdynas ir skroblas) ir bukinių (ąžuolas, kaštonas ir bukas) šeimų medžiai sudaro beržo homologinę grupę. Beržo genties žiedadulkės yra labai alergeniškos ir dėl to, kad vyksta kryžminės reakcijos su maistu, pavyzdžiui, morkoms, obuoliams, kriaušėms, kiviams, slyvoms, vyšnioms, bulvėms (Dubakienė, 2021). Beržų žiedadulkėms alergiški žmonės suvalgę šio maisto, gali pajusti stipresnius alergijos simptomus.

Žiedadulkių sezono trukmė ir intensyvumas skiriasi, priklausomai nuo Europos regiono. Moksliniuose straipsniuose nurodyta, kad iš beržo homologinės grupės pirmiausia žiedadulkes skleidžia lazdynas ir alksnis, o vėliau beržas ir kiti medžiai. Remiantis T. Biedermann (2019) su bendraautorais tyrimų rezultatais, Vakarų Europoje lazdynas ir alksnis žiedadulkes į orą paleidžia sausio mėnesį, o beržo genties žiedadulkių sezonas prasideda kovo pradžioje ir gali tęstis iki gegužės vidurio. Vakarų ir Vidurio Europoje žiedadulkių sezono laikas yra panašus, o Šiaurės Europoje žiedadulkių sezonas prasideda po kelių savaitių (Biedermann et al., 2019). Remiantis T. Lind (2016) su bendraautorais duomenimis, centrinėje Švedijoje lazdynas ir alksnis gali pradėti skleisti žiedadulkes vasario pabaigoje ir kovo pradžioje, beržas žydi nuo balandžio vidurio iki birželio pradžios, o ąžuolas žydi gegužės–birželio mėnesiais. Lyginant šių mokslinių straipsnių ir Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu (polleninformation.at, 2024a) duomenis matyti, kad beržo genties žiedadulkių duomenys atitinka, t. y., pirmiausia beržo genties žiedadulkių sezonas prasideda kovo pradžioje Vakarų ir Vidurio Europoje ir baigiasi birželio pradžioje Šiaurės Europoje. Dėl šios priežasties, beržo genties žiedadulkėms jautrūs žmonės atskiruose regionuose gali patirti su žiedadulkėmis susijusius simptomus 2 arba 3 mėnesius, o medžių žiedadulkių sezonas pailgėja iki 6 mėnesių, kai jie keliauja iš vieno regiono į kitą (Biedermann et al., 2019).

Svarbūs ne tik žiedadulkių sezono trukmės, bet ir žiedadulkių kiekio klausimai. Atlikti tyrimai rodo, kad pirmieji simptomai viršutiniuose kvėpavimo takuose pacientams, alergiškiems beržo genties žiedadulkėms, buvo matomi esant 20 žiedadulkių/m³ koncentracijai (beržų žiedadulkėms buvo alergiški 25 proc. dalyvių), o simptomai nustatyti visiems tyrimo dalyviams, kurių koncentracija buvo didesnė arba lygi 75 žiedadulkių/m³ (Dąbrowska-Zapart et al., 2022, Ojrzyńska et al., 2020). Remiantis K. Dąbrowska-Zapart (2022) ir H. Ojrzyńska (2020) su bendraautoriais duomenimis, esant 120 žiedadulkių m³ koncentracijai, alergijos simptomai alergiškiems beržo genties žiedadulkėms sustiprėjo, o dusulys pasireiškė esant 155 žiedadulkių/m³ koncentracijai. Remiantis A. Kubik-Komar (2021) su bendraautoriais duomenimis, alergijos simptomai ypač jautriems žmonėms gali pasireikšti esant 20 žiedadulkių/m³ paros beržo genties žiedadulkių koncentracijai, o daugumai alergiškų žmonių jie pasireiškia tada, kai žiedadulkių koncentracija pasiekia 80 žiedadulkių/m³. Lietuvoje yra nustatyti vieningos žiedadulkių krūvio slenksčiai. Remiantis L. Šukienės (2021) su bendraautoriais pasiūlytu metodu, taikant mažiausią žiedadulkių sezono piko vertę ir 25 proc. principą pasirinktoms žiedadulkių rūšims, beržo genties žiedadulkių žemas slenksčio lygis Lietuvoje yra mažiau nei 70 žiedadulkių, vidutinis slenksčio lygis 70–150 žiedadulkių, aukštas slenksčio lygis 150–215 žiedadulkių, o labai aukštas – daugiau nei 215 žiedadulkių.

Apibendrinant, beržo genties žiedadulkėms alergiški žmonės alergijos simptomus gali pajusti ne tik beržo žydėjimo metu, bet ir kitų medžių, esančių beržo homologinėje grupėje žydėjimo metu. Be to, beržo genties žiedadulkėms alergiški žmonės suvalgę maisto, pavyzdžiui, morkas, obuolius, kriaušes, kivius, slyvas, vyšnias, bulves, dėl kryžminės reakcijos gali pajusti stipresnius alergijos simptomus. Atlikti tyrimai nurodo, kad pirmieji simptomai viršutiniuose kvėpavimo takuose pacientams, alergiškiems beržo genties žiedadulkėms, gali pasireikšti esant 20 žiedadulkių/m³ paros beržo genties žiedadulkių koncentracijai.

1.3. Tolimosios žiedadulkių pernašos tyrimai

Moksliniai tyrimai patvirtina, kad žiedadulkės gali būti pernešamos dideliais atstumais. Esant palankioms meteorologinėms sąlygoms, žiedadulkės gali būti pernešamos iki kelių tūkstančių kilometrų. Remiantis D. Myszkowska (2021) su bendraautoriais tyrimais, oro sąlygų analizė parodė, kad beržo genties žiedadulkės, kilusios iš Suomijos, greičiausiai Rusijos ir Baltijos šalių (Lietuvos), buvo gabenamos iki 1400 km atstumu į Lenkiją (Myszkowska et al., 2021). Dėka tolimosios žiedadulkių pernašos, gali pailgėti žiedadulkių sezonas ir pasireikšti sunkesni bei ilgiau trunkantys alergijos simptomai alergiškiems žmonėms. Tolimosios pernašos analizė gali padėti nustatyti žiedadulkių sklaidos šaltinius. Tolimoji žiedadulkių pernaša modeliuojama, dažniausiai

įvertinant oro masių atgalines trajektorijas, kurios gaunamos, naudojant hibridinės vienos dalelės Lagranžo integruotos trajektorijos modelį (HYSPLIT).

Dar 2007 m. C. A. Skjøth (2007) su bendraautorais paskelbė tyrimą apie 2006 m. Danijoje pastebėtą didelę beržo genties žiedadulkių koncentraciją. Tyrėjai kas dvi valandas registravo ≥ 500 žiedadulkių/m³ prieš pradėdami žydėti vietiniams medžiams ir visuose epizoduose trajektorijos analizės rezultatai nurodė Vokietiją arba Lenkiją kaip šaltinio regionus (Skjøth et al., 2007). Taip pat tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos išsamiai išanalizuotos Lenkijoje. Remiantis P. Bogawski (2019) su bendraautorais tyrimais, naudojant HYSPLIT modelį nustatyta, kad 1997–2016 m. pagrindiniai sezoniniai tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos šaltiniai į Lenkiją buvo užfiksuoti pirmąsias gegužės dvi savaites ir pagrindiniai pernešamų žiedadulkių šaltiniai buvo vakarų Rusija, Baltarusija ir šiek tiek rytinės Baltijos šalių bei Skandinavijos pusiasalis (Bogawski et al., 2019).

Kitas mokslinis straipsnis, kuriame analizuojama tolimoji žiedadulkių pernaša patvirtina, kad neįprastai didelės beržo genties žiedadulkių koncentracijos Pietų Lenkijoje (Krokuvoje) pastebėtos 2016 m. balandžio 5–8 dienomis, daugiausia nulėmė tolimosios žiedadulkių pernašos, nešamos oro masių iš Pietų (Serbijos, Vengrijos, Austrijos, Čekijos, Slovakijos), kur vyko pilnas beržų žydėjimas, o gegužės 6–7 dienomis daugiausia buvo susijęs su tolimosiomis žiedadulkių pernašomis iš Suomijos, greičiausiai Rusijos ir Baltijos šalių (Lietuvos) (Myszkowska et al., 2021). Lyginant atliktus tyrimus P. Bogawski (2019) ir D. Myszkowska (2021), kuriuos jie atliko kartu su bendraautorais matyti, kad fiksuojami tokie pat tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos šaltiniai, t. y., Rusija, Baltijos šalys ir Skandinavijos pusiasalis (Suomija). Analizuojant ilgo laikotarpio duomenis, galima nustatyti beržo genties žiedadulkių sklaidos ore dėsningumą tendencijas.

Naudojant HYSPLIT modelį, galima nustatyti ne tik oro masių atgalines trajektorijas, bet ir atlikti dalelių sklaidos modeliavimą. Remiantis mokslinio straipsnio rezultatais, kuriame buvo naudojamas HYSPLIT dalelių sklaidos modelis parodyta, kad oro masės, atneštos į Airiją dienomis, kai beržo genties žiedadulkių koncentracija daugiau nei 80 žiedadulkių/m³, ilgiau išsilaikė virš Didžiosios Britanijos (Maya-Manzano et al., 2021).

Apibendrinant, moksliniai tyrimai patvirtina egzistuojančią tolimąją žiedadulkių pernašą iš kitų šalių. Atliekant tolimosios pernašos analizę, naudojant HYSPLIT modelį, galima nustatyti žiedadulkių sklaidos šaltinius. Vis dėl to dar trūksta sisteminės tolimosios pernašos mechanizmo analizės.

1.4. Žiedadulkių sklaidą lemiančios meteorologinės sąlygos

Meteorologinės sąlygos yra svarbios augalų žydėjimo procesui, žiedadulkių išskyrimo kiekiui, sezonui ir tolimajai žiedadulkių pernašai. Moksliniuose straipsniuose dažniausiai analizuojama kompleksinių meteorologinių sąlygų įtaka žiedadulkių koncentracijai ore, pavyzdžiui, oro temperatūros, saulės trukmės, santykinės oro drėgmės, kritulių kiekio, vėjo greičio ir krypties. Oro temperatūra paskatina augalų žydėti, saulės spinduliai reguliuoja augalų fiziologinius procesus ir žydėjimo procesą, oro drėgmė reguliuoja žiedadulkių paleidimą iš augalų, krituliai išvalo žiedadulkes iš oro ir jas nusodina, o vėjo greitis stimuliuoja žiedadulkių paleidimo intensyvumą (Šaulienė et al., 2015). Paros žiedadulkių išsiskyrimo pradžia ir kiekis daugiausia priklauso nuo paros oro temperatūros ir manoma, kad jei tam tikros temperatūros ribos nebus pasiekiamos, apdulkinimas neprasidės (Dąbrowska-Zapart et al., 2022). Oro temperatūros įtaka augalų žydėjimo procesui patvirtinama, remiantis A. Kubik-Komar (2021) su bendraautoriais tyrimu, kuriame nurodyta, kad beržo genties žiedadulkių sezono pradžia pirmiausia priklauso nuo oro temperatūros vasario–balandžio mėnesiais pirmų dešimties dienų. Naudojant Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientą nustatyta, kad beržo genties žiedadulkių sezono pradžią paspartino aukšta vidutinė oro temperatūra ir saulės trukmė likus 14 dienų iki sezono (neigiama koreliacija), o didelis vėjo greitis ir didelis kritulių kiekis likus 14 dienų iki sezono atitolino beržų žiedadulkių sezono pradžią (teigiama koreliacija) (Dąbrowska-Zapart et al., 2022). Beržinių šeimai priklausančių medžių ir krūmų apdulkinimo dinamika labai priklauso nuo meteorologinių sąlygų, visų pirma nuo temperatūros svyravimų žiemą ir pavasarį, taip pat nuo sniego dangos sulaikymo laiko ir saulės spinduliuotės (Malkiewicz et al., 2016). Lyginant šiuos mokslinius straipsnius darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkių sezono pradžia daugiausia priklauso nuo oro temperatūros ir saulės trukmės likus 10–14 dienų iki žiedadulkių sezono pradžios.

Remiantis M. Puc (2015) su bendraautoriais tyrimų rezultatais, beržo genties žiedadulkių koncentracijos ir meteorologinių parametrų koreliacinė analizė parodė, kad oro temperatūra, bendra radiacija, santykinė oro drėgmė ir vėjo greitis yra pagrindiniai veiksniai, darantys įtaką žiedadulkių koncentracijai atmosferoje. Rezultatai rodo, kad didelė alksnio ir beržų žiedadulkių koncentracija gali susidaryti dieną ir naktį, o mažiausia koncentracija būna ryte (Borycka et al., 2018). Remiantis K. Dąbrowska-Zapart (2022) su bendraautoriais, kurie panaudojo Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientą nustatyta, kad paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos reikšmė parodė statistiškai reikšmingą teigiamą saulės šviesos trukmės ir vidutinio bei didžiausio vėjo greičio koreliaciją, tačiau nustatyta neigiama koreliacija tarp minimalios oro temperatūros, temperatūros šalia žemės, santykinės oro drėgmės ir kritulių kiekio. Kitame moksliniame straipsnyje nurodyta, kad ryšys tarp oro temperatūros ir žiedadulkių buvo

teigiamas, o tarp santykinės oro drėgmės, kritulių ir žieddulkių – neigiamas (Ščevková et al., 2023). Didžiausios beržo genties žieddulkių koncentracijos stebimos šiltos, saulėtos ir sausos anticikloninės cirkuliacijos metu su anticiklonu apatinėje ir viršutinėje troposferoje (advekcija yra iš pietvakarių), o mažiausios žieddulkių koncentracijos stebimos šalto, drėgno ir debesuoto ciklono atveju su advekcija iš šiaurinių sektorių (Ojrzyńska et al., 2020). Remiantis H. Ojrzyńska (2020) su bendraautoriais tyrimais, saulės trukmė gali papildomai paveikti beržo genties žieddulkių koncentraciją. Lyginant šiuos mokslinius straipsnius darytina išvada, kad paros beržo genties žieddulkių koncentracija padidėja esant aukštesnei oro temperatūrai, ilgesnei saulės šviesos trukmei ir intensyvesniam vėjo greičiui, o sumažėja dėl aukštesnio santykinio oro drėgnio ir didelio kritulių kiekio.

Išanalizavus mokslinę literatūrą, tyrimui atlikti pasirinkti meteorologiniai parametrai: oro temperatūra (°C), kritulių kiekis (mm), vėjo greitis (m/s) ir vėjo kryptis.

2. DARBO OBJEKTAS IR METODAI

2.1. Darbo objektas

Tyrimas apima 19 metų (2005–2023 m.) Klaipėdos miesto aerobiologinėje stotelėje fiksuotų beržo genties žiedadulkių kiekio iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenų analizę. Tyrimui atlikti paimti paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos duomenys ir 2 val. žiedadulkių kiekio duomenys. Šiame magistro darbe beržo genties žiedadulkių sezono duomenys nebuvo analizuoti, kadangi daroma prielaida, kad tolimosios pernašos sąlygotos beržų žiedadulkės yra tos, kurios fiksuojamos iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos. Beržo genties žiedadulkių duomenys gauti iš Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos aerobiologinės stotelės Klaipėdoje. Tyrimui pasirinktos beržo genties žiedadulkės, nes beržas yra paplitęs Europoje ir yra vienas iš labiausiai tyrinėjamų medžių dėl jo žiedadulkių sukeliama stipraus alerginio poveikio. Vertinant tolimąją žiedadulkių pernašą Lietuvoje, Klaipėda pasirinkta neatsitiktinai. Klaipėdoje nuo 2004 m. esanti aerobiologinė stotelė yra arčiausiai Baltijos jūros esanti aerobiologinė stotelė Lietuvoje, todėl tinkamiausia vertinti nevietinės kilmės žiedadulkių atvejus.

2.2. Darbo metodai

2.2.1. Beržo genties žiedadulkių duomenų analizė

Šiame magistro darbe analizuoti Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių duomenys, apimantys 19 metų laikotarpį (2005–2023 m.). Tyrimui atlikti buvo paimti paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos ir 2 val. žiedadulkių kiekio duomenys iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos. Žiedadulkių sezonui apibrėžti taikytas 95 proc. metodas. Taikant šį metodą, beržo genties žiedadulkių sezonas prasideda, kai žiedadulkių kiekis pasiekia 2,5 proc. metinio žiedadulkių kiekio ir baigiasi, kai metinis žiedadulkių kiekis pasiekia 97,5 proc. Remiantis šiuo metodu, 5 proc. beržų žiedadulkių yra priskirtinos prie tų žiedadulkių, kurios galimai atnešamos iš kitų šalių (Kubik-Komar et al., 2021). Pagal 95 proc. metodą apskaičiuoti paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos duomenys ir beržo genties žiedadulkių 2 val. duomenys gauti iš Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos aerobiologinės stotelės Klaipėdoje. Taigi, analizuojant tolimąją beržo genties žiedadulkių pernašą, tyrimui pasirinkti du laikotarpiai, t. y., iki beržų žiedadulkių sezono pradžios ir po beržų žiedadulkių sezono pabaigos, nes daroma prielaida, kad šiuo laikotarpiu šios žiedadulkės gali būti nevietinės kilmės.

2.2.2. Meteorologinių duomenų analizė

Nustatant 2005–2023 m. meteorologinių sąlygų įtaką Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių koncentracijai ore, meteorologiniai duomenys: oro temperatūra, kritulių kiekis, vėjo u ir v komponentai, naudojant „RStudio“ programinę įrangą, gauti iš Europos vidutinio nuotolio orų prognozių centro (ECMWF) klimato kaitos tarnybos (angl. The Copernicus Climate Change Service). Meteorologiniai duomenys apdoroti, naudojant „Microsoft Excel“ programinę įrangą.

Naudojant „Microsoft Excel“ programinę įrangą, kritulių kiekio (m) duomenys perskaičiuoti į milimetrus (mm), o vidutinis vėjo greitis apskaičiuotas pagal formulę [1]:

$$|\vec{V}| = \sqrt{u^2 + v^2} \quad [1]$$

Naudojant „Microsoft Excel“ programinę įrangą, vėjo kryptis apskaičiuota pagal formulę [2]:

$$\phi = \text{mod} \left(180 + \frac{180}{\pi} \text{atan2}(v, u), 360 \right) \quad [2]$$

$|\vec{V}|$ – vidutinis vėjo greitis, m/s

ϕ – vėjo kryptis

Gauti meteorologiniai duomenys susisteminti ir sulyginami su 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenimis.

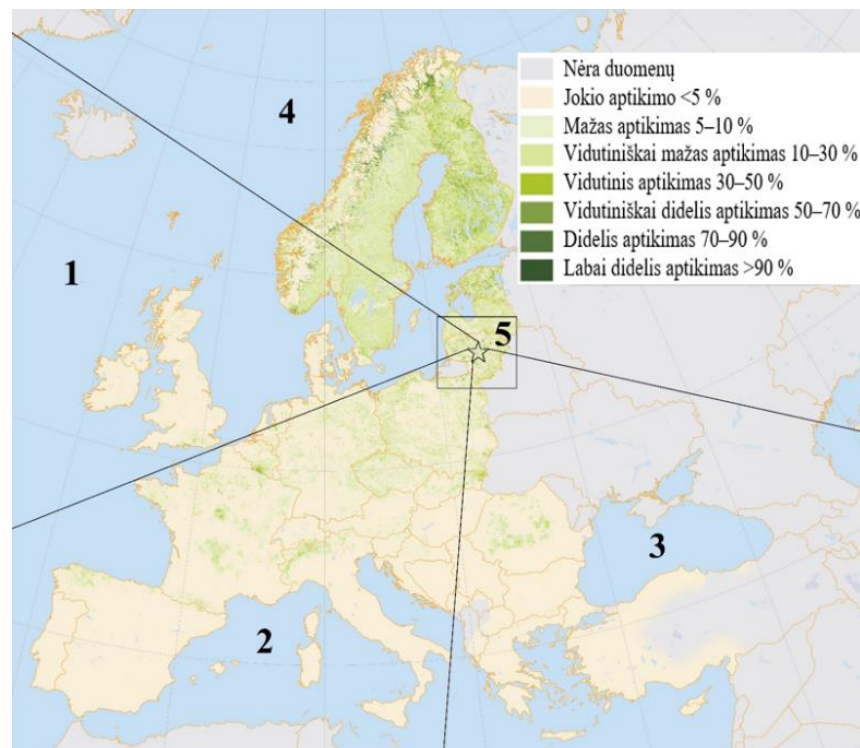
2.2.3. HYSPLIT modelio įvesties parinkimas

2005–2023 m. oro masių atgalinių trajektorijų nustatymui ir kritulių kiekio oro masių trajektorijos kelyje įvertinimui panaudotas Nacionalinės vandenynų ir atmosferos administracijos (NOAA) oro išteklių laboratorijos (ARL) tiekiamas hibridinis vienos dalelės Lagranžo integruotos trajektorijos modelis HYSPLIT. Su HYSPLIT modeliu sumodeliuotos atgalinės trajektorijos rodo tik judančių oro masių kryptį, bet ne žiedadulkių šaltinio plotą (Bilińska et al., 2017). Magistro darbe buvo naudojama internetinė modelio versija. HYSPLIT modelio parametrų parinkimas vyko tokia tvarka. HYSPLIT modelyje pirmiausia pasirinkama archyvinė duomenų bazė, GDAS1 meteorologiniai duomenys (globalus padengimas nuo 2006 m.), įvedamos Klaipėdoje esančios aerobiologinės stotelės koordinatės, t. y., 55° 45' 20.0" Šiaurės plotuma, 21° 07' 32.0" Rytų ilguma perskaičiuota į dešimtainius laipsnius: Šiaurės plotuma $55 + \left(\frac{45}{60}\right) + \left(\frac{20,0}{3600}\right) = 55.7555556$, Rytų ilguma $21 + \left(\frac{7}{60}\right) + \left(\frac{32,0}{3600}\right) = 21.1255556$. Taip pat HYSPLIT modelyje nustatytas modeliuojamas laikotarpis pagal 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties

žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenis, nurodoma trajektorijos kryptis – atgalinė trajektorija, parenkamas izobarinis vertikalus paviršius, įvedama data ir laikas pagal UTC laiko skalę, modeliuojama 48 val. oro masių atgalinė trajektorija, nustatoma, kad kas 6 val. modeliuojama nauja trajektorija, nurodomas 1000 m oro masių slinkties aukštis ir pažymėtas kritulių kiekis (mm/val.) oro masių trajektorijos kelyje. Kritulių kiekis modelyje pasirinktas žinant, kad krituliai gali nusodinti ore esančias žiedadulkes ir kad krituliai yra vieni iš svarbiausių meteorologinių parametru apsprendžiančių žiedadulkių koncentraciją.

2.2.4. Oro masių atgalinių trajektorijų skirstymas

Oro masių atgalinių trajektorijų suskirstymui, Europa padalinta į 5 Europos regionus (3 pav.). Skirstymas atliktas tam, kad analizuojant beržo genties žiedadulkių sklaidą, būtų nustatytos teritorijos, iš kurių galėjo būti atneštos nevietinės beržų žiedadulkės. Žemėlapis paimtas iš Europos miško medžių rūšių atlaso. Europos miško medžių rūšių atlase yra didelės skiriamosios gebos pasiskirstymo žemėlapis, įvertinantis santykinę visos beržo genties aptikimo tikimybę (Beck et al., 2016). Naudojant „SPSS“ programinę įrangą, apskaičiuotas oro masių atgalinių trajektorijų atvejų skaičius skirtinguose 5 Europos regionuose. Taip pat naudojant „SPSS“ programinę įrangą, apskaičiuotas kritulių kiekio oro masių trajektorijos kelyje atvejų skaičius.



3 pav. Santykinė beržo genties aptikimo tikimybės žemėlapis ir Europos skirstymas į 5 Europos regionus pagal oro masių atgalinių trajektorijų kryptis

Europos suskirstymas į 5 Europos regionus (Veriankaitė, 2010):

1 Europos regionui priskiriamos oro masės, slenkančios per Islandiją, Atlanto vandenyną, Šiaurės ir Šiaurės vakarų Europą (Didžioji Britanija, Airija, Danija ir kt.).

2 Europos regionui priskiriamos oro masės, slenkančios per Vidurio, Vakarų, Pietų ir Pietvakarių Europą (Ispanija, Prancūzija, Vokietija, Italija, Čekija, Lenkija ir kt.).

3 Europos regionui priskiriamos oro masės, slenkančios per Pietryčių ir Rytų Europą (Graikija, Bulgarija, Rumunija, Ukraina, Baltarusija ir kt.).

4 Europos regionui priskiriamos oro masės, slenkančios per Skandinavijos šalis (Norvegija, Švedija, Suomija), Šiaurės rytų Europą ir Baltijos jūrą.

5 Europos regionui priskiriamos vietinės oro masės (Lietuvos teritorija).

2.2.5. Dalelių sklaidos modeliavimas

Remiantis J. M. Maya-Manzano (2021) su bendraautoriais tyrimais, su HYSPLIT modeliuojant dalelių sklaidą, buvo imta beržo genties žiedadulkių koncentracija, kai jų daugiau nei 80 žiedadulkių/m³. Remiantis P. Bogawski (2019) su bendraautoriais tyrimais, žiedadulkių padidėjimas, kurios koncentracija daugiau nei 30 žiedadulkių/m³, laikomas galimu tolimosios pernašos epizodu. Šiame magistro darbe su HYSPLIT modeliu dalelių sklaidai modeliuoti atrinkti atvejai, kai 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenyse užfiksuoti dideli beržų žiedadulkių kiekiai, siekiantys ≥ 50 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą, nustatyti Lietuvoje fiksuotų beržo genties žiedadulkių tikėtini šaltiniai. Dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai patikrinti su Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu duomenimis (polleninformation.at, 2024a). Ši informacija reikalinga priimti arba atmesti galimus beržo genties žiedadulkių sklaidos šaltinius, iš kurių į Lietuvą galėjo būti atneštos nevietinės kilmės beržų žiedadulkės.

HYSPLIT modelio pagalba sumodeliuota dalelių sklaida pagal P. Bogawski (2019) su bendraautoriais išpublikuotą metodiką. Šiame magistro darbe naudoti parametrai: beržo genties žiedadulkių nusėdimo greitis 0,027 m/s, atgalinės sklaidos trajektorijos, dalelių išsiskyrimo pradžios laikas pagal UTC skalę, dalelių pasklidimo nuo šaltinio viršutinis aukštis 30 m (maksimalus beržo genties augalų aukštis) dalelių išsiskyrimo trukmė 6 val., bendra modeliavimo trukmė 84 val., vidutinis laikotarpis 3 val. ir vidutinis sluoksnio viršus – 100 m virš jūros lygio. Dalelių pasklidimo nuo šaltinio viršutinis aukštis imtas, remiantis P. Beck (2016) su bendraautoriais duomenimis, kur nurodoma, kad karpotasis beržas yra vidutinio dydžio medis, užaugantis iki 30 m.

2.2.6. Duomenų statistinė analizė

Duomenų statistinė analizė atlikta, naudojant „Microsoft Excel“, „SPSS“ ir „Past 4.03“ programines įrangas. Naudojant „Microsoft Excel“ programinę įrangą, apskaičiuotas paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios, vidutinės oro temperatūros, vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio vidurkis, standartinis nuokrypis ir maksimali reikšmė. Po beržų žiedadulkių sezono pabaigos apskaičiuotas paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos ir vidutinės oro temperatūros vidurkis, standartinis nuokrypis, minimali ir maksimali reikšmė. Naudojant „Microsoft Excel“ programinę įrangą, apskaičiuotos beržų žiedadulkių fiksavimo trukmės dienomis iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos, sudarytos vėjo rožės ir rezultatų pateikimui, sudarytos diagramos.

Naudojant „SPSS“ programinę įrangą, apskaičiuoti neparimetriniai Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientai ir nustatyta tolimosios pernašos sąlygotos beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore iki žiedadulkių sezono pradžios priklausomybė nuo vidutinės oro temperatūros, vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio. Nagrinėtoje mokslinėje literatūroje, nustatant meteorologinių sąlygų įtaką žiedadulkių koncentracijai ore, dažniausiai naudojamas neparimetrinis Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas, todėl ir šiam tyrimui pasirinktas toks pat metodas.

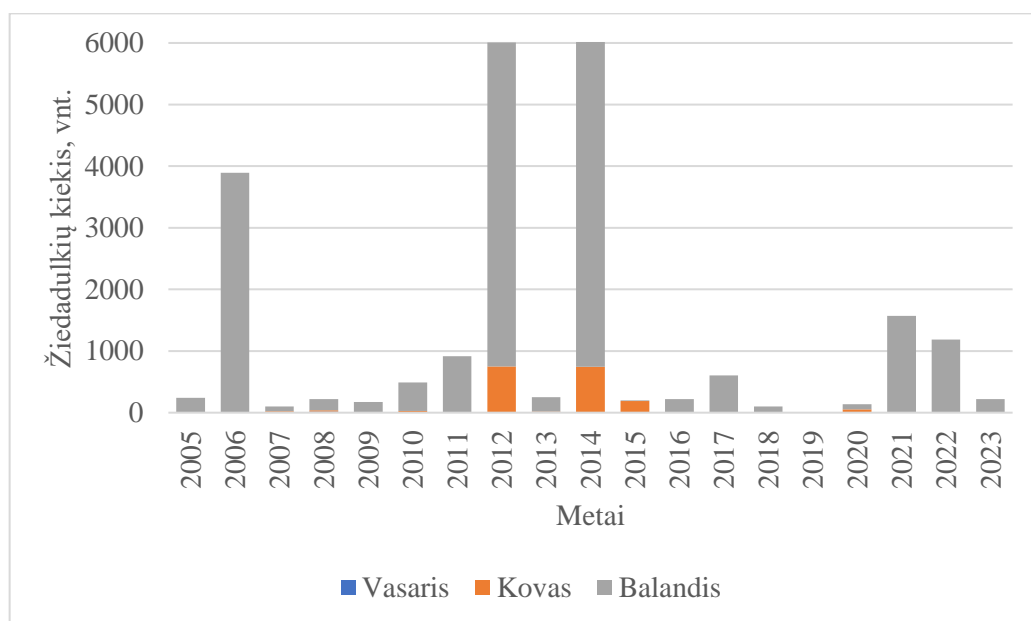
Naudojant „Past 4.03“ programinę įrangą, panaudotas daugialypės regresijos metodas, siekiant nustatyti ryšį tarp paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios (vieno priklausomo kintamojo) ir kompleksinių meteorologinių sąlygų, t. y., vidutinės oro temperatūros, vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio (kelių nepriklausomų kintamųjų). Taip pat naudojant „Past 4.03“ programinę įrangą, panaudotas Mann-Whitney U testas, norint išsiaiškinti, ar vidutinė oro temperatūra skiriasi tarp metų, kai 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotos beržo genties žiedadulkės po žiedadulkių sezono pabaigos. Mann-Whitney U testas yra neparimetrinis, naudojamas dviejų imčių vidurkiams, paimtiems iš tos pačios populiacijos, palyginti ir naudojamas patikrinti, ar dviejų imčių vidurkiai yra vienodi, ar ne. Taip pat naudojant „Past 4.03“ programinę įrangą, sudarytos gautų Mann-Whitney U testo vidutinės oro temperatūros beržų žiedadulkių fiksavimo metu po žiedadulkių sezono pabaigos p reikšmių, kai $p < 0,05$ ir $p > 0,05$ histogramos.

3. DARBO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

3.1. Tolimosios pernašos sąlygotas beržo genties žiedadulkių kiekis Klaipėdoje

Atliekant tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos tyrimus, svarbu išanalizuoti tolimosios pernašos sąlygotą žiedadulkių kiekį, kuris taip pat gali sukelti alergijos simptomus alergiškiems žmonėms. Susisteminus 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. duomenis nustatyta, kad Klaipėdos aerobiologinėje stotelėje 2005–2023 m. laikotarpiu, kai buvo fiksuotos beržų žiedadulkės iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos, iš viso užfiksuota 49732 žiedadulkių/2 val. Didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis užfiksuotas 2014 m. (11575 žiedadulkių/2 val.), o tai sudaro 23,27 proc. nuo viso tyrimo metu užfiksuoto beržų žiedadulkių kiekio. 2012 m. užfiksuota 51 beržų žiedadulkių mažiau nei 2014 m. Šie rezultatai papildė L. Šukienės (2021) su bendraautoriais pateiktus duomenis, kad didžiausias sergamumas alerginiu rinitu 2014 m. dokumentuotas Klaipėdos ir Šiaulių regionuose.

Beržo genties žiedadulkės iki žiedadulkių sezono pradžios užfiksuotos vasario–balandžio mėnesiais, o beržų žiedadulkių kiekis pavaizduotas 4 paveiksle.

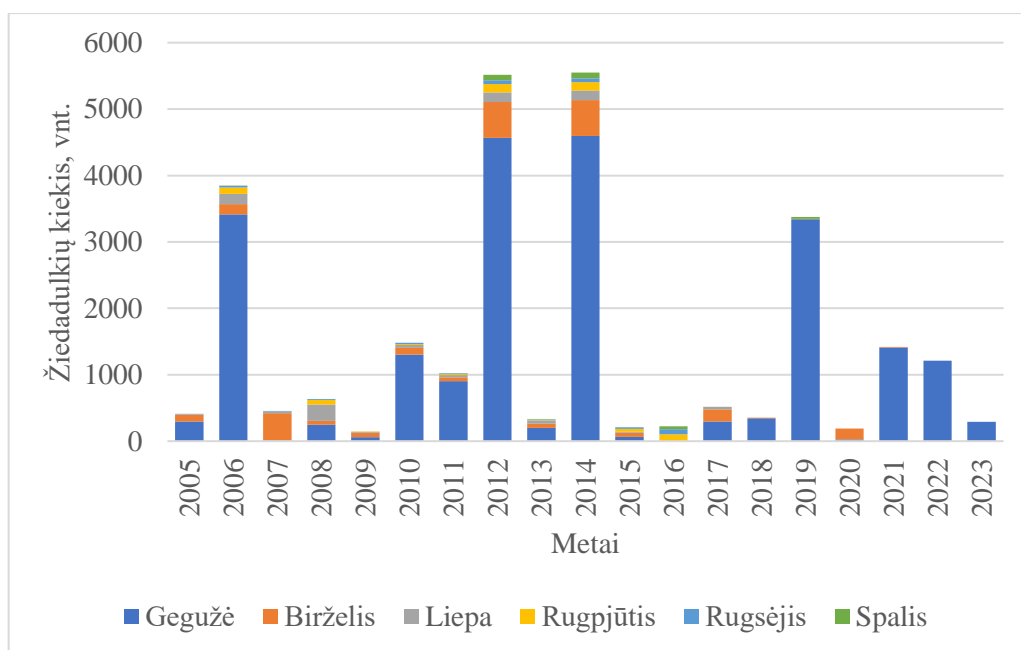


4 pav. 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių kiekis iki žiedadulkių sezono pradžios (vasario–balandžio mėn.)

Analizuojant 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių sezono pradžios duomenis nustatyta, kad iš viso užfiksuota 22553 žiedadulkių/2 val. 2019 m. beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios nebuvo užfiksuota. Didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis iki žiedadulkių sezono pradžios užfiksuotas balandžio mėnesį, o

vasario ir kovo mėnesiais aptikta nedaug, t. y., vasario mėnesio duomenys sudaro 0,12 proc., o kovo mėnesio duomenys sudaro 8,22 proc. nuo visų iki beržų žiedadulkių sezono pradžios užfiksuotų žiedadulkių kiekio. Taip pat analizuojant duomenis nustatyta, kad didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis iki žiedadulkių sezono pradžios užfiksuotas 2014 m. (6027 žiedadulkių/2 val.), o tai sudaro 26,72 proc. nuo visų iki beržų žiedadulkių sezono pradžios užfiksuotų žiedadulkių kiekio.

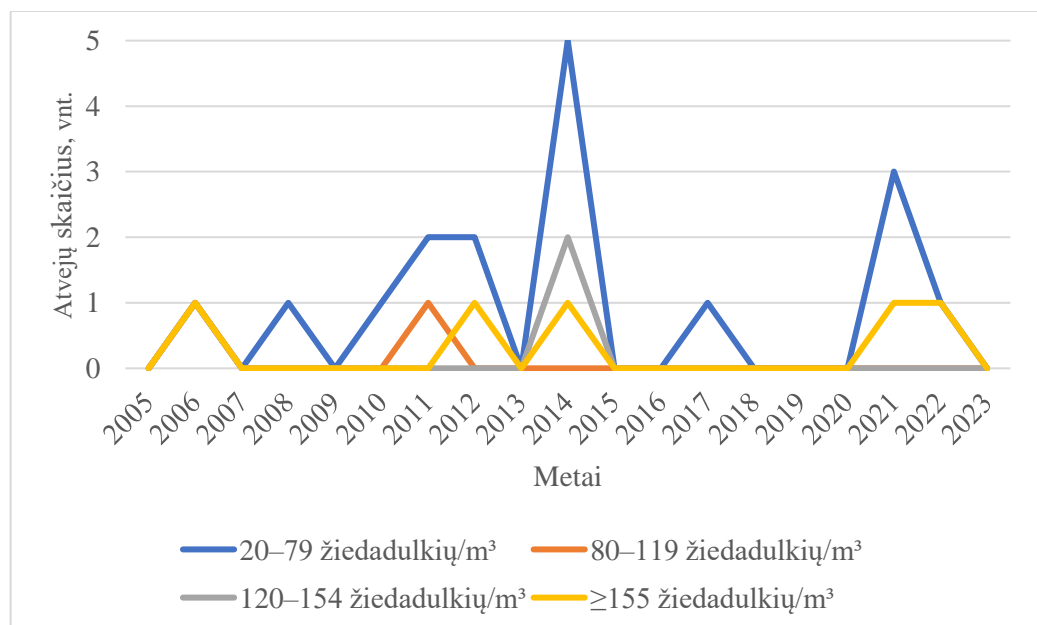
Beržo genties žiedadulkės po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuotos gegužės–spalio mėnesiais, o beržų žiedadulkių kiekis pavaizduotas 5 paveiksle.



5 pav. 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių kiekis po žiedadulkių sezono pabaigos (gegužės–spalio mėn.)

Analizuojant 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. po žiedadulkių sezono pabaigos duomenis nustatyta, kad iš viso užfiksuota 27179 žiedadulkių/2 val. Lyginant duomenis matoma, kad iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios užfiksuota 17,02 proc. mažiau žiedadulkių nei po žiedadulkių sezono pabaigos, galimai dėl trumpesnio sezono. Didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuotas gegužės mėnesį, o kitais mėnesiais (birželio–spalio mėn.) aptikta nedaug, t. y., birželio–spalio mėnesių duomenys sudaro 16,94 proc. nuo visų po beržų žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuotų žiedadulkių kiekio. Analizuojant duomenis nustatyta, kad didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuotas 2014 m. (5548 žiedadulkių/2 val.), o tai sudaro 20,41 proc. nuo visų po beržų žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuotų žiedadulkių kiekio.

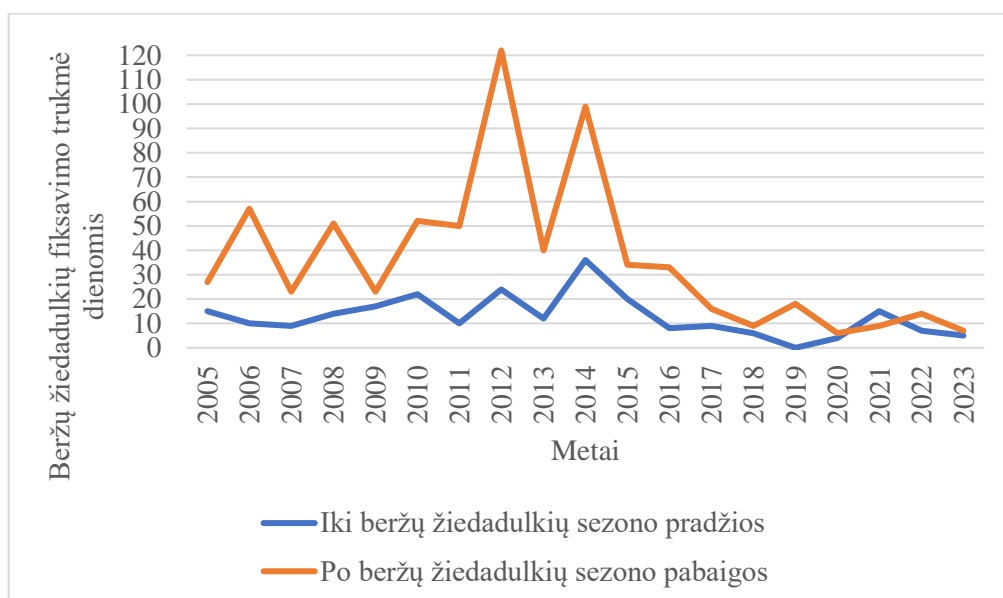
Vertinant 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios duomenis, užfiksuotos didelės beržų žiedadulkių koncentracijos, t. y., paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos kito nuo 0,56 iki 575,12 žiedadulkių/m³. Nagrinėtoje mokslinėje literatūroje (Dąbrowska-Zapart et al., 2022, Ojrzyńska et al., 2020, Kubik-Komar et al., 2021) nurodyta, kad pirmieji simptomai viršutiniuose kvėpavimo takuose pacientams, alergiškiems beržų žiedadulkėms matomi, esant 20 žiedadulkių/m³ koncentracijai, o daugumai alergiškų žmonių jie pasireiškia tada, kai žiedadulkių koncentracija pasiekia 80 žiedadulkių/m³. Esant 120 žiedadulkių m³ koncentracijai, alergijos simptomai alergiškiems beržų žiedadulkėms sustiprėja, o dusulys pasireiškia, esant 155 žiedadulkių/m³ koncentracijai. Išanalizavus 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios duomenis nustatyta, kad beržo genties žiedadulkių, kai jų koncentracija nuo 20 iki 79 žiedadulkių/m³, užfiksuota 17 atvejų (6 pav.). Daugiausiai atvejų užfiksuota 2014 m. (5 atvejai). Beržų žiedadulkių, kai jų koncentracija nuo 80 iki 119 žiedadulkių/m³, užfiksuoti 2 atvejai – 2006 m. ir 2011 m. Beržų žiedadulkių, kai jų koncentracija nuo 120 iki 154 žiedadulkių/m³, užfiksuoti 3 atvejai – 2006 m. (1 atvejis) ir 2014 m. (2 atvejai). Beržų žiedadulkių, kai jų koncentracija nuo 155 žiedadulkių/m³, užfiksuoti 5 atvejai – 2006 m., 2012 m., 2014 m., 2021 m., 2022 m.



6 pav. 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios duomenys, kai užfiksuotos didelės beržų žiedadulkių koncentracijos

Iš 6 paveikslo matyti, kad 2014 m. Klaipėdoje užfiksuoti didžiausi paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios viršijimai. Apibendrinus šio tyrimo rezultatus su nagrinėtoje mokslinėje literatūroje pateikta informacija matoma, kad tolimosios pernašos sąlygoti beržo genties žiedadulkių kiekiai gali iššaukti alergijos simptomus. Tą patvirtina 6 paveiksle pateikti rezultatai, kad beržų žiedadulkėms alergiški žmonės iki žiedadulkių sezono pradžios gali būti veikiami žiedadulkių.

Atliekant tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos tyrimus, svarbu išanalizuoti ne tik tolimosios pernašos sąlygotą žiedadulkių kiekį, bet ir trukmę. Tolimosios pernašos apspręsta beržų žiedadulkių fiksavimo trukmė dienomis iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos pateiktos 7 paveiksle.

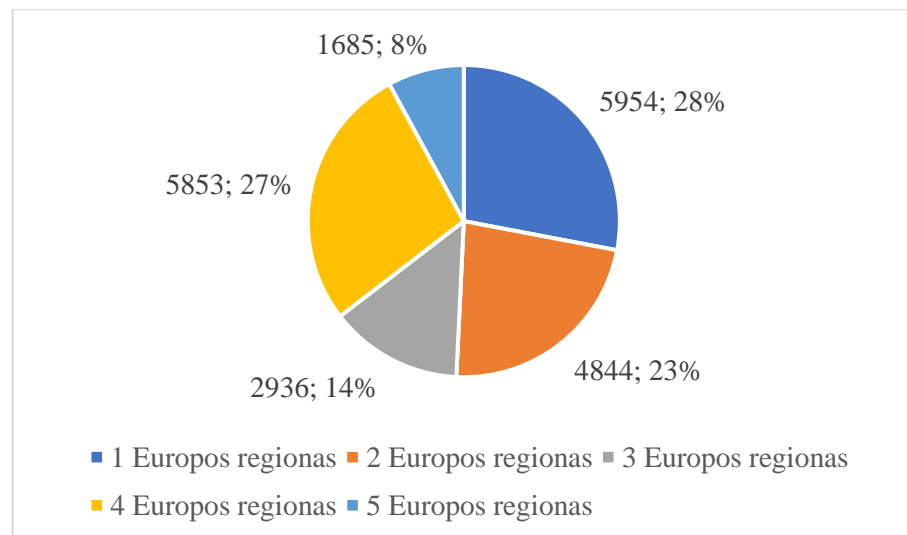


7 pav. Beržų žiedadulkių fiksavimo trukmės dienomis iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos Klaipėdoje 2005–2023 m.

Analizuojant 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenis matyti, kad iki beržų žiedadulkių sezono pradžios didžiausias dienų skaičius užfiksuotas 2014 m. (36 dienos), o mažiausias 2019 m., nes šiais metais iki žiedadulkių sezono pradžios beržo genties žiedadulkių nebuvo užfiksuota. Po beržų žiedadulkių sezono pabaigos didžiausias dienų skaičius užfiksuotas 2012 m. (122 dienos), o mažiausias 2020 m. (6 dienos). Tyrimo rezultatai rodo, kad beržų žiedadulkių fiksavimo trukmė iki žiedadulkių sezono pradžios yra trumpesnė nei po žiedadulkių sezono pabaigos. Taip pat tyrimo rezultatai rodo, kad kiekvienais metais beržų žiedadulkių fiksavimo trukmės kinta ir nuo to gali priklausyti beržo genties žiedadulkių kiekis.

3.2. Oro masių, pasiekiančių Klaipėdą beržo genties žiedadulkių fiksavimo metu, atgalinių trajektorijų analizė

Atliekant tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos tyrimus, svarbu nustatyti žiedadulkių sklaidos šaltinius. Daroma prielaida, kad beržų žiedadulkės galėjo būti atneštos oro masių iš teritorijų, kuriose tuo metu žydi beržai. Dėl šios priežasties su HYSPLIT modeliu nustatytos oro masių atgalinės trajektorijos. Atliekant oro masių atgalinių trajektorijų analizę, nustatytos oro masių pernašos iš Europos regionų į Klaipėdos aerobiologinę stotelę 2005–2023 m. laikotarpiu, kai buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos. Bendras oro masių atgalinių trajektorijų atvejų skaičius Klaipėdoje (2005–2023 m.), atsižvelgiant į trajektorijos kryptį pateiktas 8 paveiksle.

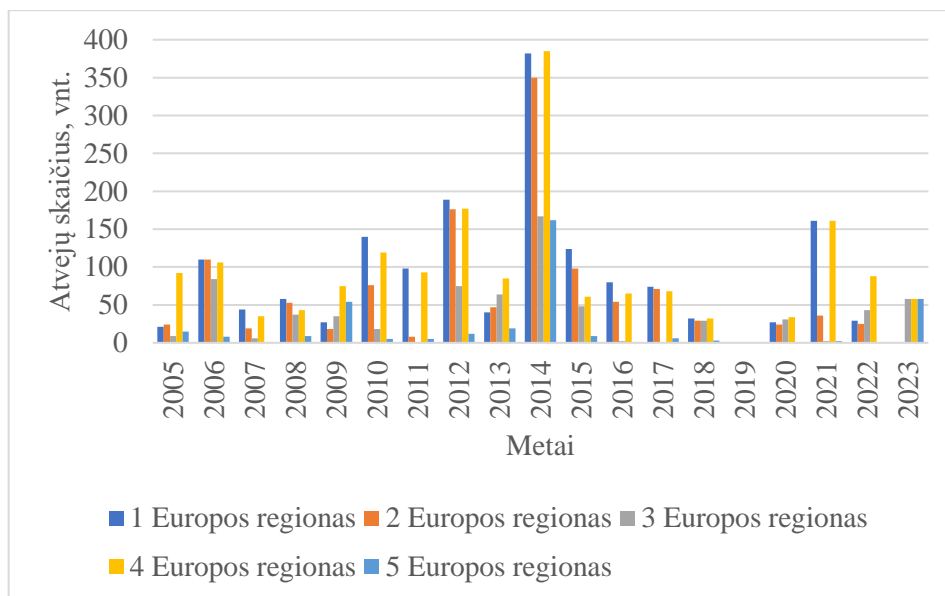


8 pav. Bendras oro masių atgalinių trajektorijų atvejų skaičius Klaipėdoje (2005–2023 m.), atsižvelgiant į trajektorijos kryptį

Susisteminius duomenis nustatyta, kad per visą tyrimo laikotarpį (2005–2023 m.) daugiausiai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1 Europos regiono (5954 atvejų, o tai sudaro 28 proc.) ir 4 Europos regiono (5853 atvejų, o tai sudaro 27 proc.), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (1685 atvejų, o tai sudaro 8 proc.).

3.2.1. Oro masių atgalinių trajektorijų iki Klaipėdos mieste fiksuotų beržų žiedadulkių sezono pradžios analizė

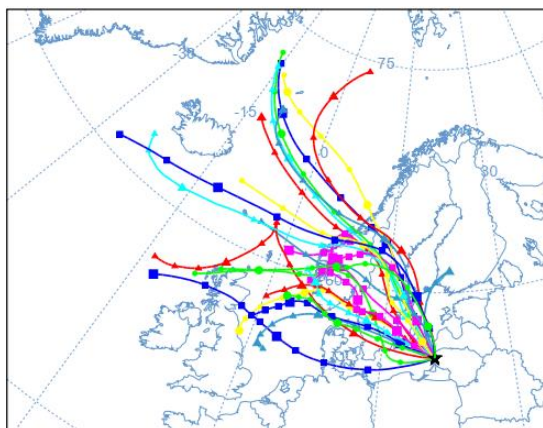
Atliekant oro masių atgalinių trajektorijų analizę, nustatytos oro masių pernašos iš Europos regionų į Klaipėdos aerobiologinę stotelę 2005–2023 m. laikotarpiu, kai buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės iki žiedadulkių sezono pradžios (9 pav.).



9 pav. Metinis oro masių atgalinių trajektorijų atvejų skaičius iki beržų žiedadulkių sezono pradžios Klaipėdoje, atsižvelgiant į trajektorijos kryptį

Susisteminius duomenis nustatyta, kad daugiausiai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4 Europos regiono (1777 atvejų, o tai sudaro 31 proc.) ir 1 Europos regiono (1636 atvejų, o tai sudaro 29 proc.), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (367 atvejų, o tai sudaro 7 proc.).

Iš 9 paveikslo matyti, kad 2005–2023 m. laikotarpiu, kai Klaipėdoje buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės iki žiedadulkių sezono pradžios, daugiausiai oro masių atgalinių trajektorijų atvejų užfiksuota 2014 m., t. y. iš 4 Europos regiono 385 atvejų, o 1 Europos regiono 382 atvejų ir mažiausiai iš 5 Europos regiono (162 atvejų). 10 paveiksle pateiktas tipišku oro masių slinkties atvejų pavyzdys.

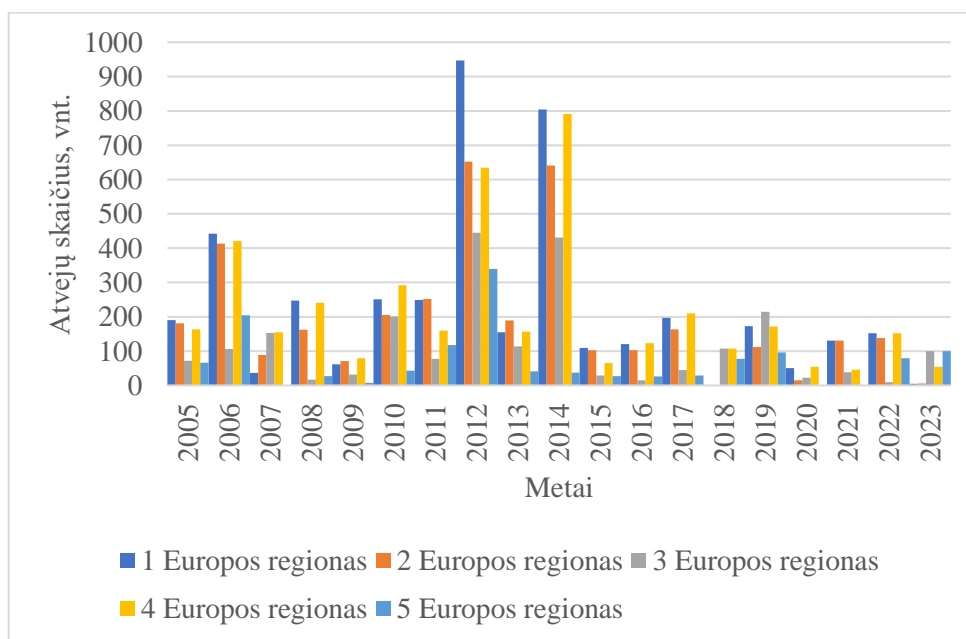


10 pav. HYSPLIT modelio oro masių atgalinių trajektorijų, pasiekiančių Klaipėdos aerobiologinę stotelę (pavaizduota žvaigždute), 2014 m. kovo 17 d. vaizdas

Su HYSPLIT modeliu atlikus oro masių atgalines trajektorijas, 2014 m. kovo 17 d. nustatytos tipinės oro masių atgalinės trajektorijos iš 1 ir 4 Europos regionų (pilnas vaizdas pateiktas 1 priede).

3.2.2. Oro masių atgalinių trajektorijų po Klaipėdos mieste fiksuotų beržų žiedadulkių sezono pabaigos analizė

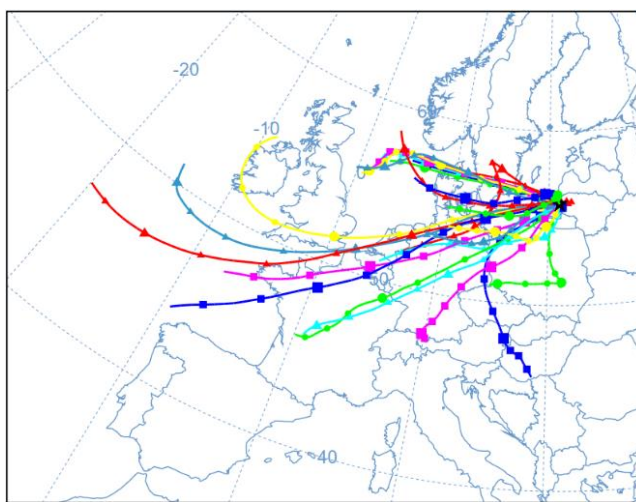
Daroma prielaida, kad tolimosios pernašos sąlygotos žiedadulkės yra tos, kurios fiksuojamos iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos. Remiantis D. Myszkowska (2021) su bendraautoriais duomenimis, žiedadulkių sezono pabaigos analizė yra problemiškesnė dėl vietinių augalų žiedadulkių šaltinių poveikio, todėl kyla sunkumų patikimai nustatyti tolimosios pernašos įvykius. Atliekant oro masių atgalinių trajektorijų analizę, nustatytos oro masių pernašos iš Europos regionų į Klaipėdos aerobiologinę stotelę 2005–2023 m. laikotarpiu, kai buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės po žiedadulkių sezono pabaigos (11 pav.).



11 pav. Metinis oro masių atgalinių trajektorijų atvejų skaičius po beržų žiedadulkių sezono pabaigos Klaipėdoje, atsižvelgiant į trajektorijos kryptį

Susisteminius duomenis nustatyta, kad daugiausiai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1 Europos regiono (4320 atvejų, o tai sudaro 28 proc.) ir 4 Europos regiono (4076 atvejų, o tai sudaro 26 proc.), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (1318 atvejų, o tai sudaro 9 proc.).

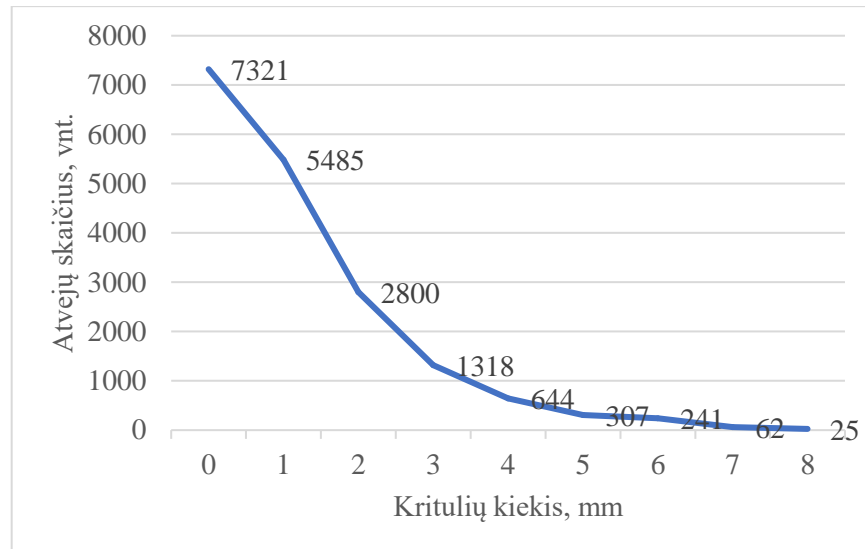
Iš 11 paveikslo matyti, kad 2005–2023 m. laikotarpiu, kai Klaipėdoje buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės po žiedadulkių sezono pabaigos, daugiausiai oro masių atgalinių trajektorijų atvejų užfiksuota 2012 m., t. y. iš 1 Europos regiono 947 atvejų, o 2 Europos regiono 652 atvejų ir mažiausiai iš 5 Europos regiono (340 atvejų). 2014 m. daugiausiai oro masių atgalinių trajektorijų atvejų užfiksuota iš 1 Europos regiono (804 atvejų) ir 4 Europos regiono (791 atvejų), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (37 atvejų). 12 paveiksle pateiktas tipišku oro masių slinkties atvejų pavyzdys.



12 pav. HYSPLIT modelio oro masių atgalinių trajektorijų, pasiekiančių Klaipėdos aerobiologinę stotelę (pavaizduota žvaigždute), 2012 m. birželio 21 d. vaizdas

Su HYSPLIT modeliu atlikus oro masių atgalines trajektorijas, 2012 m. birželio 21 d. nustatytos tipinės oro masių atgalinės trajektorijos iš 1 ir 2 Europos regionų (pilnas vaizdas pateiktas 2 priede).

Yra žinoma, kad krituliai gali nusodinti ore esančias žiedadulkes, todėl buvo įvertintas kritulių kiekis oro masių trajektorijos kelyje. Susisteminius duomenis nustatyta, kad per visą tyrimo laikotarpį (2005–2023 m.), kai Klaipėdos mieste buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuota kritulių nuo 0 iki 8 mm (13 pav.).



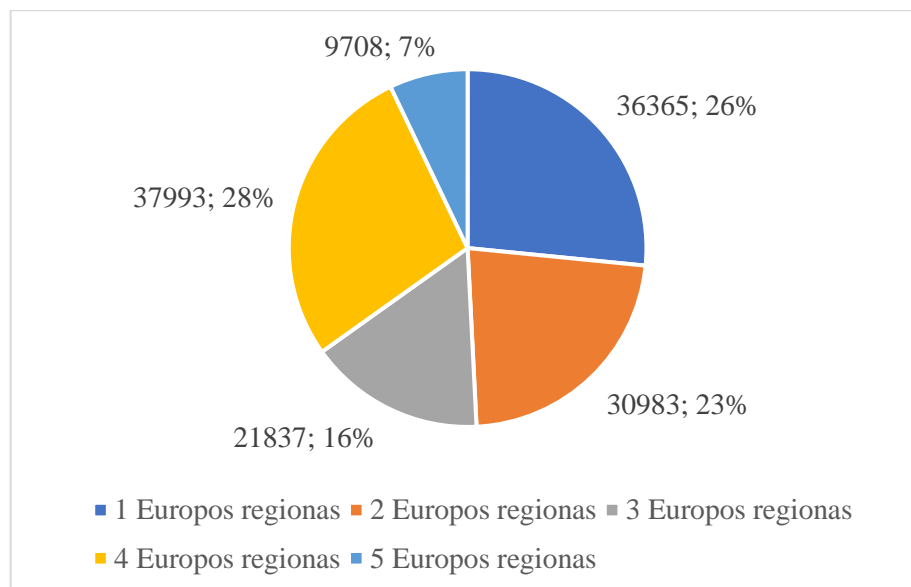
13 pav. Kritulių kiekis oro masių trajektorijos kelyje

Daugiausiai atvejų užfiksuota, kai kritulių nebuvo, t. y. 0 mm (7321 atvejų, o tai sudaro 40 proc.) ir kai buvo mažai kritulių, t. y., 1 mm (5485 atvejų, o tai sudaro 30 proc.). Vadinasi buvo palankios meteorologinės sąlygos beržo genties žiedadulkių pernašai.

Šiame magistro darbe pateikti oro masių atgalinių trajektorijų analizės rezultatai patvirtino L. Veriankaitės (2010) gautus oro masių atgalinių trajektorijų modeliavimo rezultatus. L. Veriankaitės darbe buvo analizuojami 2004–2009 m. sausio–rugsėjo mėnesių duomenys ir nurodyta, kad daugiausia Lietuvą pasiekia oro masės (1 Europos regionas), kurios dažniausiai susiformuoja ties Islandija ir slenka virš Atlanto vandenyno per Didžiąją Britaniją, Norvegijos jūrą, Daniją, Norvegiją, Švediją ir Baltijos jūrą. Bendroji situacijos analizė atskleidė tipiškas Lietuvai atmosferos cirkuliacijos tendencijas, todėl reikalinga detalesnė situacijos analizė, vertinant tolimosios pernašos sąlygotą beržo genties žiedadulkių kiekį.

3.3. Oro masių atgalinių trajektorijų ir beržo genties žiedadulkių analizė

Iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos Klaipėdą pasiekusių žiedadulkių kiekis asocijuotas su oro masių atgalinėmis trajektorijomis. Bendras beržo genties žiedadulkių, užfiksuotų 2005–2023 m. Klaipėdos mieste, kiekis pagal oro masių atgalinių trajektorijų kryptis pateiktas 14 paveiksle.



14 pav. Bendras beržo genties žiedadulkių, užfiksuotų 2005–2023 m. Klaipėdos mieste, kiekis pagal oro masių atgalinių trajektorijų kryptis

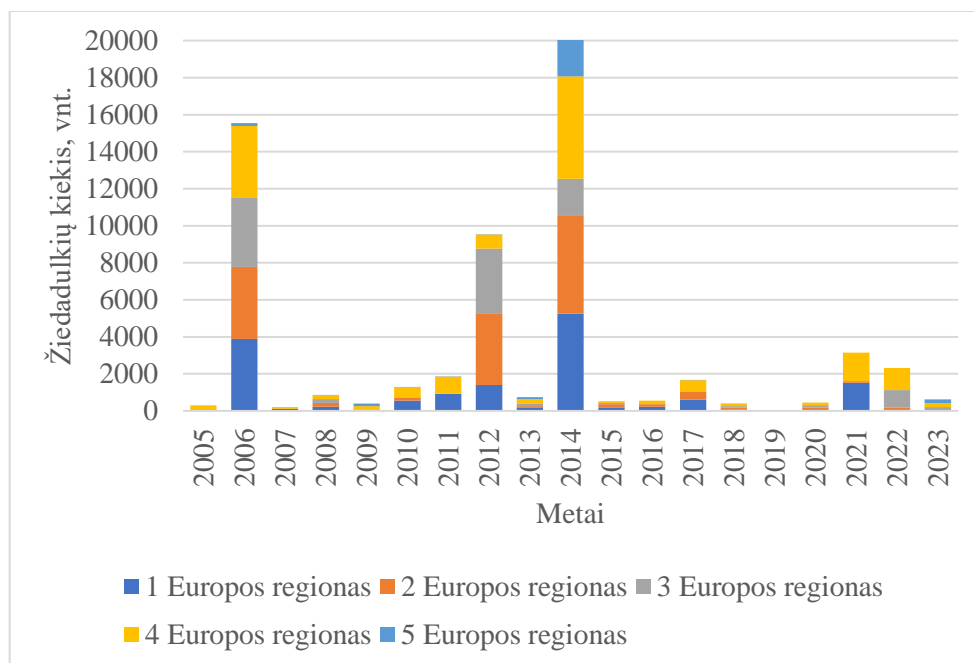
Susisteminius 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenis ir oro masių atgalinių trajektorijų analizės duomenis nustatyta, kad per visą tyrimo laikotarpį (2005–2023 m.) daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota, kai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4 Europos regiono – 37993 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 28 proc. nuo viso tyrimo metu užfiksuoto beržų žiedadulkių kiekio ir 1 Europos regiono (36365 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 26 proc.). Mažiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota, kai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 5 Europos regiono – 9708 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 7 proc. nuo viso tyrimo metu užfiksuoto beržų žiedadulkių kiekio.

3.3.1. Oro masių atgalinių trajektorijų ir beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios analizė

Nevietinės kilmės beržo genties žiedadulkės Klaipėdą pasiekia ankstyvą pavasarį. Pavyzdžiui, šio magistro darbo 3.1. skyriuje matyti, kad 2005 m., 2008 m. ir 2009 m. pirmosios beržo genties žiedadulkės Klaipėdoje užfiksuotos vasario mėnesį. Metinis beržo genties žiedadulkių, užfiksuotų 2005–2023 m. Klaipėdos mieste iki žiedadulkių sezono pradžios, kiekis pagal oro masių atgalinių trajektorijų kryptis pateiktas 15 paveiksle.

Susisteminius 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių sezono pradžios duomenis ir oro masių atgalinių trajektorijų analizės duomenis nustatyta, kad daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota iš 4 Europos regiono

(16608 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 28 proc.) ir 1 Europos regiono (15389 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 25 proc.), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (2904 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 5 proc.).



15 pav. Metinis beržo genties žiedadulkių, užfiksuotų 2005–2023 m. Klaipėdos mieste iki žiedadulkių sezono pradžios, kiekis pagal oro masių atgalinių trajektorijų kryptis

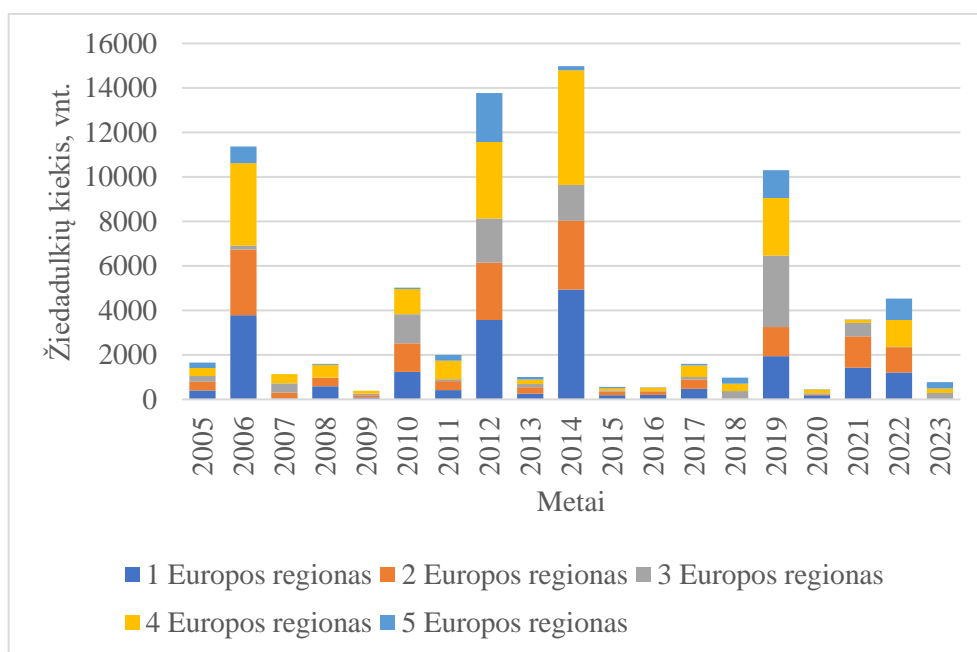
Analizuojant duomenis matyti, kad daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota 2014 m. iš 4 Europos regiono (5519 žiedadulkių/2 val.) ir 2 Europos regiono (5280 žiedadulkių/2 val.), o mažiausias beržo genties žiedadulkių kiekis užfiksuotas iš 3 Europos regiono (2005 žiedadulkių/2 val.). 2006 m. daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota iš 1 Europos regiono (3891 žiedadulkių/2 val.) ir 2 Europos regiono (3891 žiedadulkių/2 val.), o mažiausias beržo genties žiedadulkių kiekis užfiksuotas iš 5 Europos regiono (154 žiedadulkių/2 val.).

3.3.2. Oro masių atgalinių trajektorijų ir beržo genties žiedadulkių po žiedadulkių sezono pabaigos analizė

Nevietinės kilmės beržo genties žiedadulkės Klaipėdą pasiekia ne tik ankstyvą pavasarį, bet ir po žiedadulkių sezono pabaigos – rudenį. Šio magistro darbo 3.1. skyriuje matyti, kad beržo genties žiedadulkės fiksuojamos net ir spalio mėnesį. Metinis beržo genties žiedadulkių, užfiksuotų 2005–2023 m. Klaipėdos mieste po žiedadulkių sezono pabaigos, kiekis pagal oro

masių atgalinių trajektorijų kryptis pateiktas 16 paveiksle.

Susisteminus 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. po žiedadulkių sezono pabaigos duomenis ir oro masių atgalinių trajektorijų analizės duomenis nustatyta, kad daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota iš 4 Europos regiono (21385 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 28 proc.) ir 1 Europos regiono (20976 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 28 proc.), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (6804 žiedadulkių/2 val., o tai sudaro 9 proc.).



16 pav. Metinis beržo genties žiedadulkių, užfiksuotų 2005–2023 m. Klaipėdos mieste po žiedadulkių sezono pabaigos, kiekis pagal oro masių atgalinių trajektorijų kryptis

Analizuojant duomenis matyti, kad daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota 2014 m. iš 4 Europos regiono (5154 žiedadulkių/2 val.) ir 1 Europos regiono (4938 žiedadulkių/2 val.), o mažiausias beržo genties žiedadulkių kiekis užfiksuotas iš 5 Europos regiono (186 žiedadulkių/2 val.). 2012 m. daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota iš 1 Europos regiono (3574 žiedadulkių/2val.) ir 4 Europos regiono (3448 žiedadulkių/2 val.), o mažiausias beržo genties žiedadulkių kiekis užfiksuotas iš 3 Europos regiono (1980 žiedadulkių/2 val.).

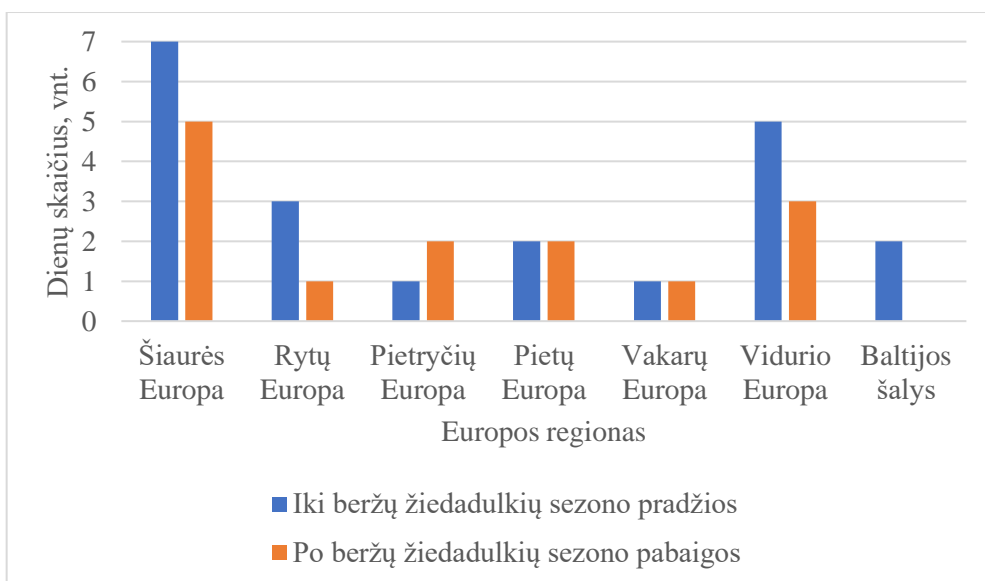
Iš 15 ir 16 paveikslų matyti, kad iki žiedadulkių sezono pradžios beržo genties žiedadulkių daugiausiai fiksuota 2006 m. ir 2014 m., kai oro masės atslinko iš 1, 2 ir 4 Europos regionų. Po žiedadulkių sezono pabaigos beržo genties žiedadulkių daugiausiai fiksuota 2012 m. ir 2014 m., kai oro masės atslinko iš 1 ir 4 Europos regionų. Kadangi prie 1 Europos regiono priskirtinos oro

masės, slenkančios iš Šiaurės ir Šiaurės vakarų Europos, o 4 Europos regiono – iš Skandinavijos šalių ir Šiaurės rytų Europos, kertančios Baltijos jūrą, tai tikimybė kartu atnešti beržo genties žiedadulkes yra nedidelė. Oro masės, slenkančios per Vidurio, Vakarų, Pietų ir Pietvakarių Europą priskirtinos prie 2 Europos regiono ir galėtų kartu atnešti nemažus beržų žiedadulkių kiekius. Tiksliau nustatant tikėtinus tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos atvejus, šio magistro darbo 3.4. skyriuje atliktas dalelių sklaidos modeliavimas.

3.4. Dalelių sklaidos modeliavimo analizė

Lietuvoje beržas žydi balandžio–gegužės mėnesiais, lapams skleidžiantis (Pasyfo, 2024). Dalelių sklaidos modeliavimo analizė atlikta, siekiant įvertinti tolimosios pernašos sąlygotą beržo genties žiedadulkių kiekį Lietuvoje ir įvertinti tikėtinus pernašos atvejus. Buvo atsižvelgta į tai, kad iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos Klaipėdos Hirst tipo tūrinėje žiedadulkių ir sporų gaudyklėje 2 valandų laikotarpiu užfiksuoti dideli beržų žiedadulkių kiekiai, siekiantys ≥ 50 žiedadulkių/2 val. Iš viso identifikuota 18 dienų per analizuojamą 19 metų laikotarpį (17 pav.).

Dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai parodė, kad dalis beržo genties žiedadulkių yra nevietinės kilmės. Daugiausiai beržo genties žiedadulkių atnešta iš Šiaurės Europos šalių – užfiksuota 12 iš 18 dienų, o tai sudaro 34 proc. ir Vidurio Europos šalių – užfiksuota 8 iš 18 dienų, o tai sudaro 23 proc. Mažiausiai beržo genties žiedadulkių atnešta iš Baltijos (Lietuvos, Latvijos) ir Vakarų Europos šalių – po 2 iš 18 dienų, o tai sudaro po 6 proc.



17 pav. Europos regionai, iš kurių galimai atnešti dideli beržų žiedadulkių kiekiai (≥ 50 žiedadulkių/2 val.)

Išsamesnei tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos analizei įvertinti, šio magistro darbo 3.4.1. ir 3.4.2. skyriuose atliktas atskirų atvejų apibūdinimas, kai Klaipėdos Hirst tipo tūrinėje žiedadulkių ir sporų gaudyklėje iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuoti dideli beržų žiedadulkių kiekiai.

3.4.1. Dalelių sklaidos modeliavimo analizė iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios

Iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios iš viso identifikuota 10 dienų. 2006 m. balandžio 24 d. 10–12 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 109 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Šiaurės Europos – Norvegijos, Švedijos, Vidurio Europos – Vokietijos, Lenkijos ir Lietuvos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2006 m. balandžio 24 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1, 4, 2 ir 3 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas tose pačiose šalyse (polleninformation.at, 2024b). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 2 ir 4 Europos regionų.

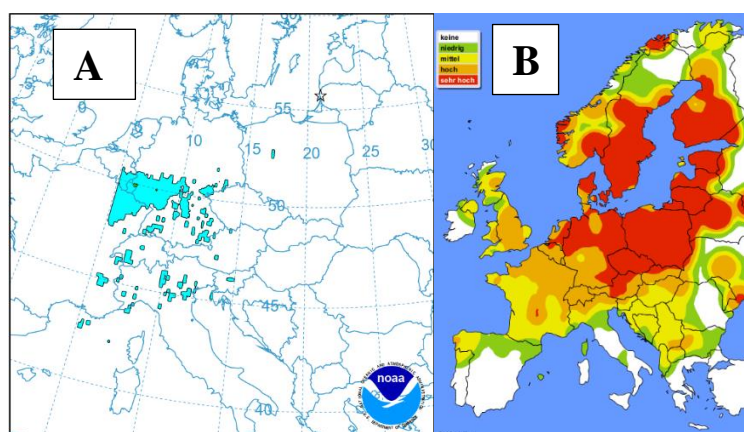
2006 m. balandžio 27 d. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis nuo 56 iki 129 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Vidurio Europos – Vokietijos, Austrijos, Čekijos, Slovakijos, Lenkijos ir Ukrainos, Baltarusijos, Rusijos. Lyginant šios dienos duomenis matyti, kad 20–24 val. užfiksuotas didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis šiose šalyse. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2006 m. balandžio 27 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4, 3, 2 ir 1 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas tose pačiose šalyse, išskyrus Rusiją, nes nėra duomenų apie beržo genties žiedadulkių krūvį (polleninformation.at, 2024b). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 2 ir 3 Europos regionų.

2010 m. balandžio 25 d. 22–24 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 75 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Šiaurės Europos – Norvegijos, Švedijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2010 m. balandžio 25 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1 ir 4 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas Norvegijoje ir Švedijoje (polleninformation.at, 2024b). Analizuojant šiuos duomenis

darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 4 Europos regiono.

2011 m. balandžio 23 d. 04–06 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 72 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Šiaurės Europos – Norvegijos, Danijos, Vidurio Europos – Lenkijos ir Baltijos šalių – Lietuvos, Latvijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2011 m. balandžio 23 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4 ir 1 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas tose pačiose šalyse (polleninformation.at, 2024b). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš Norvegijos ir Danijos.

2012 m. balandžio 24 d. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis nuo 51 iki 363 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą, nustatyti tolimosios beržų žiedadulkių pernašos atvejai, kurie užfiksuoti 18 paveiksle (A žemėlapis; pilnas vaizdas pateiktas 3 priede). Nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Vakarų Europos – Belgijos, Prancūzijos, Vidurio Europos – Vokietijos, Šveicarijos, Austrijos, o nuo 21 val. beržo genties žiedadulkių užfiksuota ir Pietų Europoje – Italijoje. Lyginant tyrimo rezultatus su Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas tik Vokietijoje ir Austrijoje (18 pav. B žemėlapis). Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2012 m. balandžio 24 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 2 ir 3 Europos regionų. Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 2 Europos regiono.

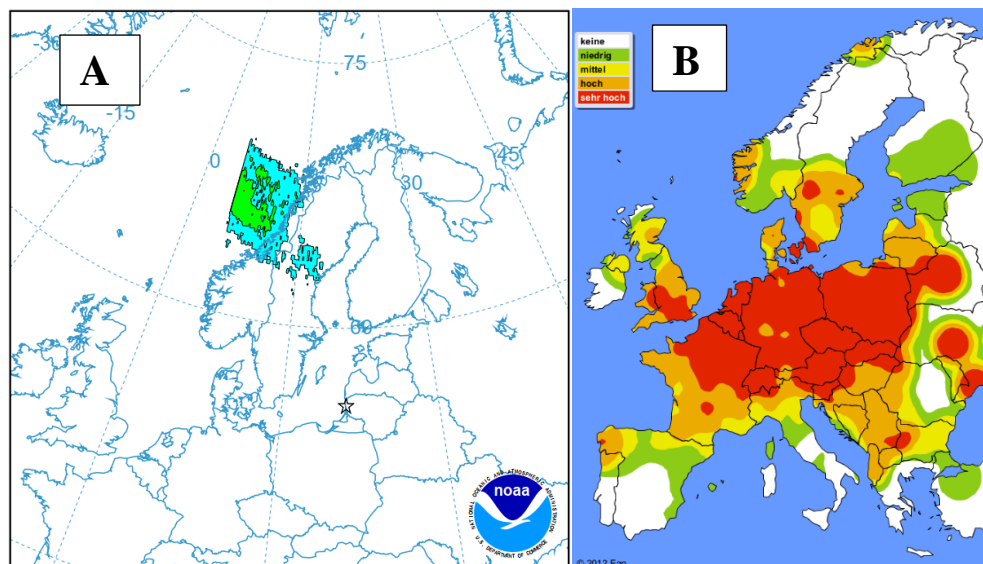


18 pav. Žemėlapiai: A – HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2012 m. balandžio 24 d., kai Klaipėdoje fiksuota nuo 51 iki 363 žiedadulkių/2 val.; B – Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapis 2024 m. balandžio 21–30 d. vaizdas (polleninformation.at, 2024b)

2014 m. balandžio 6 d. 02–06 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 55 ir 77 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Norvegijos jūros ir Šiaurės Europos – Norvegijos, Švedijos, Suomijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2014 m. balandžio 6 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4, 3 ir 2 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu Šiaurės Europoje labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra (polleninformation.at, 2024c).

2014 m. balandžio 13 d. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis nuo 57 iki 99 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Baltijos jūros, Šiaurės jūros, Šiaurės Europos – Švedijos, Norvegijos, Danijos ir Vidurio Europos – Vokietijos, Lenkijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2014 m. balandžio 13 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1, 2, 4 ir 5 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas Vokietijoje ir Lenkijoje ir dalyje Švedijos, tačiau Norvegijoje ir Danijoje labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra, tačiau šiose šalyse yra žemas ir vidutinis beržo genties žiedadulkių krūvis (polleninformation.at, 2024d). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 2 ir 4 Europos regionų.

2014 m. balandžio 17 d. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis nuo 56 iki 207 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą, nustatyti tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos atvejai, kurie užfiksuoti 19 paveiksle (A žemėlapis; pilnas vaizdas pateiktas 4 priede). Nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Norvegijos jūros ir Šiaurės Europos – Norvegijos, Švedijos. Lyginant tyrimo rezultatus su Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas tik dalyje Švedijos, tačiau Norvegijoje labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra (19 pav. B žemėlapis). Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2014 m. balandžio 17 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1, 4 ir 2 Europos regionų. Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 4 Europos regiono, galimai iš Švedijos.



19 pav. Žemėlapiai: A – HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2014 m. balandžio 17 d., kai Klaipėdoje fiksuota nuo 56 iki 207 žiedadulkių/2 val.; B – Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapis 2024 m. balandžio 11–20 d. vaizdas (polleninformation.at, 2024d)

2021 m. balandžio 28 d. 12–16 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 96 ir 100 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Norvegijos jūros, Barenco jūros, Šiaurės Europos ir Rytų Europos – Rusijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2021 m. balandžio 28 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4 ir 1 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje nėra duomenų apie Rusijos beržo genties žiedadulkių krūvį (polleninformation.at, 2024b). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 4 Europos regiono.

2022 m. balandžio 23 d. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis nuo 58 iki 71 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Ukrainos, Pietryčių Europos – Rumunijos, Turkijos ir Pietų Europos – Italijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2022 m. balandžio 23 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4 ir 3 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu matyti, kad šiuo laikotarpiu šiose šalyse labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra, tačiau yra žemas ir vidutinis beržo genties žiedadulkių krūvis (polleninformation.at, 2024b). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 3 Europos regiono.

Apibendrinant gautus tyrimo rezultatus matyti, kad iki žiedadulkių sezono pradžios

daugiausiai beržo genties žiedadulkių galėjo būti atnešta iš Šiaurės Europos šalių (7 iš 10 dienų) ir Vidurio Europos šalių (5 iš 10 dienų). Lyginant tyrimo rezultatus su Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu duomenimis matyti, kad daugiausiai atitikimų užfiksuota, kai beržo genties žiedadulkės atneštos iš Vidurio Europos šalių, nes Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje nuo balandžio 6 d. iki balandžio 27 d. šiame Europos regione nustatomas labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis. Dalelių sklaidos modeliavimo ir oro masių atgalinių trajektorijų rezultatai parodė, kad iš Šiaurės Europos šalių taip pat galėjo būti atneštos beržo genties žiedadulkės.

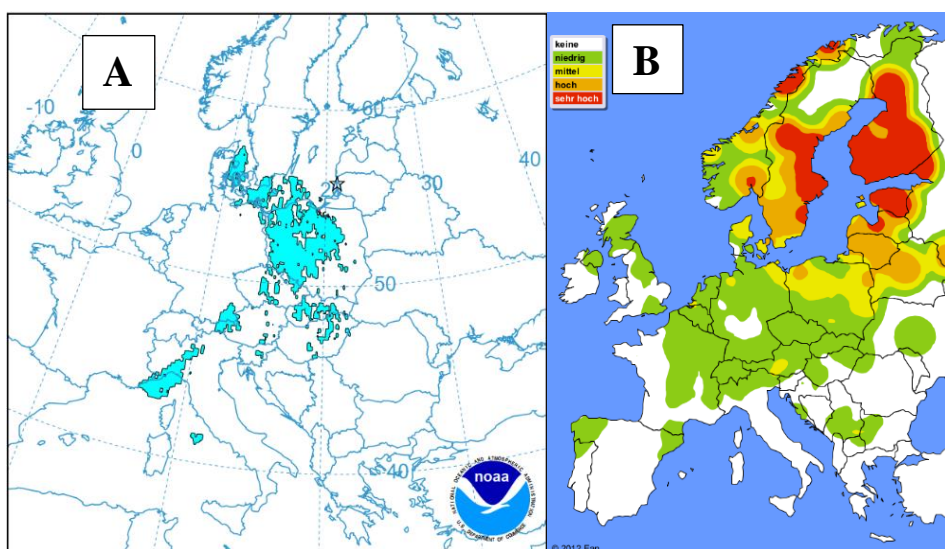
3.4.2. Dalelių sklaidos modeliavimo analizė po beržo genties žiedadulkių sezono pabaigos

Po beržo genties žiedadulkių sezono pabaigos iš viso identifikuota 8 dienų. 2006 m. gegužės 13 d. 06–08 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 52 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Šiaurės Europos – Danijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2006 m. gegužės 13 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4 ir 1 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu Danijoje labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra, tačiau yra žemas ir vidutinis beržo genties žiedadulkių krūvis (polleninformation.at, 2024e). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 1 Europos regiono – Danijos.

2006 m. gegužės 14 d. 12–14 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 64 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Šiaurės jūros ir Vidurio Europos – Vokietijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2006 m. gegužės 14 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4, 1 ir 2 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu Vokietijoje labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra, tačiau yra žemas ir vidutinis beržo genties žiedadulkių krūvis (polleninformation.at, 2024e). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 2 Europos regiono – Vokietijos.

2010 m. gegužės 16 d. 14–18 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 51 ir 80 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą, nustatyti tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos atvejai, kurie užfiksuoti 20 paveiksle (A paveikslas; pilnas vaizdas pateiktas 5 priede). Nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Vidurio Europos – Lenkijos, Čekijos, Slovakijos, Vengrijos, Austrijos, Pietų Europos – Italijos ir Šiaurės Europos – Danijos. Lyginant šios dienos duomenis matyti, kad 17 val. ir 18 val.

užfiksuotas didžiausias beržų žiedadulkių kiekis šiose šalyse. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu šiose šalyse labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra, tačiau yra žemas ir vidutinis beržo genties žiedadulkių krūvis (20 pav. B žemėlapis). Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2010 m. gegužės 16 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 3, 2 ir 1 Europos regionų. Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad didžioji dalis beržo genties žiedadulkių galėjo būti atneštos iš 1 ir 2 Europos regionų.

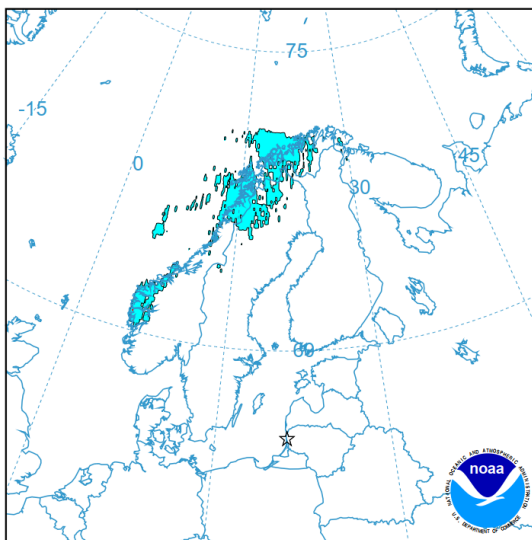


20 pav. Žemėlapiai: A – HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2010 m. gegužės 16 d., kai Klaipėdoje fiksuota nuo 51 ir 80 žiedadulkių/2 val.; B – Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapis 2024 m. gegužės 12–22 d. vaizdas (polleninformation.at, 2024e)

2012 m. gegužės 14 d. 08–10 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 55 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Norvegijos jūros ir Šiaurės Europos – Norvegijos, Švedijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2012 m. gegužės 14 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4, 1, 2 ir 5 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas Norvegijoje ir Švedijoje, todėl beržo genties žiedadulkių galėjo būti atneštos iš 4 Europos regiono (polleninformation.at, 2024e).

2014 m. gegužės 16 d. 02–04 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 106 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą, nustatyti tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos atvejai, kurie užfiksuoti 21 paveiksle (pilnas vaizdas pateiktas 6 priede). Nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš

Norvegijos jūros ir Šiaurės Europos – Norvegijos, Švedijos. Lyginant tyrimo rezultatus su Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapiu matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas Norvegijoje ir Švedijoje (polleninformation.at, 2024e). Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2014 m. gegužės 16 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1, 4 ir 2 Europos regionų. Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 4 Europos regiono.



21 pav. HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2014 m. gegužės 16 d., kai Klaipėdoje fiksuota 106 žiedadulkių/2 val.

2014 m. gegužės 18 d. 16–18 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 63 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Juodosios jūros, Pietryčių Europos – Turkijos, Rytų Europos – Rusijos ir Pietų Europos – Italijos. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2014 m. gegužės 18 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4, 1 ir 3 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu šiose šalyse labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra, tačiau yra žemas beržo genties žiedadulkių krūvis (polleninformation.at, 2024e). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 3 Europos regiono ir galimai iš 4 Europos regiono.

2021 m. gegužės 25 d. 10–14 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 61 ir 69 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Vakarų Europos – Olandijos, Belgijos, Prancūzijos, Vidurio Europos – Vokietijos, Šveicarijos, Austrijos, o nuo 14 val. beržų žiedadulkių

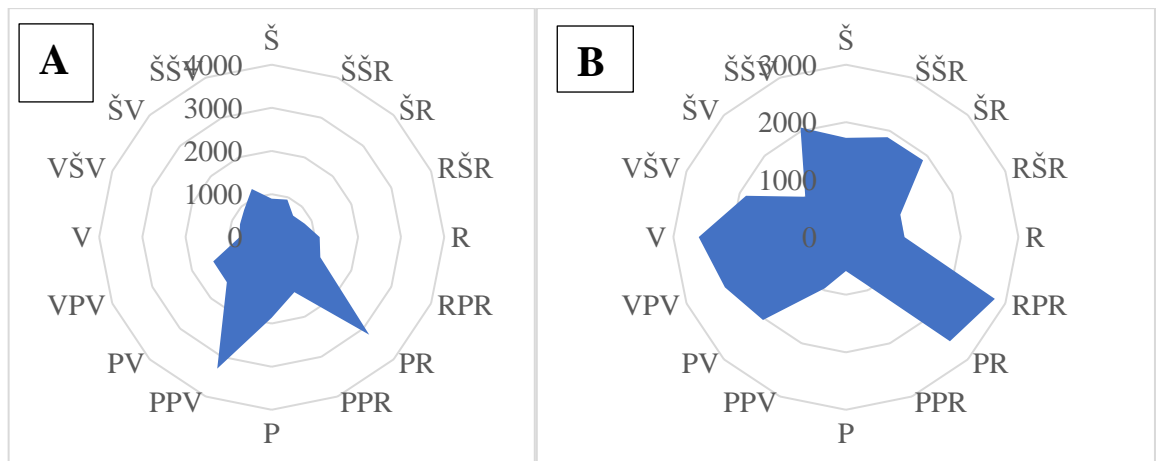
užfiksuojama ir Pietryčių Europoje – Slovėnijoje. Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2021 m. gegužės 25 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1, 2 ir 3 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu šiose šalyse labai didelio beržo genties žiedadulkių krūvio nėra (polleninformation.at, 2024f).

2022 m. gegužės 9 d. 10–14 val. užfiksuotas didelis beržo genties žiedadulkių kiekis 61 ir 71 žiedadulkių/2 val. Su HYSPLIT modeliu atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyta, kad didžioji dalis šių žiedadulkių į Lietuvą galimai atneštos iš Norvegijos jūros (Šiaurės Europa). Remiantis oro masių atgalinių trajektorijų duomenimis matyti, kad 2022 m. gegužės 9 d. Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 4, 1, 2 ir 5 Europos regionų. Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje matyti, kad šiuo laikotarpiu labai didelis beržo genties žiedadulkių krūvis nustatomas Šiaurės Europoje (polleninformation.at, 2024g). Analizuojant šiuos duomenis darytina išvada, kad beržo genties žiedadulkės galėjo būti atneštos iš 4 Europos regiono.

Apibendrinant gautus tyrimo rezultatus matyti, kad po beržų žiedadulkių sezono pabaigos daugiausiai beržo genties žiedadulkių atnešta iš Šiaurės Europos šalių (5 iš 8 dienų) ir Vidurio Europos šalių (3 iš 8 dienų). Lyginant tyrimo rezultatus su Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapio duomenimis matyti, kad daugiausiai atitikimų užfiksuota, kai beržo genties žiedadulkės atneštos iš Šiaurės Europos šalių, nes Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje nuo gegužės 9 d. iki gegužės 25 d. šiame Europos regione nustatomi labai dideli beržo genties žiedadulkių krūviai.

3.5. Beržo genties žiedadulkių kiekio iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos pasiskirstymas pagal vėjo kryptis 2005–2023 m.

Atliekant tolimosios beržo genties žiedadulkių pernašos tyrimus, svarbu įvertinti meteorologinių sąlygų įtaką žiedadulkių kiekiui. Vienas iš meteorologinių veiksnių yra vėjo kryptis, kuri turi įtakos beržų žiedadulkių kiekiui. Vėjo kryptiniai ir beržo genties žiedadulkių kiekiui ore palyginti, buvo sudarytos vėjo rožės. Sudarant vėjo rožes, buvo naudoti visi 19 metų laikotarpio (2005–2023 m.) Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenys ir tų pačių metų vyravusių vėjo kryptių rodikliai. 2005–2023 m. laikotarpio Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių kiekio iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos pasiskirstymas pagal vėjo kryptis pateiktas 22 paveiksle.



22 pav. Beržo genties žiedadulkių kiekio pasiskirstymas pagal vėjo kryptis 2005–2023 m.: A – iki beržų žiedadulkių sezono pradžios; B – po beržų žiedadulkių sezono pabaigos

22 paveiksle (A paveikslas) matyti, kad iki beržų žiedadulkių sezono pradžios vyravo pietų-pietvakarių (PPV) ir pietryčių vėjai (PR) vėjai. Pučiant pietų-pietvakarių ir pietryčių vėjams, beržo genties žiedadulkių buvo daugiausiai, o mažiausiai beržų žiedadulkių, pučiant šiaurės-rytų (ŠR) vėjui. Po beržų žiedadulkių sezono pabaigos daugiausiai beržo genties žiedadulkių buvo, pučiant rytų-pietryčių (RPR), vakarų (V), pietryčių (PR) ir vakarų-pietvakarių (VPV) vėjams, o mažiausiai beržų žiedadulkių, pučiant pietų (P) vėjui (22 pav. B paveikslas).

Palyginus vėjo rožes iki beržų žiedadulkių sezono pradžios ir po beržų žiedadulkių sezono pabaigos matyti, kad vėjo kryptys pasiskirstė nevienodai, t. y., iki beržų žiedadulkių sezono pradžios daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota, pučiant pietų-pietvakarių vėjui, o po beržų žiedadulkių sezono pabaigos, pučiant rytų-pietryčių vėjui. Šios vėjų kryptys galėjo prisidėti, atnešat nevietinės kilmės beržo genties žiedadulkes į Klaipėdos Hirst tipo tūrinę žiedadulkių ir sporų gaudyklę: iki beržų žiedadulkių sezono pradžios iš Vidurio Europos šalių, o po beržų žiedadulkių sezono pabaigos iš Šiaurės Europos šalių.

3.6. Beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybė nuo meteorologinių sąlygų analizė

Nuo meteorologinių sąlygų, t. y., oro temperatūros, kritulių kiekio, vėjo greičio ir krypties priklauso žiedadulkių sklaida atmosferoje ir žiedadulkių kiekis gaudyklėse. Analizuojant beržų žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų, šiame tyrime analizuojami 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenys. Meteorologiniai duomenys susisteminti ir sulygtinti su 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų

paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenimis. Apskaičiuoti paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios, vidutinės oro temperatūros, vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio vidurkis, standartinis nuokrypis ir maksimali reikšmė, kurie pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Statistiniai paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios ir meteorologiniai duomenys

Metai	Paros beržo genties žiedadulkių koncentracija, žiedadulkių/m ³			Vidutinė oro temperatūra, °C			Vidutinis kritulių kiekis, mm			Vidutinis vėjo greitis, m/s		
	Vidurkis	Standartinis nuokrypis	Maksimali reikšmė	Vidurkis	Standartinis nuokrypis	Maksimali reikšmė	Vidurkis	Standartinis nuokrypis	Maksimali reikšmė	Vidurkis	Standartinis nuokrypis	Maksimali reikšmė
2005	2,99	4,71	16,80	5	6,12	13	0,07	0,12	0,42	4	1,92	9
2006	72,69	146,36	467,04	6	3,47	11	0,02	0,03	0,11	4	0,95	5
2007	2,05	3,27	10,64	6	2,54	10	0,03	0,08	0,25	4	2,55	9
2008	3,40	8,66	33,04	4	4,17	9	0,07	0,09	0,26	6	2,67	12
2009	1,94	2,86	10,08	6	3,09	10	0,03	0,09	0,29	3	1,23	6
2010	4,81	13,32	62,72	6	2,18	12	0,04	0,09	0,41	4	1,62	7
2011	17,08	28,93	84,56	7	3,35	12	0,02	0,03	0,11	4	1,79	7
2012	30,38	116,50	575,12	5	2,67	10	0,05	0,09	0,31	5	2,12	9
2013	3,83	5,89	18,48	1	1,48	4	0,05	0,08	0,26	4	1,44	7
2014	31,10	75,22	419,44	5	1,88	8	0,08	0,13	0,61	4	1,76	11
2015	1,85	1,81	8,40	5	2,11	9	0,09	0,18	0,79	5	1,52	9
2016	5,39	5,74	15,12	8	1,41	10	0,02	0,05	0,14	4	1,07	5
2017	12,51	22,49	69,44	7	2,65	10	0,09	0,13	0,40	4	1,39	6
2018	3,08	5,10	13,44	7	3,87	12	0,03	0,06	0,16	5	2,28	9
2019	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2020	6,44	6,43	14	6	3,86	10	0,03	0,06	0,12	6	3,10	10
2021	19,53	45,64	181,44	6	2,56	12	0,05	0,05	0,16	5	1,51	8
2022	31,60	58,81	161,84	9	3,27	12	0,06	0,14	0,37	5	1,60	7
2023	8,18	5,41	16,80	9	2	11	0,03	0,03	0,07	4	1,82	6

Remiantis 1 lentelėje pateiktais rezultatais, galime pastebėti, kad didžiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis gautas 2006 m. ($72,69 \text{ žiedadulkių/m}^3$), o mažiausias 2015 m. ($1,85 \text{ žiedadulkių/m}^3$). Didžiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos standartinis nuokrypis gautas 2006 m. ($146,36 \text{ žiedadulkių/m}^3$), o mažiausias 2015 m. ($1,81 \text{ žiedadulkių/m}^3$), nes atitinkamai gautas didžiausias ir mažiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis. Didžiausia paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos maksimali reikšmė gauta 2012 m. ($575,12 \text{ žiedadulkių/m}^3$), o mažiausia 2015 m. ($8,40 \text{ žiedadulkių/m}^3$). Taip pat didelė paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos maksimali reikšmė gauta 2006 m. ($467,04 \text{ žiedadulkių/m}^3$) ir 2014 m. ($419,44 \text{ žiedadulkių/m}^3$). Pagal 4 paveiksle gautus tyrimo rezultatus, 2006 m., 2012 m. ir 2014 m. daugiausiai užfiksuota beržo genties žiedadulkių iki žiedadulkių sezono pradžios. Taip pat 7 paveiksle nustatyta, kad 2012 m. ir 2014 m. fiksuojamos ilgiausios beržų žiedadulkių fiksavimo trukmės dienomis iki žiedadulkių sezono pradžios.

Atliekant susistemintų ir sulygintų meteorologinių duomenų su 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios analizę matyti, kad 2006 m. gautas didžiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis ($72,69 \text{ žiedadulkių/m}^3$), mažiausias vidutinis kritulių kiekio vidurkis ($0,02 \text{ mm}$) ir mažiausia vidutinio vėjo greičio maksimali reikšmė (5 m/s). Atvirkštinė situacija užfiksuota 2015 m., kai gautas mažiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis ($1,85 \text{ žiedadulkių/m}^3$), didžiausias vidutinis kritulių kiekio vidurkis ($0,09 \text{ mm}$) ir didesnė vidutinio vėjo greičio maksimali reikšmė (9 m/s). Iš šių duomenų sprendžiama, kad didelei paros beržo genties žiedadulkių koncentracijai įtaką daro mažas kritulių kiekis ir vėjo greitis. Didelis kritulių kiekis gali nusodinti ore esančias žiedadulkes, o didelis vėjo greitis – išnešioti ore esančias žiedadulkes.

Atliekant susistemintų ir sulygintų meteorologinių duomenų su 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios analizę matyti, kad 2022 m. ir 2023 m. gautas didžiausias vidutinis oro temperatūros vidurkis (po $9 \text{ }^\circ\text{C}$), o mažiausias 2013 m. ($1 \text{ }^\circ\text{C}$). 2022 m. paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis gautas $31,60 \text{ žiedadulkių/m}^3$, vidutinis kritulių kiekio vidurkis gautas $0,06 \text{ mm}$, o vidutinis vėjo greičio vidurkis gautas 5 m/s . 2023 m. paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis gautas $8,18 \text{ žiedadulkių/m}^3$, vidutinis kritulių kiekio vidurkis gautas $0,03 \text{ mm}$, o vidutinis vėjo greičio vidurkis gautas 4 m/s . 2013 m. paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis gautas $3,83 \text{ žiedadulkių/m}^3$, vidutinis kritulių kiekio vidurkis gautas $0,05 \text{ mm}$, o vidutinis vėjo greičio vidurkis gautas 4 m/s . Iš šių duomenų sprendžiama, kad vidutinė oro temperatūra,

kuri siekia 9 °C, neturi įtakos paros beržo genties žiedadulkių koncentracijai.

Detaliau analizuojant beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų, naudojant „SPSS“ programinę įrangą, atlikta statistinė analizė. Susisteminti ir sulyginami meteorologiniai duomenys su 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios duomenimis. Remiantis analizuota mokslinė literatūra, beržo genties žiedadulkių koncentracijos ryšiui tarp meteorologinių parametrų nustatyti, buvo naudotas Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas (Puc et al., 2015, Kubik-Komar et al., 2021, Dąbrowska-Zapart et al., 2022, Ščevková et al., 2023), todėl ir šiam tyrimui pasirinktas toks pat metodas. Paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios duomenys buvo koreliuojami su vidutine oro temperatūra, vidutiniu kritulių kiekiu ir vidutiniu vėjo greičiu. Skaičiavimai su Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientais pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Meteorologinių parametru koreliacija (Spirmeno) su paros beržų žieddulkių koncentracija iki žieddulkių sezono pradžios 2005–2023 m.

Metai	Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientai		
	Vidutinė oro temperatūra, °C (r)	Vidutinis kritulių kiekis, mm (r)	Vidutinis vėjo greitis, m/s (r)
2005	0,31	-0,08	-0,53*
2006	0,92**	0,09	0,07
2007	0,20	0,22	0,07
2008	-0,27	-0,14	-0,49
2009	0,42	-0,44	-0,21
2010	-0,50*	0,20	-0,12
2011	0,89**	-0,50	-0,36
2012	0,58**	0,12	-0,39
2013	0,24	-0,72**	-0,43
2014	0,26	-0,35*	0,25
2015	0,05	0,10	-0,03
2016	-0,51	-0,17	-0,40
2017	0,86**	-0,60	-0,03
2018	0,68	-0,48	0,14
2019	–	–	–
2020	0,00	-0,78	-1,00**
2021	-0,65**	0,21	-0,14
2022	0,14	-0,14	-0,53
2023	0,66	-0,16	0,92*
Bendras (2005–2023 m.)	0,20**	-0,08	-0,15*

* Reiškia koreliacijos koeficiento patikimumą, kai $p < 0,05$; ** Reiškia koreliacijos koeficiento patikimumą, kai $p < 0,01$

Remiantis 2 lentelėje pateiktais rezultatais galime pastebėti, kad 2005–2023 m. paros beržų koncentracijai koreliuojant su vidutine oro temperatūra, nustatyti teigiami ir neigiami koreliacijos koeficientai. Tai rodo, kad teigiamos koreliacijos atveju, esant aukštesnei oro temperatūrai, beržų žiedadulkių koncentracija išauga, o neigiamos koreliacijos atveju beržų žiedadulkių koncentracija ore sumažėja dėl žemesnės oro temperatūros. Daugelyje atvejų nustatyti teigiami koreliacijos koeficientai tarp paros beržų koncentracijos ir vidutinės oro temperatūros. Analizuojant atskirų metų paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinės oro temperatūros koreliacijos koeficientus matyti, kad stiprios teigiamos koreliacijos gautos 2006 m. ($r = 0,92$; $p < 0,01$), 2011 m. ($r = 0,89$; $p < 0,01$), 2012 m. ($r = 0,58$; $p < 0,01$) ir 2017 m. ($r = 0,86$; $p < 0,01$). Vadinasi, didėjant oro temperatūrai, gausėja ir beržų žiedadulkių koncentracija ore. Stipri neigiama koreliacija gauta 2010 m. ($r = -0,50$; $p < 0,05$) ir 2021 m. ($r = -0,65$; $p < 0,01$), kurie rodo, kad esant žemesnei oro temperatūrai, beržų žiedadulkių koncentracija išauga. Neigiami koreliacijos koeficientai galėjo atsirasti dėl kompleksinio kitų meteorologinių sąlygų poveikio.

Tyrimo metu buvo vertinama ir paros beržų žiedadulkių koncentracijos priklausomybė nuo vidutinio kritulių kiekio. Neigiamas koreliacijos koeficientas nustatytas 2013 m. ($r = -0,72$; $p < 0,01$) ir 2014 m. ($r = -0,35$; $p < 0,05$). Mažas stiprių koreliacijų skaičius rodo, kad yra sunku nustatyti ryšį tarp paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio kritulių kiekio.

Analizuojant 2005–2023 m. paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio vėjo greičio koreliacijos koeficientus matyti, kad apskaičiuoti teigiami ir neigiami koreliacijos koeficientai. Teigiamas koreliacijos koeficientas gautas 2023 m. ($r = 0,92$; $p < 0,05$), o neigiami koreliacijos koeficientai gauti 2005 m. ($r = -0,53$; $p < 0,05$) ir 2020 m. ($r = -1,00$; $p < 0,01$). Šie pavieniai atvejai rodo, kad vidutinio vėjo greičio įtaka paros beržų žiedadulkių koncentracijai ore yra nežymi.

Bendri viso 2005–2023 m. laikotarpio Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientai rodo statistiškai reikšmingą teigiamą koreliacijos koeficientą, t. y., priklausomybę tarp paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinės oro temperatūros ($r = 0,20$; $p < 0,01$) ir patikimą neigiamą priklausomybę tarp paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio vėjo greičio ($r = -0,15$; $p < 0,05$). Mažas koreliacijos koeficientas gautas tarp paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio kritulių kiekio, ir jis statistiškai nereikšmingas ($r = -0,08$; $p > 0,05$).

Analizuojant statistinius beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios ir meteorologinius duomenis buvo nustatyta, kad 2006 m., kai gautas didžiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis ($72,69$ žiedadulkių/ m^3) ir 2015 m., kai gautas mažiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis ($1,85$ žiedadulkių/ m^3) sprendžiama, kad didelei paros beržo genties žiedadulkių koncentracijai įtaką daro mažas kritulių

kiekis ir vėjo greitis ir atvirksčiai, esant dideliame kritulių kiekiui ir vėjo greičiui, paros beržo genties žiedadulkių koncentracija mažėja. Lyginant šiuos duomenis su paros beržų žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios ir meteorologinių parametrų koreliacijos koeficientais matyti, kad 2006 m. ir 2015 m. Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas rodo nepatikimą ($p > 0,05$) priklausomybę tarp paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio kritulių kiekio bei vidutinio vėjo greičio. Kadangi 2006 m. ir 2015 m. koreliacijos koeficientai maži ir statistiškai nereikšmingi, duomenys nerodo priklausomybės tarp beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio kritulių kiekio bei vidutinio vėjo greičio.

Apibendrinant 2005–2023 m. laikotarpio paros beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinės oro temperatūros, vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio rezultatus nustatyta, kad statistiškai reikšmingų koreliacijos koeficientų kiekis buvo didžiausias koreliuojant paros beržų žiedadulkių koncentracijai su vidutine oro temperatūra, todėl vidutinė oro temperatūra yra vienas iš svarbiausių meteorologinių parametrų, veikiančių beržų žiedadulkių koncentraciją ore. Vidutinės oro temperatūros patikimų atvejų su kitais meteorologiniais parametrais nebuvo nustatyta. Vidutinio vėjo greičio įtaka paros beržų žiedadulkių koncentracijai ore nežymi, o mažiausiai reikšmingi koreliacijos koeficientai gauti koreliuojant paros beržų žiedadulkių koncentracijai su vidutiniu kritulių kiekiu.

Atliekant Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientų skaičiavimus, buvo nustatyti neigiami vidutinės oro temperatūros koreliacijos koeficientai, kurie parodo, kad reikėtų įvertinti kompleksinį meteorologinių sąlygų poveikį fiksuotam beržo genties žiedadulkių kiekiui. Nustatant meteorologinių sąlygų kompleksinį poveikį beržo genties žiedadulkių koncentracijai ore, buvo panaudotas daugialypės regresijos metodas. Daugialypės regresijos metodas naudojamas, siekiant nustatyti ryšį tarp paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios (vieno priklausomo kintamojo) ir vidutinės oro temperatūros, vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio (kelių nepriklausomų kintamųjų). Daugialypės regresijos rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. **Daugialypės regresijos rezultatai**

	Koeficientas	Standartinis nuokrypis	t	p	R ²
Konstanta	0,62	12,92	0,048	0,96	
Vidutinė oro temperatūra	3,21	1,16	2,75	0,006	0,03
Vidutinis kritulių kiekis	-32,86	39,70	-0,83	0,41	0,006
Vidutinis vėjo greitis	-0,212	2,25	-0,09	0,93	0,004

Daugialypės regresijos rezultatai parodė, kad vertinant fiksuotų beržo genties žiedadulkių kiekį, vidutinė oro temperatūra yra statistiškai reikšmingas veiksnys kitų meteorologinių veiksnių komplekse ($p = 0,006$), o vidutinio kritulių kiekio ir vidutinio vėjo greičio (abiem atvejais $p > 0,05$) veiksniai nėra statistiškai reikšmingi. Rezultatai rodo, kad vidutinė oro temperatūra yra svarbiausias veiksnys, apsprendžiantis beržo genties žiedadulkių, kurios atneštos iš kitų šalių, fiksavimą Hirst tipo tūrinėje žiedadulkių ir sporų gaudyklėje Klaipėdoje.

Daugialypės regresijos rezultatai (3 lentelė) rodo, kad vidutinė oro temperatūra yra svarbiausias veiksnys, apsprendžiantis žiedadulkių koncentraciją, todėl toliau atlikta statistinė paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos po žiedadulkių sezono pabaigos ir vidutinės oro temperatūros duomenų analizė. Apskaičiuoti paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos po žiedadulkių sezono pabaigos vidurkis, standartinis nuokrypis, maksimali reikšmė, beržų žiedadulkių fiksavimo trukmė dienomis ir vidutinės oro temperatūros vidurkis, standartinis nuokrypis, minimali reikšmė ir maksimali reikšmė, kurie pateikti 4 lentelėje.

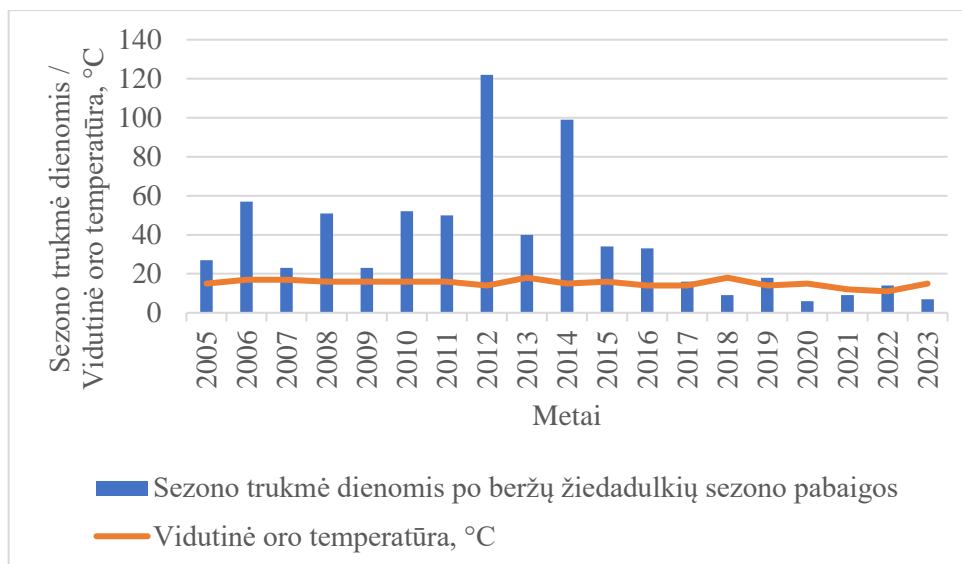
4 lentelė. Statistiniai paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos po žiedadulkių sezono pabaigos ir vidutinės oro temperatūros duomenys

Metai	Paros beržo genties žiedadulkių koncentracija, žiedadulkių/m ³				Vidutinė oro temperatūra, °C			
	Vidurkis	Standartinis nuokrypis	Maksimali reikšmė	Žiedadulkių fiksavimo trukmė dienomis	Vidurkis	Standartinis nuokrypis	Minimali reikšmė	Maksimali reikšmė
2005	2,75	4,66	21,28	27	15	3,09	10	21
2006	12,58	37,75	199,92	57	17	3,88	8	25
2007	3,94	5,59	23,52	23	17	2,41	13	22
2008	2,34	5,39	34,16	51	16	2,99	7	20
2009	1,19	1,63	7,28	23	16	3,92	9	23
2010	5,33	18,73	120,96	52	16	4,35	7	26
2011	3,82	11,96	78,96	50	16	3,98	9	24
2012	8,04	19,85	132,16	122	14	4,11	2	24
2013	1,54	3,03	19,60	40	18	3,15	10	23
2014	10,39	23,18	148,40	99	15	4,83	5	27
2015	1,14	1,23	6,16	34	16	2,81	11	23
2016	1,26	1,48	8,40	33	14	4,30	5	21
2017	6,06	4,12	19,04	16	14	2,59	10	20
2018	7,34	8,18	26,88	9	18	2,69	15	23
2019	35,00	49,78	158,48	18	14	4,19	8	21
2020	5,88	7,85	21,28	6	15	0,98	14	16
2021	29,43	50,24	154,56	9	12	2,12	10	17
2022	16,16	39,74	152,88	14	11	2,38	7	16
2023	7,52	4,68	14,00	7	15	2,27	12	18

Remiantis 4 lentelėje pateiktais rezultatais, galime pastebėti, kad didžiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos vidurkis gautas 2019 m. (35 žiedadulkių/m³), o mažiausias 2015 m. (1,14 žiedadulkių/m³). Didžiausias paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos standartinis nuokrypis gautas 2021 m. (50,24 žiedadulkių/m³), o mažiausias 2015 m. (1,23 žiedadulkių/m³). Didžiausia paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos maksimali reikšmė gauta 2006 m. (199,92 žiedadulkių/m³), o mažiausia 2015 m. (6,16 žiedadulkių/m³). Pagal 5 paveiksle gautus tyrimo rezultatus, 2006 m., 2012 m. ir 2014 m. daugiausiai užfiksuota beržo genties žiedadulkių po žiedadulkių sezono pabaigos. Taip pat 7 paveiksle nustatyta, kad tais pačiais metais fiksuojamos ilgiausios beržų žiedadulkių fiksavimo trukmės dienomis po žiedadulkių sezono pabaigos.

Analizuojant vidutinės oro temperatūros duomenis matyti, kad 2005–2023 m. Klaipėdos mieste, kai buvo fiksuotos beržo genties žiedadulkės po žiedadulkių sezono pabaigos, vidutinė oro temperatūra kito nuo 11 iki 18 °C. Didžiausia vidutinė oro temperatūra gauta 2013 m. ir 2018 m. (18 °C), o mažiausia 2022 m. (11 °C). Mažiausia vidutinės oro temperatūros minimali reikšmė gauta 2012 m. (2 °C), o didžiausia vidutinės oro temperatūros maksimali reikšmė gauta 2014 m. (27 °C).

Lyginant statistinius paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios duomenis (1 lentelė) su 4 lentelėje pateiktais statistiniais paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos po žiedadulkių sezono pabaigos duomenimis matyti, kad iki žiedadulkių sezono pradžios fiksuojamos didesnės beržų koncentracijos nei po žiedadulkių sezono pabaigos, t. y., iki žiedadulkių sezono pradžios didžiausia paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos maksimali reikšmė užfiksuota 575,12 žiedadulkių/m³, o po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuota 199,92 žiedadulkių/m³. Taip pat pagal 7 paveiksle gautus tyrimo rezultatus matyti, kad beržų žiedadulkių fiksavimo trukmė dienomis iki žiedadulkių sezono pradžios yra trumpesnė nei po žiedadulkių sezono pabaigos. Analizuojant vidutinės oro temperatūros įtaką beržų žiedadulkių fiksavimo trukmei dienomis po žiedadulkių sezono pabaigos pateikta 23 paveiksle.



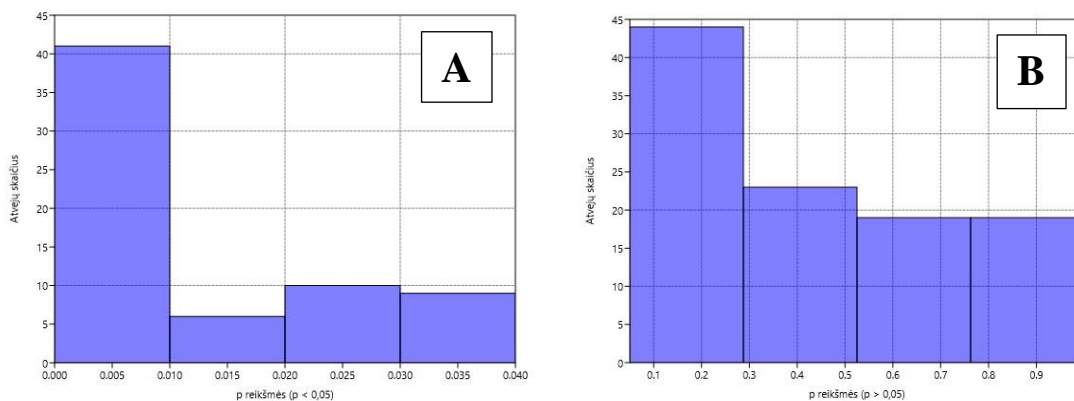
23 pav. Vidutinės oro temperatūros įtaka beržų žiedadulkių fiksavimo trukmei po žiedadulkių sezono pabaigos 2005–2023 m.

Tyrimo rezultatai rodo, kad kiekvienais metais beržų žiedadulkių fiksavimo trukmė po žiedadulkių sezono pabaigos kito nuo 6 iki 122 dienų, o vidutinė oro temperatūra kito nuo 11 iki 18 °C. Šie tyrimo rezultatai rodo, kad vidutinė oro temperatūra neturi įtakos beržų žiedadulkių fiksavimo trukmei po žiedadulkių sezono pabaigos, nes po beržų žiedadulkių sezono pabaigos didžiausias dienų skaičius užfiksuotas 2012 m. (122 dienos), o vidutinė oro temperatūra siekė 14 °C. Po beržų žiedadulkių sezono pabaigos mažiausias dienų skaičius užfiksuotas 2020 m. (6 dienos), o vidutinė oro temperatūra siekė 15 °C.

Norint išsiaiškinti, ar vidutinė oro temperatūra skiriasi tarp metų, kai 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotos beržo genties žiedadulkės po žiedadulkių sezono pabaigos, naudojant „Past 4.03“ programinę įrangą, panaudotas Mann-Whitney U testas. Mann-Whitney U testo rezultatai pateikti 7 priedo lentelėje.

Jei 7 priedo lentelėje pateiktos p reikšmės yra mažesnės nei 0,05 ($p < 0,05$), skirtumai tarp metų yra statistiškai reikšmingi. Rezultatai rodo, kad 66 atvejų p reikšmės yra statistiškai reikšmingos, o tai sudaro 38,60 proc. nuo visų apskaičiuotų p reikšmių. Pavyzdžiui, gautas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp 2013 m. ir 2022 m. vidutinės oro temperatūros pasiskirstymo ($0,0000005 < 0,05$). Rezultatai rodo, kad tarp 2013 m. ir 2022 m. vidutinė oro temperatūra po beržų žiedadulkių sezono pabaigos, žiedadulkių fiksavimo metu Klaipėdoje, labiausiai skiriasi. Kiti atvejai nėra statistiškai reikšmingi. Pavyzdžiui, tarp 2005 m. ir 2012 m. bei tarp 2014 m. ir 2020 m. nėra statistiškai reikšmingo skirtumo ($0,97 > 0,05$). Rezultatai rodo, kad tarp 2005 m. ir 2012 m. bei tarp 2014 m. ir 2020 m. vidutinė oro temperatūra po beržų žiedadulkių

sezono pabaigos, žiedadulkių fiksavimo metu Klaipėdoje, nesiskiria. Detalesnei vidutinės oro temperatūros po žiedadulkių sezono pabaigos p reikšmių analizei, sudarytos histogramos, kurios pateiktos 24 paveiksle.



24 pav. Vidutinės oro temperatūros po beržų žiedadulkių sezono pabaigos p reikšmių histogramos: A – p reikšmės, kai $p < 0,05$; B – p reikšmės, kai $p > 0,05$

Kadangi $p < 0,05$ sudaro 38,60 proc. atvejų nuo visų apskaičiuotų p reikšmių, vadinasi 19 metų duomenų analizė rodo, jog dažniausiai vidutinė oro temperatūra po beržų žiedadulkių sezono pabaigos statistiškai reikšmingai nesiskiria ($p > 0,05$ sudaro 61,40 proc. atvejų). Tą patvirtina 24 paveiksle pateikti rezultatai: 24 paveiksle (A paveikslas) vidutinės oro temperatūros po beržų žiedadulkių sezono pabaigos p reikšmių, kai $p < 0,05$ yra mažiau nei p reikšmių, kai $p > 0,05$ (24 pav. B paveikslas).

Apibendrinant beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybės nuo meteorologinių sąlygų rezultatus matyti, kad vidutinė oro temperatūra iki beržų žiedadulkių sezono pradžios yra svarbiausias veiksnys, apsprendžiantis žiedadulkių koncentraciją. Taip pat rezultatai rodo, kad dažniausiai vidutinė oro temperatūra po beržų žiedadulkių sezono pabaigos, žiedadulkių fiksavimo metu Klaipėdoje, statistiškai reikšmingai nesiskiria.

3.7. Rekomendacijas dėl žiedadulkių stebėsenos

Išanalizavus gautus rezultatus, siūlomos rekomendacijos dėl žiedadulkių stebėsenos. 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono duomenys apskaičiuoti, taikant 95 proc. metodą, kuris pagal nagrinėtą mokslinę literatūrą yra dažniausiai naudojamas aerobiologiniuose tyrimuose. Rezultatai rodo, kad 2005–2023 m. Klaipėdos mieste fiksuotų beržo genties žiedadulkių 2 val. iki žiedadulkių

sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenyse fiksuojamos ne tik tolimosios beržų žiedadulkių pernašos, bet ir vietinės beržo genties žiedadulkės – 5 Europos regione fiksuota 7 proc. Taip pat atlikus dalelių sklaidos modeliavimą nustatyti 2 atvejai, kai beržo genties žiedadulkės užfiksuotos ir Lietuvoje. Dėl šių priežasčių siūloma žiedadulkių sezono išskyrimui taikyti 98 ar 99 proc. metodą, taip į žiedadulkių sezoną galimai įtraukiant ir žiedadulkes, kurios apspęstos vietinių augalų žydėjimo.

Šio magistro darbo rezultatai rodo, kad reikia naudoti kompleksines priemones tolimajai žiedadulkių pernašai įvertinti. Pavyzdžiui, su HYSPLIT modeliu atlikti oro masių atgalinių trajektorijų modeliavimą, kuris rodo tik judančių oro masių kryptį, bet ne žiedadulkių šaltinio plotą. Po to su HYSPLIT modeliu atlikti dalelių sklaidos modeliavimą, kuris rodo tikėtinus tolimosios žiedadulkių pernašos atvejus ir gautus duomenis patikrini Žiedadulkių krūvio Europoje žemėlapyje, kuriame yra apibendrinta pastarųjų 10–15 metų žiedadulkių koncentracija, įvertinus daugiau nei 300 Europos žiedadulkių monitoringo stočių duomenis. Vertinant konkrečius tolimosios žiedadulkių pernašos atvejus, reikėtų atsižvelgti ne tik į daugiamečius duomenis, bet ir tų teritorijų/šalių, iš kurių galimai galėjo būti atneštos žiedadulkės, realius žiedadulkių duomenis.

Šio magistro darbo rezultatai rodo, kad tolimosios pernašos sąlygoti beržo genties žiedadulkių kiekiai gali iššaukti alergijos simptomus ir beržų žiedadulkėms alergiški žmonės iki žiedadulkių sezono pradžios gali būti veikiami žiedadulkių. Šiuo metu Lietuvoje tik Vilniaus mieste yra visuomenei prieinama informacija apie žiedadulkių koncentraciją ir įsijautrinimo riziką realiuoju laiku. Informacija apie žiedadulkių koncentraciją ir įsijautrinimo riziką realiuoju laiku galėtų būti viešinama Klaipėdoje, Šiauliuose ir kituose Lietuvos miestuose, kuri naudinga ne tik moksliniais tikslais, bet ir visuomenei, ypač žiedadulkėms alergiškiems žmonėms. Todėl rekomenduojama savivaldybėms, Vilniaus miesto pavyzdžiu, sukurti interaktyvius žemėlapius, kuriuose viešai būtų galima stebėti alergeniškų žiedadulkių koncentraciją ir įsijautrinimo riziką.

IŠVADOS

1. Tolimosios pernašos sąlygotas bendras beržo genties žiedadulkių kiekis Klaipėdoje 2005–2023 m. laikotarpiu siekė 49732 žiedadulkių/2 val. Statistinė duomenų analizė parodė, kad iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios fiksuojamos didesnės paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos nei po žiedadulkių sezono pabaigos. Iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios užfiksuota 17,02 proc. mažiau žiedadulkių nei po žiedadulkių sezono pabaigos.

2. Didžiausias beržo genties žiedadulkių kiekis iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos užfiksuotas 2014 m. (11575 žiedadulkių/2 val.), o tai sudaro 23,27 proc. nuo viso tyrimo metu užfiksuoto beržų žiedadulkių kiekio. Iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios didžiausias beržų žiedadulkių kiekis užfiksuotas balandžio mėnesį, o po žiedadulkių sezono pabaigos gegužės mėnesį.

3. Nustatyta, kad per visą tyrimo laikotarpį (2005–2023 m.) dažniausiai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1 Europos regiono (Didžioji Britanija, Airija, Danija ir kt.) ir 4 Europos regiono (Norvegija, Švedija, Suomija ir kt.), o mažiausiai iš 5 Europos regiono (Lietuvos teritorija).

4. Iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios daugiausiai oro masių atgalinių trajektorijų atvejų užfiksuota 2014 m., t. y. iš 4 Europos regiono ir 1 Europos regiono, o mažiausiai iš 5 Europos regiono. Po beržo genties žiedadulkių sezono pabaigos daugiausiai oro masių atgalinių trajektorijų atvejų užfiksuota 2012 m., t. y. iš 1 Europos regiono ir 2 Europos regiono, o mažiausiai iš 5 Europos regiono.

5. Rezultatai rodo, kad beržo genties žiedadulkių kiekiai iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos sietini su oro masėmis, atlinkusiomis iš tų pačių Europos regionų, t. y., 4 Europos regiono (37993 žiedadulkių/2 val.) ir 1 Europos regiono (36365 žiedadulkių/2 val.).

6. Remiantis dalelių sklaidos modeliavimo rezultatais, daugiausiai beržo genties žiedadulkių galimai atnešta iš Šiaurės Europos šalių ir Vidurio Europos šalių. Rezultatus sugretinus su žiedadulkių kiekio Europoje daugiamečiais duomenimis nustatyta, kad iki beržų žiedadulkių sezono pradžios daugiausiai beržo genties žiedadulkių galėjo būti atnešta iš Vidurio Europos šalių, o po beržų žiedadulkių sezono pabaigos iš Šiaurės Europos šalių. Vėjo kryptčių ir beržo genties žiedadulkių kiekio analizė rodo, kad iki beržų žiedadulkių sezono pradžios daugiausiai beržo genties žiedadulkių užfiksuota, pučiant pietų-pietvakarių vėjui, o po beržų žiedadulkių sezono pabaigos, pučiant rytų-pietryčių vėjui.

7. Remiantis vienfaktorinės koreliacinės analizės rezultatais galima teigti, kad yra ryšys tarp vidutinės oro temperatūros ir paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore iki

žiedadulkių sezono pradžios ($r = 0,20$; $p < 0,01$). Po beržų žiedadulkių sezono pabaigos vidutinė oro temperatūra įtakos žiedadulkių fiksavimo trukmei neturi. Vėjo greičio įtaka paros beržų žiedadulkių koncentracijai ore iki žiedadulkių sezono pradžios nežymi, o mažiausiai reikšmingi koreliacijos koeficientai gauti tarp beržų žiedadulkių koncentracijos ir vidutinio kritulių kiekio.

8. Daugialypės regresijos rezultatai parodė, kad vidutinė oro temperatūra yra svarbiausias veiksnys, apsprendžiantis tolimosios pernašos sąlygotą beržo genties žiedadulkių kiekį, fiksuojamą iki žiedadulkių sezono pradžios ($p = 0,006$). Pagal Mann-Whitney U testo rezultatus, gautus vertinant beržo genties žiedadulkių kiekį po žiedadulkių sezono pabaigos ir vidutinę oro temperatūrą nustatyta, kad dažniausiai vidutinė oro temperatūra beržų žiedadulkių fiksavimo metu statistiškai reikšmingai nesiskiria (61,40 proc. atvejų).

Dovilė Motkevičiūtė

Tolimosios pernašos įtaka beržo genties žiedadulkių kiekiui Lietuvoje

SANTRAUKA

Šiame magistro darbe atlikta beržo genties žiedadulkių tolimosios pernašos analizė Lietuvoje. Darbo tikslas – išanalizuoti tikėtiną tolimąją beržo genties žiedadulkių pernašą Lietuvoje ir nustatyti tolimosios pernašos sąlygotos žiedadulkių koncentracijos priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų. Siekiant įgyvendinti šį tikslą, iškelti tokie uždaviniai: remiantis 2005–2023 m. Klaipėdos miesto aerobiologine situacija, išanalizuoti beržo genties žiedadulkių tolimosios pernašos mechanizmą; įvertinus tolimosios pernašos sąlygotą beržo genties žiedadulkių kiekį ore, išanalizuoti atvejus, kai dėl tolimosios pernašos Lietuvą pasiekė dideli žiedadulkių kiekiai; nustatyti tolimosios pernašos sąlygotos beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore priklausomybę nuo oro temperatūros, kritulių kiekio, vėjo greičio ir krypties; remiantis rezultatais, pateikti rekomendacijas dėl žiedadulkių stebėsenos. Tyrimas apima 19 metų (2005–2023 m.) Klaipėdos miesto aerobiologinėje stotelėje fiksuotų beržo genties žiedadulkių kiekio iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos duomenų analizę, kurie gauti iš Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos aerobiologinės stotelės Klaipėdoje. Oro masių atgalinių trajektorijų nustatymui ir dalelių sklaidos modeliavimui naudotas HYSPLIT modelis. Beržo genties žiedadulkių koncentracijos ryšiui tarp meteorologinių parametrų nustatyti, buvo naudotas Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas ir siekiant nustatyti ryšį tarp paros beržo genties žiedadulkių koncentracijos iki žiedadulkių sezono pradžios ir kompleksinių meteorologinių sąlygų, panaudotas daugialypės regresijos metodas.

Tolimosios pernašos sąlygotas bendras beržo genties žiedadulkių kiekis Klaipėdoje 2005–2023 m. laikotarpiu siekė 49732 žiedadulkių/2 val. Iki beržo genties žiedadulkių sezono pradžios užfiksuota 17,02 proc. mažiau žiedadulkių nei po žiedadulkių sezono pabaigos. Nustatyta, kad per visą tyrimo laikotarpį dažniausiai Klaipėdos aerobiologinę stotelę pasiekė oro masės iš 1 Europos regiono (Didžioji Britanija, Airija, Danija ir kt.) ir 4 Europos regiono (Norvegija, Švedija, Suomija ir kt.). Rezultatai rodo, kad beržo genties žiedadulkių kiekiai iki žiedadulkių sezono pradžios ir po žiedadulkių sezono pabaigos sietini su oro masėmis, atlinkusiomis iš tų pačių Europos regionų. Remiantis dalelių sklaidos modeliavimo rezultatais, daugiausiai beržo genties žiedadulkių galimai atnešta iš Šiaurės Europos šalių ir Vidurio Europos šalių. Remiantis vienfaktorinės koreliacinės analizės rezultatais galima teigti, kad yra ryšys tarp vidutinės oro temperatūros ir beržo genties žiedadulkių koncentracijos ore iki žiedadulkių sezono pradžios. Daugialypės regresijos rezultatai parodė, kad vidutinė oro temperatūra yra svarbiausias veiksnys, apsprendžiantis tolimosios pernašos sąlygotą beržo genties žiedadulkių kiekį, fiksuojamą iki žiedadulkių sezono pradžios.

Dovilė Motkevičiūtė

The influence of long-distance transport on the pollen content of birch in Lithuania

SUMMARY

This master's thesis analyses the long-distance transport of birch pollen in Lithuania. The aim of the work is to analyse the potential long-distance transport of birch pollen in Lithuania and to determine the dependence of pollen concentrations caused by long-distance transport on meteorological conditions. To achieve this goal, the following tasks were set: based on the aerobiological situation in the city of Klaipėda from 2005 to 2023, to analyse the mechanism of long-distance transport of birch pollen; to assess the amount of birch pollen in the air due to long-distance transport and analyse cases when large amounts of pollen reached Lithuania due to this transport; to determine the dependence of birch pollen concentration in the air due to long-distance transport on air temperature, precipitation, wind speed, and direction; based on the results, to provide recommendations for pollen monitoring. The study covers the analysis of birch pollen data collected at the aerobiological station in Klaipėda over a 19 year period (2005–2023), focusing on the amount of pollen before and after the pollen season. The data were obtained from the aerobiological station of Vilnius University's Siauliai Academy in Klaipėda. The HYSPLIT model was used to determine the backward trajectories of air masses and model particle dispersion. Spearman's rank correlation coefficient was used to determine the relationship between birch pollen concentration and meteorological parameters, and multiple regression analysis was employed to determine the relationship between daily birch pollen concentration before the pollen season and complex meteorological conditions.

The total amount of birch pollen in Klaipėda due to long-distance transport during the period from 2005 to 2023 was 49732 pollen grains/2 hours. Before the start of the birch pollen season, 17,02 pct less pollen was recorded than after the end of the pollen season. It was found that throughout the study period, air masses from European region 1 (Great Britain, Ireland, Denmark, etc.) and European region 4 (Norway, Sweden, Finland, etc.) most frequently reached the Klaipėda aerobiological station. The results indicate that the amounts of birch pollen before the pollen season and after the end of the pollen season are associated with air masses arriving from the same European regions. According to particle dispersion modelling results, most of the birch pollen was likely brought from Northern European countries and Central European countries. Based on the results of single-factor correlation analysis, it can be stated that there is a relationship between average air temperature and birch pollen concentration in the air before the start of the pollen season. Multiple regression results showed that the average air temperature is the most important factor determining the amount of birch pollen due to long-distance transport recorded before the start of the pollen season.

LITERATŪRA

1. Kleine-Tebbe, J., Zuberbier, T., Werfel, T., Krüll, M., Wagenmann, M., Johansen, N., ... Biedermannset, T. (2019). Is allergy immunotherapy with birch sufficient to treat patients allergic to pollen of tree species of the birch homologous group? *European Journal of allergy and clinical immunology* 75, 6. DOI: <https://doi.org/10.1111/all.14130>.
2. Šaulienė, I., Kainov, D., Šukienė, L., Greičiuvienė, J. (2015). Alerginis rinitas: kaip išvengti? *UAB „BMK Leidykla“*. p. 21, 31. ISBN 978-609-468-081-6.
3. Buters, J. T. M., Antunes, C., Galveias, A., Bergmann, K. C., Thibaudon, M., Galán, C., Schmidt-Weber, C., Oteros, J. (2018). Pollen and spore monitoring in the world. *Clin Transl Allergy* 8, 9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13601-018-0197-8>.
4. polleninformation.at (2024a). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 14 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR>.
5. Personalinė alergijos simptomų prognozavimo sistema (Pasyfo) (2024). Apie mus. [žiūrėta: 2024 vasario 20 d.]. <http://pasyfo.lt/apie-mus/>.
6. Interaktyvus žemėlapis „Miesto plaučiai“. [žiūrėta: 2024 vasario 20 d.]. <https://miestoplaučiai.vilnius.lt/ziedadulkes/>.
7. Bastl, K., Kmenta, M., Berger, U. E. (2018). Defining Pollen Seasons: Background and Recommendations. *Curr Allergy Asthma Rep* 18, 73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11882-018-0829-z>.
8. Biedermann, T., Winther, L., Till, S. J., Panzner, P., Knulst, A., Valovirta, E. (2019). Birch pollen allergy in Europe. *European Journal of allergy and clinical immunology* 74, 7. DOI: <https://doi.org/10.1111/all.13758>.
9. Lind, T., Ekeboom, A., Kübler, K. A., Östensson, P., Bellander, T., Löhmus, M. (2016). Pollen Season Trends (1973–2013) in Stockholm Area, Sweden. *PLOS ONE* 11(11): e0166887. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166887>.
10. Dąbrowska-Zapart, K., Niedźwiedz, T. (2022). The course of birch pollen seasons in Sosnowiec (Southern Poland) in 1997–2020 in relation to meteorological conditions. *Aerobiologia* 38, 51–70. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09734-3>.
11. Ojrzyńska, H., Bilińska, D., Werner, M., Kryza, M., Malkiewicz, M. (2020). The influence of atmospheric circulation conditions on Betula and Alnus pollen concentrations in Wrocław, Poland. *Aerobiologia* 36, 261–276. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-020-09629-9>.
12. Kubik-Komar, A., Piotrowska-Weryszko, K., Kuna-Broniowska, I., Weryszko-Chmielewska, E., Kaszewski, B. M. (2021). Analysis of changes in Betula pollen season start including the cycle of pollen concentration in atmospheric air. *PLOS ONE* 16(8): e0256466. DOI:

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256466>.

13. Myszkowska, D., Piotrowicz, K., Ziemianin, M., Bastl, M., Berger, U., Dahl, Å ... Czarnobilska, E. (2021). Unusually high birch (*Betula* spp.) pollen concentrations in Poland in 2016 related to long-range transport (LRT) and the regional pollen occurrence. *Aerobiologia* 37, 543–559. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09703-w>.

14. Skjøth, C. A., Sommer, J., Stach, A., Smith, M., Brandt, J. (2007). The long-range transport of birch (*Betula*) pollen from Poland and Germany causes significant pre-season concentrations in Denmark. *Clinical & Experimental Allergy* 37, 8. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2007.02771.x>.

15. Beck, P., Caudullo, G., de Rigo, D., Tinner, W. (2016). *Betula pendula*, *Betula pubescens* and other birches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e010226+. <https://w3id.org/mtv/FISE-Comm/v01/e010226>.

16. Maya-Manzano, J. M., Skjøth, C. A., Smith, M., Dowding, P., Sarda-Estève, R., Baisnée, D. ... O'Connor, D. J. (2021). Spatial and temporal variations in the distribution of birch trees and airborne *Betula* pollen in Ireland. *Agricultural and Forest Meteorology* 298–299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108298>.

17. Bilińska, D., Skjøth, C. A., Werner, M., Kryza, M., Malkiewicz, M., Krynicka, J., Drzeniecka-Osiadacz, A. (2017). Source regions of ragweed pollen arriving in south-western Poland and the influence of meteorological data on the HYSPLIT model results. *Aerobiologia* 33, 315–326. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9471-9>.

18. Bogawski, P., Borycka, K., Grewling, Ł., & Kasprzyk, I. (2019). Detecting distant sources of airborne pollen for Poland: Integrating back-trajectory and dispersion modelling with a satellite-based phenology. *Science of the Total Environment* 689, 109–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.348>.

19. Borycka, K., Kasprzyk, I. (2018). Hourly pattern of allergenic alder and birch pollen concentrations in the air: Spatial differentiation and the effect of meteorological conditions. *Atmospheric Environment* 182, 179–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.03.048>.

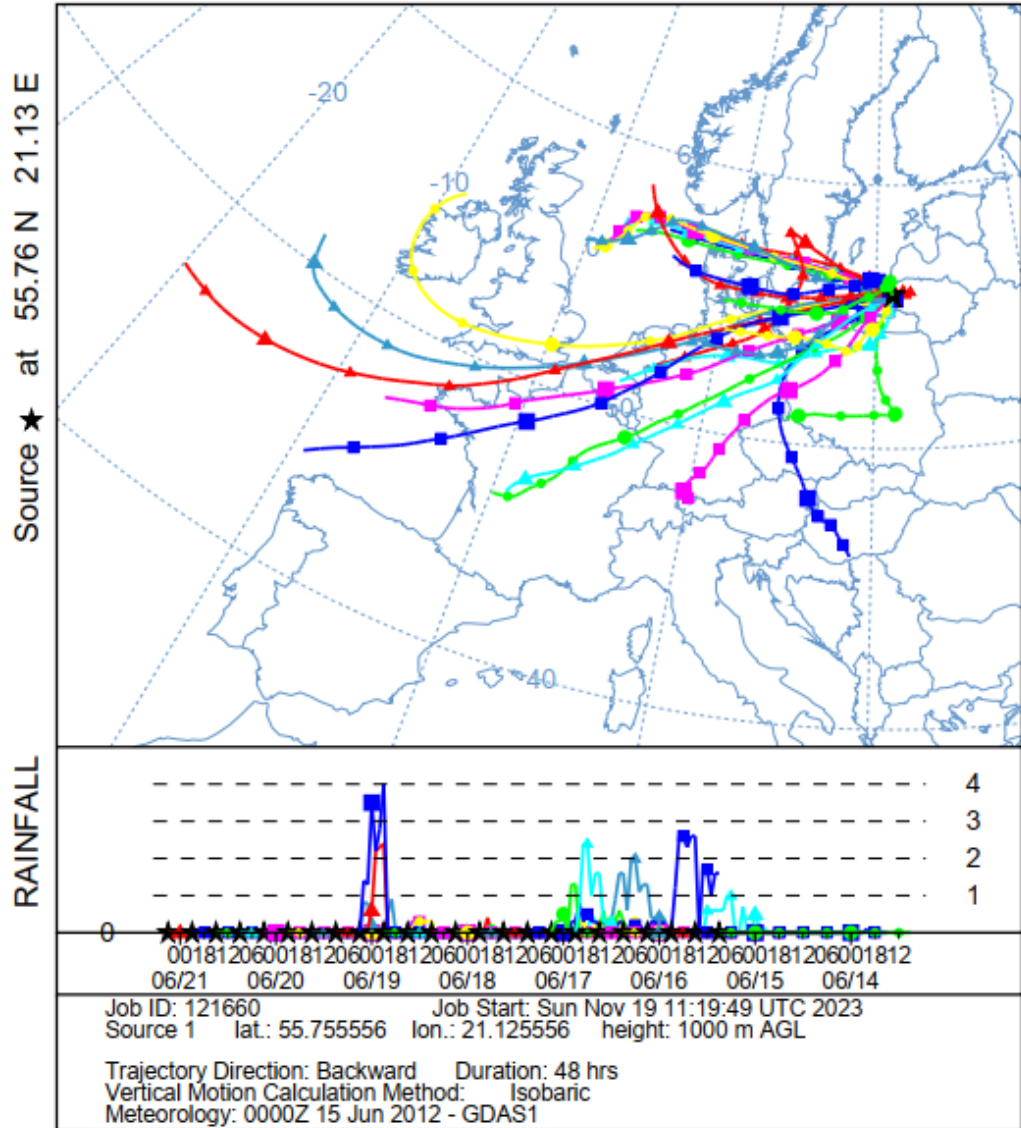
20. Ščevková, J., Dušička, J., Zahradníková, E., Sepšiová, R., Kováč, J., Vašková, Z. (2023). Impact of meteorological parameters and air pollutants on airborne concentration of *Betula* pollen and Bet v 1 allergen. *Environmental Science and Pollution Research* 30, 95438–95448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29061-z>.

21. Malkiewicz, M., Drzeniecka-Osiadacz, A., Krynicka, J. (2016). The dynamics of the *Corylus*, *Alnus*, and *Betula* pollen seasons in the context of climate change (SW Poland). *Science*

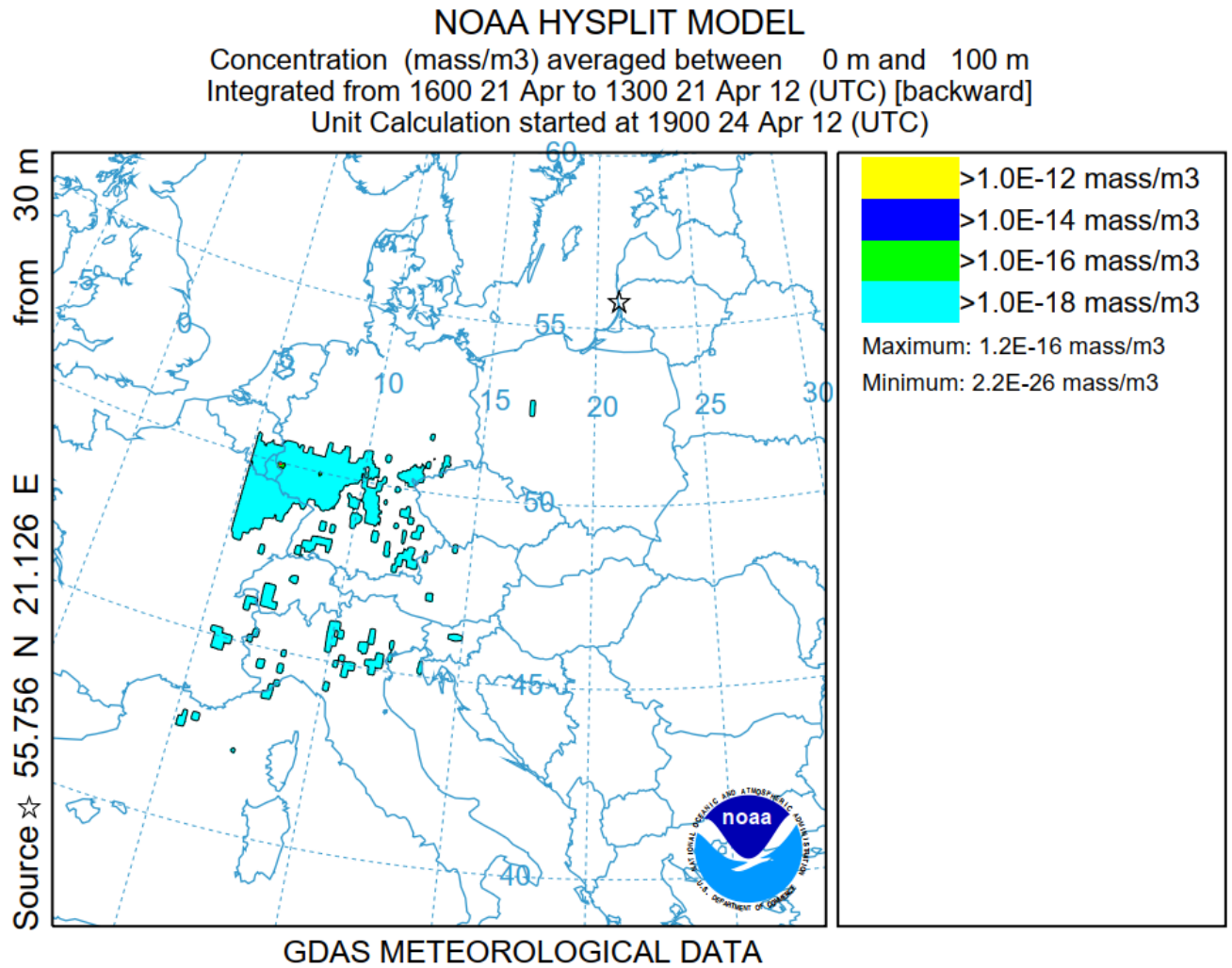
- of *The Total Environment* 573, 740–750. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.103>.
22. Veriankaitė, L. (2010). Žiedadulkių koncentracija ore: cirkuliaciniai ir fenologiniai aspektai. Daktaro disertacija. Vilnius.
23. Valstybinė miškų tarnyba (2021). Šalies miškų rodikliai ir jų kaita. [žiūrėta 2024 m. gegužės 18 d.]. <https://amvmt.lrv.lt/lt/atviri-duomenys-1/lietuvos-misku-rodikliai/>.
24. Šukienė, L., Šaulienė, I., Dubakienė, R., Rudzevičienė, O., Daunys, G. (2021). Analysis of allergenic pollen data, focusing on a pollen load threshold statement. *Aerobiologia* 37, 843–860. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09727-2>.
25. Dubakienė, R. (2021). Alergijos labirintas. *Mokslas visiems*. Vilnius. p. 12, 29. ISBN 978-609-462-175-8.
26. Puc, M., Wolski, T., Camacho, I. C., Myszkowska, D., Kasprzyk, I., Grewling, Ł, ... Borycka, K. (2015). Fluctuation of birch (*Betula L.*) pollen seasons in Poland. *Acta Agrobot* 68(4):303–313. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.2015.041>.
27. polleninformation.at (2024b). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 15 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR#pollgallery-3>.
28. polleninformation.at (2024c). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 15 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR#pollgallery-1>.
29. polleninformation.at (2024d). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 15 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR#pollgallery-2>.
30. polleninformation.at (2024e). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 16 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR#pollgallery-2>.
31. polleninformation.at (2024f). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 16 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR#pollgallery-3>.
32. polleninformation.at (2024g). Pollen load map of Europe. [žiūrėta: 2024 m. gegužės 16 d.]. <https://www.polleninformation.at/en/current-data/pollen-load-map-of-europe/FR#pollgallery-1>.
33. Europos Sąjungos standartas (2019). EN 16868:2019. *Ambient air – Sampling and analysis of airborne pollen grains and fungal spores for networks related to allergy – Volumetric Hirst method*.

2 priedas. HYSPLIT modelio oro masių atgalinės trajektorijos 2012 m. birželio 21 d.

NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 0300 UTC 21 Jun 12
 GDAS Meteorological Data



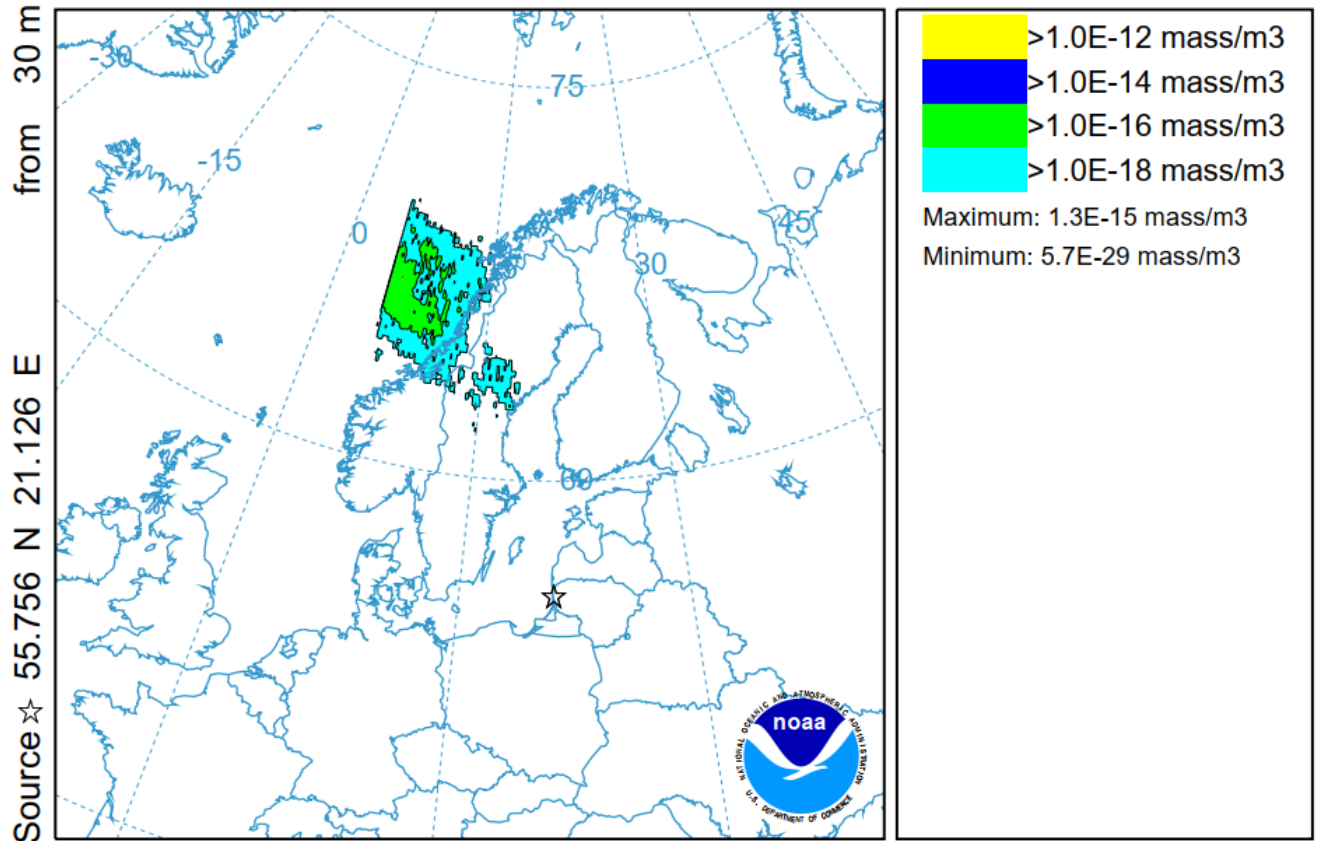
3 priedas. HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2012 m. balandžio 21 d.



4 priedas. HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2014 m. balandžio 17 d.

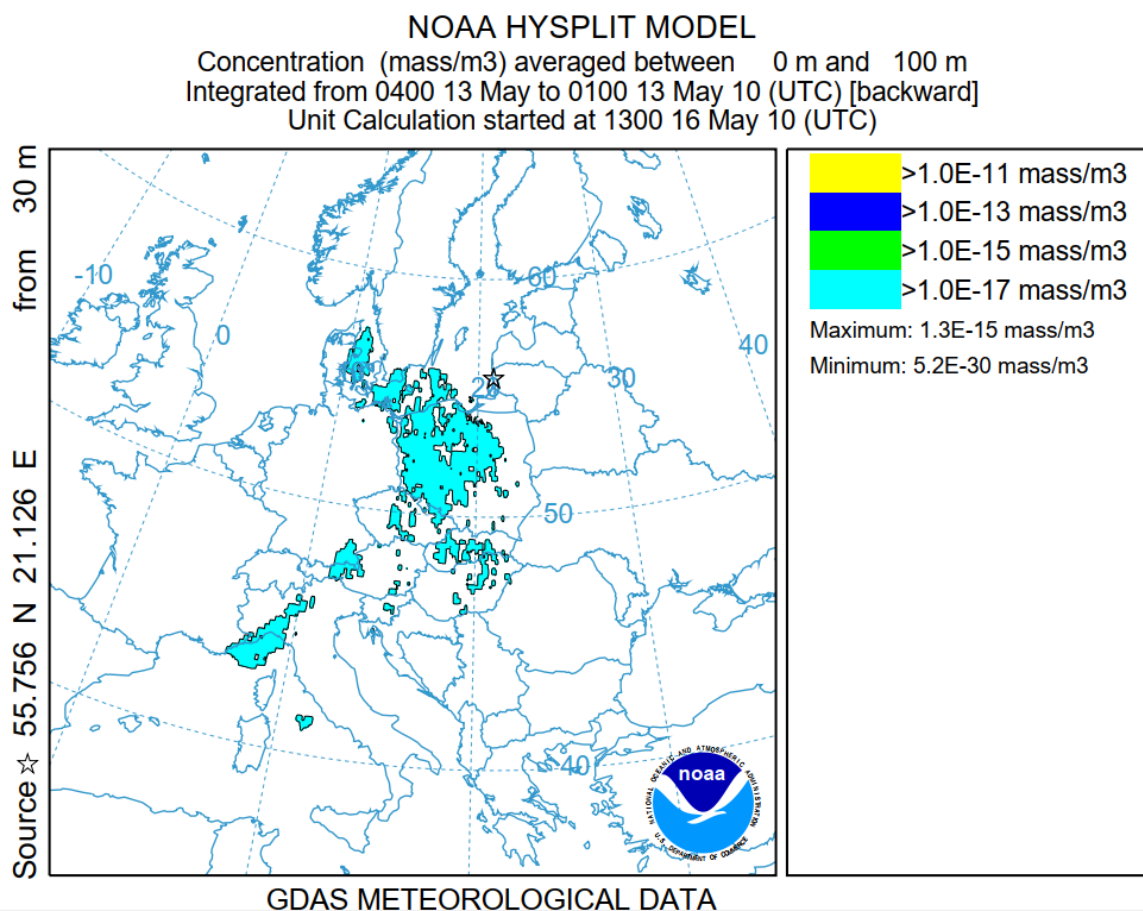
NOAA HYSPLIT MODEL

Concentration (mass/m³) averaged between 0 m and 100 m
Integrated from 1900 14 Apr to 1600 14 Apr 14 (UTC) [backward]
Unit Calculation started at 1900 17 Apr 14 (UTC)

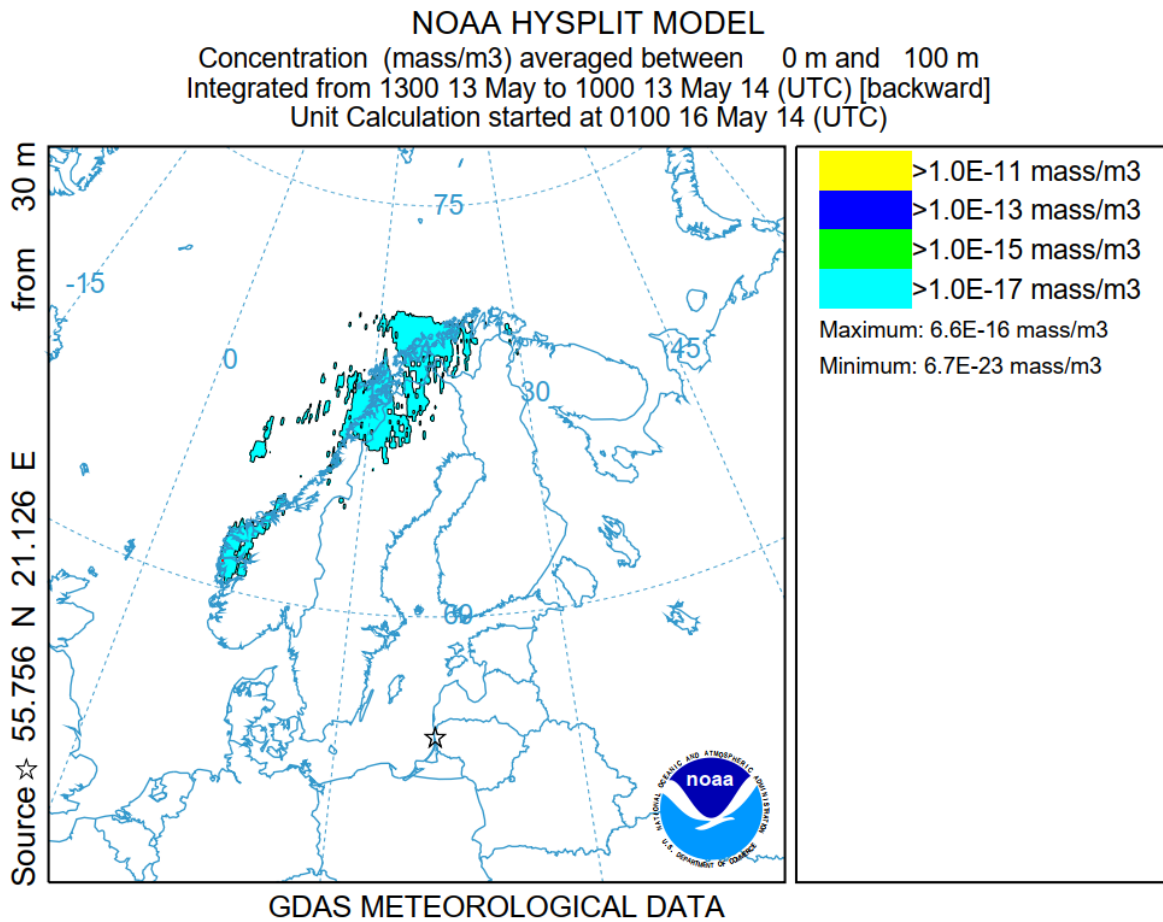


GDAS METEOROLOGICAL DATA

5 priedas. HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2010 m.
gegužės 16 d.



6 priedas. HYSPLIT modelio dalelių sklaidos modeliavimo rezultatai 2014 m.
gegužės 16 d.



7 priedas. Mann-Whitney U testo rezultatai (statistiškai reikšmingi atvejai pažymėti geltonai)

Metai	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
2005	X	0,005	0,02	0,19	0,35	0,40	0,14	0,97	0,001	0,96	0,23	0,64	0,45	0,008	0,67	0,93	0,03	0,0001	0,72
	2006	X	0,44	0,008	0,16	0,05	0,14	0,00004	0,77	0,003	0,02	0,0006	0,003	0,52	0,02	0,06	0,001	0,000002	0,09
		2007	X	0,13	0,36	0,14	0,44	0,006	0,34	0,03	0,12	0,01	0,001	0,19	0,05	0,05	0,0002	0,000002	0,14
			2008	X	0,82	0,88	0,50	0,09	0,005	0,21	0,89	0,09	0,04	0,02	0,29	0,32	0,002	0,000006	0,57
				2009	X	0,88	0,76	0,21	0,09	0,42	0,84	0,14	0,17	0,12	0,34	0,53	0,02	0,0002	0,69
					2010	X	0,50	0,20	0,02	0,36	0,89	0,15	0,16	0,05	0,34	0,73	0,01	0,00004	0,81
						2011	X	0,03	0,09	0,13	0,55	0,04	0,03	0,11	0,14	0,30	0,007	0,00002	0,44
							2012	X	0,00004	0,74	0,16	0,60	0,34	0,005	0,82	0,93	0,04	0,0002	0,75
								2013	X	0,001	0,01	0,0004	0,0005	0,59	0,01	0,03	0,0002	0,0000005	0,05
									2014	X	0,25	0,46	0,45	0,03	0,60	0,97	0,06	0,0003	0,76
										2015	X	0,14	0,05	0,02	0,27	0,43	0,002	0,000005	0,66
											2016	X	0,76	0,005	0,78	0,89	0,14	0,008	0,63
												2017	X	0,002	0,83	0,23	0,07	0,001	0,33
													2018	X	0,02	0,01	0,001	0,0001	0,05
														2019	X	0,79	0,24	0,01	0,69
															2020	X	0,02	0,002	0,83
																2021	X	0,06	0,02
																	2022	X	0,002
																		2023	X

