

Rīgas Stradiņa universitāte
Medicīnas fakultāte
Akadēmiskā studiju programma „Biostatistika”

MAGISTRA DARBS

Dzīvesvietas tuvumā esošo lauksaimniecības un dabas teritoriju ietekme uz pesticīdu konstatēšanu Latvijas populācijā

Darba autors:
Anna Raita
Studenta apliecības Nr. 23-031954

Darba vadītāji:
PhD, vadošā pētniece
Ieva Strēle
Rīgas Stradiņa universitātes
Darba drošības un vides veselības institūts

Mg. chem., pētniece
Lāsma Akūlova
Rīgas Stradiņa universitātes
Darba drošības un vides veselības institūts
Higiēnas un arodslimību laboratorija

Rīga, 2025

ANOTĀCIJA

Maģistra darbā izpētīta dzīvesvietas tuvumā esošo dažādu biotopu un to platību ietekme uz pesticīdu klātbūtni un skaitu urīna paraugos Latvijas populācijā, izmantojot HBM4EU biomonitoringa pētījuma datus. Darba mērķis bija noskaidrot, vai ģeotelpiskie faktori, tostarp bioma tips, attālums un aizņemtā platība dzīvesvietas tuvumā ietekmē pesticīdu klātbūtni cilvēku urīnā.

Darbā izmantoti dati no 101 ģimenes – pa vienam pieaugušajam un vienam bērnam no katras ģimenes. No katra indivīda ievākti divi urīna paraugi dažādās sezonās – ziemā un vasarā. Biotopu dati apstrādāti QGIS vidē, un to attālums un platība 1000 metru rādiusā izmantoti kā neatkarīgie mainīgie. Statistiskajai analīzei izmantoti vispārinātie lineārie jaukto efektu modeļi ar binomiālo vai negatīvo binomiālo sadalījumu ar fiksētiem un nejaušiem efektiem, lai ņemtu vērā datu hierarhisko struktūru.

Kopā detektēti 23 no 30 pesticīdiem, bet tikai 8 tika konstatēti biežāk nekā 10% paraugu. Netika konstatēta nozīmīga saistība starp dzīvesvietas tuvumu lauksaimniecības zemēm vai to platībām un kopējo pesticīdu skaitu. Tomēr tika konstatētas statistiski nozīmīgas saistības starp konkrētiem pesticīdiem un atsevišķiem biotopiem: dzīvesvietas atrašanās tuvāk purvam samazināja acetamiprīda detekcijas iespējamību ($OR = 0,704$), savukārt hlorprofāma detekcija bija saistīta ar lielāku upju un ezeru platību ($OR = 1,501$), zaļmasu tuvumu ($OR = 1,429$) un dārzeņu platību ($OR = 1,428$) dzīvesvietas apkārtnē. Boskalīda detekcija bija saistīta ar purva platības pieaugumu ($OR = 1,710$). Bērniem konstatēts par 17% lielāks detektēto pesticīdu skaits nekā pieaugušajiem ($IRR = 1,165$), bet sezonālas atšķirības netika konstatētas.

Secināts, ka dzīvesvietas tuvums konkrētiem biotopiem var būt būtisks faktors noteiktu pesticīdu klātbūtnē, savukārt vispārējā lauksaimniecības ekspozīcija nav precīzi nosakāma, balstoties tikai uz platības vai attāluma indikatoriem.

Darbs piedāvā praktisku ieguldījumu biomonitoringa datu interpretācijā, sniedzot ieskatu par nepieciešamību turpmākajos pētījumos iekļaut arī uztura, profesijas un dzīvesveida faktorus, kā arī paplašināt ģeotelpiskās analīzes rādiusu virs 1000 metriem.

ANNOTATION

This master's thesis explores the impact of proximity and area of various biotopes near residential areas on the presence and number of pesticides in urine samples in the Latvian population, using data from the HBM4EU human biomonitoring study. The aim of the research was to determine whether geospatial factors – such as biotope type, distance, and area near the place of residence – are associated with pesticide detection in human urine.

The study used data from 101 families, each consisting of one adult and one child. Everyone provided two urine samples collected in different seasons – winter and summer. Biotope data were processed using QGIS software, and distance and area within a 1000-meter radius were used as independent variables. Statistical analysis was conducted using generalized linear mixed models with binomial or negative binomial distribution, including fixed and random effects to account for the hierarchical structure of the data.

In total, 23 out of 30 pesticides were detected, but only 8 were found in more than 10% of the samples. No significant association was found between the proximity or area of agricultural land and the total number of pesticides detected. However, statistically significant associations were observed between specific pesticides and certain biotopes: residential proximity to bogs was associated with a decreased likelihood of acetamiprid detection ($OR = 0.704$), while chlorpropham detection was positively associated with larger river and lake areas ($OR = 1.501$), proximity to green biomass ($OR = 1.429$), and vegetable field area ($OR = 1.428$) near the residence. Boscalid detection was associated with increasing bog area ($OR = 1.710$). Children had a 17% higher number of detected pesticides compared to adults ($IRR = 1.165$), while no seasonal differences were observed.

It was concluded that proximity to specific biotopes may be a relevant factor in the detection of certain pesticides, whereas general agricultural exposure cannot be reliably assessed using only proximity or area indicators.

This study offers a practical contribution to the interpretation of biomonitoring data, emphasizing the need for future research to include additional exposure-related factors such as diet, occupation, and lifestyle, and to expand the spatial radius of geospatial analysis beyond 1000 meters.

SATURA RĀDĪTĀJS

LIETOTIE SAĪSINĀJUMI	7
IEVADS.....	8
1. LITERATŪRAS APSKATS	11
1.1. Pesticīdu pielietojums un nozīme.....	11
1.2. Klasifikācija	11
1.2.1. Klasifikācija pēc pielietojuma	12
1.2.2. Klasifikācija pēc iedarbības veida	12
1.2.3. Klasifikācija pēc toksicitātes.....	12
1.2.4. Klasifikācija pēc ķīmiskā sastāva.....	13
1.2.5. Klasifikācija pēc komerciālās formas	13
1.3. Pesticīdu uzkrāšanās un izplatība vidē	14
1.4. Pesticīdu izplatīšanos ietekmējošie faktori	17
1.4.1. Pesticīdu drifts.....	17
1.4.2. Sezonalitāte	18
1.4.3. Biomu tuvums un platība	19
1.4.4. Sociāldemogrāfiskie faktori	20
1.5. Ietekme uz cilvēka veselību	21
1.5.1. Darbības mehānisms organismā	21
1.5.2. Vielmaiņas traucējumi	22
1.5.3. Reproduktīvās veselības traucējumi	22
1.5.4. Neiroloģiskas saslimšanas	23
1.5.5. Onkoloģiskās saslimšanas.....	24
1.6. Pesticīdu izmantošanas tendences Latvijā	25
2. PĒTĪJUMA METODES	27
2.1. Pētījuma dizains	27
2.2. Pētījuma populācija un datu ievākšana.....	27
2.3. Bioloģisko paraugu analīze.....	28
2.4. Ģeotelpisko datu iegūšana un apstrāde.....	28
2.5. Datu kopas mainīgie un to kategorijas.....	30
2.6. Datu tīrīšana	31
2.7. Datu analīze	31
2.8. Datu vizualizācija.....	33
2.9. Pētījuma ētiskie apsvērumi	34

3. REZULTĀTI.....	35
3.1. Populācijas raksturojums	35
3.2. Ģeotelpisko datu raksturojums.....	35
3.3. Korelācijas matrice savstarpēju mijiedarbību izvērtēšanai	39
3.4. Pesticīdu raksturojums.....	41
3.5. Pesticīdu savstarpējā korelācija un līdzīgo vielu grupēšana	42
3.6. Ietekmējošie faktori pesticīdu klātbūtnei urīna paraugos	44
3.7. Urīnā visbiežāk noteikto pesticīdu detekcijas ietekmējošie faktori.....	46
3.7.1. Acetamiprīda klātbūtni urīnā ietekmējošie faktori	49
3.7.2. Hlorprofāma klātbūtni urīnā ietekmējošie faktori	50
3.7.3. Boskalīdu ietekmējošie faktori.....	51
3.8. Urīnā noteikto pesticīdu skaita ietekmējošie faktori	51
4. DISKUSIJA	54
SECINĀJUMI	58
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	60
PIELIKUMI.....	67

LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

AAL – augu aizsardzības līdzekļi
AIC – Akaike informācijas kritērijs
ANOVA – dispersijas analīze (*eng. Analysis of Variance*)
AST – autiskā spektra traucējumi
DDD - dihlorodifenildihloretāns
DDE - dihlorodifenildihloroetilēns
DDT – dihlorodifeniltrihloretāns
DMAP – N-desmetilacetamiprīds
EFSA – Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestāde (*eng. European Food Safety Authority*)
ES – Eiropas Savienība
GUS – pazemes ūdeņu piesārņojuma izplatības rādītājs (*eng. Groundwater Ubiquity Score*)
HBM4EU – Eiropas biomonitoringa programma (*eng. Human biomonitoring for Europe*)
HL – Hodžkina limfoma
IQR – starpkvartiļu diapazons (*eng. Interquartile Range*)
IRR – incidences skaita attiecība (*eng. Incidence Rate Ratio*)
NHL – Nehodžkina limfoma
LC-HRMS – šķidrums hromatogrāfija, kas savienota ar augstas izšķirtspējas masas spektrometriju (*eng. Liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry*)
LD – letālā deva
LD₅₀ – letālā deva, kas izraisa nāvi 50% eksperimentālo dzīvnieku populācijas
miRNS – mikro RNS
OC – organohlorīni
OP – organofosfāti
OR – izredžu attiecība (*eng. Odds Ratio*)
PD – Parkinsona slimība
PVO – Pasaules Veselības organizācija
QGIS – ģeogrāfiskās informācijas sistēma (*eng. Quantum Geographic Information System*)
VAAD – Valsts augu aizsardzības dienests
VIF – dispersijas inflācijas faktors (*eng. Variance Inflation Factor*)
WHO – *eng. World Health Organization*

IEVADS

Mūsdienu sabiedrībā, kur arvien vairāk tiek pievērsta uzmanība vides aizsardzībai un sabiedrības veselībai, pesticīdu lietošanas radītās sekas kļūst par būtisku zinātniskās izpētes un politiskās diskusijas objektu. Pesticīdi jeb augu aizsardzības līdzekļi (AAL) ir būtisks mūsdienu lauksaimniecības elements, kas nodrošina augstu ražību un ekonomisko efektivitāti. Tomēr paralēli šiem ieguvumiem arvien vairāk tiek izcelti arī to potenciālie draudi cilvēku veselībai un videi. Pētījumu autori ir atkārtoti uzsvēruši, ka pesticīdi pēc to lietošanas var nonākt gaisā, augsnē un ūdens vidē, kā arī uzkrāties dzīvajos organismos, tostarp cilvēkos (Ahmad et al., 2024; Pathak et al., 2022).

Starptautiskie pētījumi (Ottenbros et al., 2023; Zaller et al., 2022) apliecina, ka lauksaimniecības darbību rezultātā pesticīdi bieži vien nokļūst ne tikai uz kultūraugiem, bet arī uz blakus esošajām platībām, māsaimniecību teritorijām, ekosistēmām un pat pilsētas vidē. Pesticīdi, atkarībā no to ķīmiskā sastāva, devas un saskarsmes ilguma, var izraisīt dažādas nelabvēlīgas veselības sekas. Pēc Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādes (EFSA) datiem, pesticīdu atlieku pieļaujamās normas tiek pārsniegtas 3,7% no testētajiem pārtikas produktiem. Bērni tiek uzskatīti par paaugstināta riska grupu, jo bīstamība ir saistīta gan ar attīstības posmu, gan ar fizioloģiskajām iezīmēm, kas veicina augstāku absorbcijas intensitāti (Landrigan et al., 1999).

Zinātniskā literatūra uzsver, ka pesticīdu lietošana nav tikai lauksaimniecības jautājums, bet arī sabiedrības veselības un vides ilgtspējības problēma (Ahmad et al., 2024; Pathak et al., 2022). Eiropas biomonitoringa programmas (HBM4EU, *eng. Human biomonitoring for Europe*) pētījumu rezultāti parāda, ka pesticīdu atliekas tiek konstatētas ne tikai vides paraugos, bet arī cilvēku bioloģiskajos materiālos – asinīs, matos un urīnā. Eiropas Savienības mērogā veiktais projekts ir pierādījis, ka dažādu pesticīdu metabolīti ir konstatēti lielā daļā dalībvalstu iedzīvotāju urīna paraugu. Pētījumā visās piecās iesaistītajās valstīs visbiežāk konstatētie AAL bija acetamiprīda un hlorprofāma metabolīti, kas liecina par plašu ekspozīciju (Ottenbros et al., 2023). Citu pētījumu dati liecina, ka pesticīdu piesārņojums gaisā konstatēts pat tādās dabas teritorijās, kas atrodas tālu no tiešas lauksaimniecības darbības (Zaller et al., 2022).

Lai arī Latvijā AAL patēriņš ir relatīvi mazāks nekā daudzviet Rietumeiropā, pesticīdu klātbūtne vidē un bioloģiskajos paraugos ir konstatēta (Alaoui et al., 2024; Ottenbros et al., 2023). Tomēr Latvijā joprojām trūkst sistemātisku pētījumu, kas vērtētu konkrētu ģeotelpisku faktoru ietekmi uz pesticīdu klātbūtni cilvēka organismā, īpaši tādu faktoru kā bioma tips, tā attālums no

dzīvesvietas vai platība ap dzīvesvietu. Šī darba kontekstā bioms apzīmē noteiktu dabisko vai antropogēni ietekmētu ainavu tipu, piemēram, mežus, purvus, pļavas, piejūras teritorijas, ūdenstilpnes, mikroliegumus un lauksaimniecības zemes, kam var būt būtiska loma pesticīdu izplatībā vai aizkavēšanā. Pēc esošās literatūras datiem zināms, ka pesticīdu klātbūtni bioloģiskajos paraugos ietekmē vairāki faktori – sezona, klimatiskie apstākļi, lauksaimniecības intensitāte (Teyssiere et al., 2021; Dereumeaux et al., 2020), tāpat arī vides buferzonu esamība, piemēram, meži vai purvi (Zaller et al., 2022). Līdzšinējos pētījumos reti ticis aplūkots, vai specifisku biomu tuvums var aizkavēt vai veicināt pesticīdu ietekmi uz iedzīvotājiem. Latvijā raksturīgie biomi, kā purvi, meži vai mikroliegumi, potenciāli var pildīt buferzonas lomu, taču empīriski dati par šādu ietekmi ir ierobežoti.

Pētījumā izmantotie dati no HBM4EU projekta nodrošina iespēju analizēt konkrētas biotopu grupas Latvijā, to platību un tuvumu dalībnieku dzīvesvietai, un salīdzināt ar urīna paraugos noteikto pesticīdu biežumu un daudzumu. Šāda pieeja dod iespēju izprast gan vides, gan individuālo faktoru nozīmi ekspozīcijā.

Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir noskaidrot, vai dzīvesvietas tuvums dažāda veida biotopiem un to platība ap dzīvesvietu ietekmē pesticīdu klātbūtni un skaitu urīnā Latvijas populācijā, izmantojot datus no HBM4EU biomonitoringa pētījuma.

Lai sasniegtu šo mērķi, tika izvirzīti sekojoši darba uzdevumi:

1. Apkopot literatūru par pesticīdu izplatības mehānismiem, drifta procesiem un biomonitoringu Eiropā.
2. Iegūt un apstrādāt Latvijas iedzīvotāju biomonitoringa un ģeotelpiskos datus.
3. Noteikt, kuri pesticīdi visbiežāk tiek konstatēti urīnā un vai pastāv sezonālas atšķirības.
4. Noteikt biežākos kopā konstatētos pesticīdus.
5. Izmantot vispārinātus lineāros un negatīvās binomiālās jaukto efektu modeļus, lai identificētu ar pesticīdu ekspozīciju saistītos faktorus.
6. Novērtēt, vai biomu tuvums un platība ir saistīti ar pesticīdu klātbūtni un skaitu.
7. Novērtēt, vai visbiežāk sastopamo pesticīdu klātbūtne ir saistīta ar konkrētu biomu tuvumu un platību.

Hipotēze

Dzīvesvietas tuvums noteiktiem biotopiem, it īpaši lauksaimniecības teritorijām, ir saistīts ar paaugstinātu pesticīdu klātbūtni urīnā. Tajā pašā laikā noteiktu dabas teritoriju, piemēram, purvu vai mežu, klātbūtne var būt saistīta ar samazinātu pesticīdu detekcijas biežumu.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Pesticīdu pielietojums un nozīme

Pesticīdi ir dabiskas vai sintētiskas ķīmiskās vielas, kas paredzētas kaitēkļu, nezāļu un slimību ierosinātāju kontrolei lauksaimniecībā. To lietošana ir būtiski veicinājusi kultūraugu aizsardzību, palielinot ražas apjomus un pārtikas pieejamību visā pasaulē. Samazināta kaitēkļu ietekme nozīmē augstāku ražību, mazākus postījumus un stabilākus ienākumus lauksaimniekiem. Attīstoties komerciālajai zemkopībai, pesticīdu nozīme ir tikai pieaugusi (Ahmad et al., 2024).

Papildus pārtikas ražošanas efektivitātei pesticīdi nodrošina arī uzglabāšanas kvalitāti – tie samazina pārtikas bojāšanās risku noliktavās, tādējādi veicinot ilgāku uzglabāšanu un piegādes elastību. Turklāt pesticīdi spēlē nozīmīgu lomu sabiedrības veselības aizsardzībā, piemēram, kontrolējot ar vektoriem pārnēsājamas slimības – malāriju, denges drudzi un Zikas vīrusu (Sanchi et al., 2021).

Kvantitatīvā analīzē par pesticīdu lietošanu un ekonomisko attīstību Eiropas Savienībā (ES) secināts, ka šo vielu izmantošana ilgtermiņā var veicināt lauksaimniecības ienākumu pieaugumu. Jo īpaši tas ir nozīmīgi globālās pārtikas pieprasījuma kontekstā – pesticīdi ļauj nodrošināt augstu ražību bez nepieciešamības paplašināt apstrādājamo zemi. Tajā pašā laikā, sasniedzot noteiktu ienākumu sliekšni, pesticīdu lietošana var sākt samazināties, jo ekonomiski spējīgākas saimniecības biežāk investē videi draudzīgākās vai efektīvākās tehnoloģijās (Zafeiriou et al., 2023).

Lai gan pesticīdiem ir būtiska loma pārtikas ražošanā un veselības aizsardzībā, jāņem vērā arī to negatīvā ietekme uz vidi un cilvēkiem. Viens no izplatītākajiem piesārņojuma ceļiem ir gaisa transports – smidzināšanas laikā pesticīdi var izplatīties kā aerosoli vai tvaiki, ko vējš pārnēs uz apkārtējo vidi. Rezultātā pesticīdu atliekas tiek konstatētas ne tikai uz augiem, bet arī augsnē, ūdenī un pat cilvēku pārtikā (Ahmad et al., 2024).

1.2. Klasifikācija

Pesticīdus iespējams klasificēt vairākos veidos atkarībā no to ķīmiskā sastāva, iedarbības mehānisma, toksiskuma, lietošanas mērķa vai komerciālās formas, un katra no šīm pieejām sniedz atšķirīgu skatījumu uz pesticīdu īpašībām un potenciālo ietekmi uz vidi un veselību (Pathak et al., 2022).

1.2.1. Klasifikācija pēc pielietojuma

Pesticīdu klasifikācija pēc to pielietojuma mērķa ir viens no praktiskākajiem un biežāk izmantotajiem iedalījumiem. Šī pieeja ņem vērā, kādam kaitīgajam organismam viela ir paredzēta:

1. Herbicīdi – vērsti pret nezālēm, kavējot fotosintēzi, aminoskābju sintēzi vai citu vielmaiņu. Piemēri: triazīni, amīdi, sulfonilurīnvielas.
2. Insekticīdi – paredzēti kukaiņu iznīcināšanai vai kontrolei. Tipiski pārstāvji: organofosfāti, piretroīdi, karbamāti.
3. Fungicīdi un baktericīdi – nomāc sēnīšu vai baktēriju attīstību. Bieži sastopami savienojumi: triazoli, benzimidazoli.
4. Rodenticīdi, akaricīdi, nematocīdi, algicīdi – iedarbojas uz konkrētām organismu grupām, piemēram, grauzējiem, ērcēm, nematodēm un aļģēm.
5. Specifiskas grupas, piemēram, larvicīdi, ovicīdi vai repelenti, darbojas attiecīgi uz kukaiņu kāpuriem, olām vai atbaida kaitēkļus. (Pathak et al., 2022).

1.2.2. Klasifikācija pēc iedarbības veida

Šajā klasifikācijā pesticīdi tiek iedalīti pēc tā, kā tie nonāk mērķorganismā:

1. Sistēmiskie – absorbējas augā un cirkulē pa audiem, aizsargājot arī pret “slēptiem” kaitēkļiem.
2. Kontakta (nesistēmiskie) – iedarbojas tiešā kontaktā ar kaitēkli, bieži nepieciešama atkārtota lietošana.
3. Fumiganti – darbojas gāzveida formā, īpaši efektīvi slēgtās telpās.
4. Kuņģa pesticīdi – aktivizējas pēc norīšanas.
5. Repelenti un piesaistītāji – attiecīgi atbaida vai pievilina kaitēkļus. (Pathak et al., 2022).

1.2.3. Klasifikācija pēc toksicitātes

Pasaules Veselības organizācija (PVO) klasificē pesticīdus pēc to akūtās toksicitātes, nosakot letālo devu (LD_{50}) dzīvniekiem:

1. Ia klase – īpaši bīstami ($LD_{50} < 5$ mg/kg)
2. Ib klase – ļoti bīstami (5–50 mg/kg)
3. II klase – mēreni bīstami (50–2000 mg/kg)
4. III klase – mazāk bīstami (> 2000 mg/kg)

5. IV klase – maz ticams, ka izraisa akūtu risku ($> 5000 \text{ mg/kg}$) (Pathak et al., 2022; World Health Organization [WHO], 2020).

1.2.4. Klasifikācija pēc ķīmiskā sastāva

Šī klasifikācija balstās uz pesticīdu molekulāro struktūru un sastāvu. Tā palīdz prognozēt vielas uzvedību vidē un tās toksicitāti:

- Organohlorīni (OC) – ļoti noturīgi un bioakumulatīvi. Piemēri: dihlorodifeniltrihloretāns (DDT), dihlorodifenildihloretāns (DDD), dihlorodifenildihloroetilēns (DDE), endosulfāns, heptahlori.
- Organofosfāti (OP) – iedarbojas, inhibējot acetilholīnesterāzi, bieži ir ļoti toksiski cilvēkam. Tie sadalās ātrāk nekā OC. Piemēri: malations, hlorpirifoss, metilpirimifoss.
- Karbamāti – līdzīgi OF iedarbībā, bet ar atšķirīgu ķīmisko struktūru. Piemēri: hlorprofāms, karbarils.
- Piretroīdi – sintētiski atvasināti no dabīgiem piretrīniem, salīdzinoši mazāk noturīgi, ātri sadalās gaismā. Šīs grupas vielām piemīt mērena akūta toksicitāte. Piemēri: cipermetrīns, fluvalināts.
- Neonikotinoīdi – sistēmiski insekticīdi, kas iedarbojas uz kukaiņu nikotīna acetilholīna receptoriem. Pie šīs grupas vairums piederošo vielu klasificējamās kā vidēji bīstamas cilvēkam. Piemēri: acetamiprīds, imidakloprīds, klotianidīns, flupiradifurons, tiametoksāms, tiakloprīds.
- Triazīni un triazoli – herbicīdi vai fungicīdi, kas kavē fotosintēzi vai šūnu sintēzi augos un sēnītēs. Piemēri: atrazīns, tebukonazols.
- Glikofosāts – plaša spektra herbicīds. Grupas pārstāvjiem pārsvarā zema akūtā toksicitāte, tātad mazāka bīstamība cilvēkam (Pathak et al., 2022; WHO, 2020).

1.2.5. Klasifikācija pēc komerciālās formas

Pēc komerciālās formas pesticīdi pieejami granulās, pulveros, šķidrumos, aerosolos, kā arī kā mikrokapsulas, želejas vai ēsmas. Formulējums nosaka, cik ilgi un efektīvi viela iedarbojas un cik ērti to var lietot (Pathak et al., 2022).

1.3. Pesticīdu uzkrāšanās un izplatība vidē

Pesticīdi pēc lietošanas nonāk vidē un tiek pakļauti virknei fizikālu, ķīmisku un bioloģisku procesu, kas ietekmē to pārvietošanos, transformāciju un potenciālo uzkrāšanos. Šie procesi ietekmē gan pesticīdu piesārņojuma ģeogrāfisko raksturu, gan to, cik ilgi un kurā formā šīs vielas saglabājas vidē. Lai arī daudzi pesticīdi vidē noārdās, to metabolīti var saglabāties un dažkārt būt toksiskāki nekā sākotnējā viela (Pathak et al., 2022).

Īpaši nozīmīgs parametrs ir pussabrukšanas periods – tas norāda, cik ilgā laikā puse no pesticīda daudzuma vidē sadalās. Tas var būt no dažām dienām līdz vairākiem simtiem dienu, piemēram, boskalīds – 6,63 dienas, acetamiprīds – 5,69 dienas, 2,4 – dihlorofenoksiacetāts (2,4-D) 2,92 dienas, fluvalināts 2,92 dienas (Fantke et al., 2014), hlōpirifoss skābā augsnē – līdz pat 224 dienām (Singh et al., 2003). Jo ilgāks pussabrukšanas laiks, jo lielāka iespējamība uzkrāties un radīt ilgtermiņa riskus.

Viens no galvenajiem fizikāli ķīmiskajiem parametriem, kas nosaka pesticīdu mobilitāti, ir šķīdība ūdenī – labi šķīstošas vielas, piemēram, glifosāts, var viegli izskaloties no augsnes un nonākt virszemes vai gruntsūdeņos (Boonupara et al., 2023). Turpretī vielas ar augstu saistspēju pret augsnes organisko vielu mazāk izplatās apkārtējā vidē. Tai vietā tās paliek piesaistītas augsnei, taču tieši šī īpašība palielina to noturību un uzkrāšanās potenciālu (Tudi et al., 2021). Piemēram, boskalīdam piemīt augsta noturība augsnē, kas sakrīt ar datiem pētījumos, kur šī viela bieži tiek atrasta augsnē augstās koncentrācijās (Alaoui et al., 2024).

Arī pesticīda spēja iztvaikot, kas raksturota ar tā tvaika spiedienu, būtiski ietekmē tā izplatību – vielas ar augstu tvaika spiedienu, īpaši siltā un sausā klimatā, var ātri iztvaikot un tikt pārnestas ar gaisa plūsmām, izplatoties ievērojami tālāk no lietošanas vietas. Paraleli pesticīda īpašībām arī vides raksturlielumi būtiski ietekmē to izplatību (Tudi et al., 2021). Klimata pārmaiņu rezultātā pesticīdu iztvaikošana un līdz ar to arī tvaika spiediens ir palielinājies (Kannan, 2023).

Augsnes pH līmenis nosaka pesticīdu uzsūkšanos un hidrolīzes reakciju ātrumu – skābā augsnē daudzi pesticīdi absorbējas efektīvāk, savukārt sārmainākos apstākļos var notikt ātrāka noārdīšanās. Tāpat arī augsnes organisko vielu saturs tiešā veidā ietekmē pesticīdu uzkrāšanos – jo vairāk organiskās vielas, jo lielāka pesticīdu piesaiste un līdz ar to arī to noturība (Tudi et al., 2021). Tā piemēram, hlōpirifosa degradācijas ātrumā vērojamas atšķirības atkarībā no augsnes pH. Ja augsnei ir zemāks pH jeb augsne ir skāba (pH 4,7 un 5,7), tad šī pesticīda pussabrukšanas periods ir 224 dienas, taču ja augsnes pH ir neitrāls vai sārmainš (pH 8,4), tad pussabrukšanas periods samazinās līdz pat 18 dienām (Singh et al., 2003).

Nokrišņu intensitāte un reljefa slīpums ir vēl viens svarīgs faktors, kas var veicināt pesticīdu virszemes noteci – lietus vai apūdeņošana uz slīpām virsmām bieži vien izraisa piesārņojuma pārvietošanos uz tuvējām ūdenstilpēm, radot risku gan ūdens kvalitātei, gan akūtu ekotoksicitāti ūdens organismiem (Tudi et al., 2021).

Pesticīdi var nonākt un pārvietoties vidē vairākos veidos: (1) smidzināšanas laikā neliela daļa aerosolu tiek pārnesta ar vēju ārpus apstrādātās teritorijas jeb pesticīdu drifts, (2) daļa pesticīdu iztvaiko no augu vai augsnes virsmas, īpaši augstas temperatūras un zema mitruma apstākļos, (3) lietus un augu aplaistīšana var izraisīt pesticīdu aizskalošanos uz virszemes ūdeņiem – upēm un ezeriem, (4) ūdenī šķīstoši pesticīdi var caur augsni nokļūt pazemes ūdeņos, (5) adsorbcija – pesticīdi piesaistās augsnes daļiņām (galvenokārt māliem un organiskām vielām), kas var samazināt vai, tieši pretēji, paildzināt pesticīdu mobilitāti (Tudi et al., 2021).

Pēc nokļūšanas vidē pesticīdiem ir potenciāls uzkrāties un tikt pārnestiem uz dzīvajiem organismiem dažādos barības ķēdes līmeņos, sākot jau ar augiem, kuri spēj uzņemt pesticīdus gan caur sakņu sistēmu no piesārņotas augsnes, gan caur lapu virsmām no apkārtējā gaisa vai ūdens. Pēc nokļūšanas augā pesticīdi var tikt transportēti visā auga struktūrā, nonākot arī tajās daļās, ko gan cilvēki, gan dzīvnieki vēlāk lieto uzturā, piemēram, augļos, lapās vai bumbuļos, un nereti šīs atliekvielas saglabājas pēc mazgāšanas vai mizas noņemšanas. Tālāk barības ķēdē pesticīdi var nonākt arī dzīvnieku organismos, piemēram, mājlopi vai savvaļas dzīvnieki, kuri barojas ar piesārņotiem augiem vai dzer piesārņotu ūdeni, pesticīdus uzņem nepastarpināti, un šie savienojumi var uzkrāties to taukaudos, aknās vai citos orgānos, kur to likvidācijas laiks organismā var būt ievērojami atšķirīgs (Lazarevič-Pašti et al., 2025). Ir konstatēts, ka metilpirimifosa metabolīti Atlantijas lašos sasniedza koncentrāciju 5 nmol/kg, kas ir zemāka par maksimāli atļauto līmeni, taču tomēr norāda uz pesticīdu klātbūtni pārtikas ķēdē. (Mi un Lin, 2025). Tā kā cilvēki uzturā lieto gan dzīvnieku, gan zivju produktus, gan augus, pastāv risks, ka pesticīdi nonāk cilvēku organismā arī šādā veidā, veidojot pilnu pesticīdu aprites loku pārtikas sistēmā. 2022. gadā EFSA ziņoja, ka 3,7% no testētajiem pārtikas paraugiem pārsniedza pieļaujamo pesticīdu atlieku līmeni (Lazarevič-Pašti et al., 2025).

Pesticīdu izplatība vidē rada draudus ne tikai cilvēkiem, kas lieto uzturā dzīvnieku valsts produktus, bet arī pašām dzīvajām radībām. Savvaļas dzīvnieku saindēšanās ar pesticīdiem ir būtiska problēma, kas skar dažādas sugas, īpaši putnus un zīdītājus. Eiropas valstīs, piemēram, Francijā un Apvienotajā Karalistē, visbiežāk reģistrētie saindēšanās gadījumi ir saistīti ar holīnesterāzes inhibitoriem (OP un karbamātu insekticīdiem) un antikoagulantu rodenticīdiem.

Francijā analizēti 4653 gadījumi, bet Apvienotajā Karalistē 1414 gadījumi, un šajos gadījumos visbiežāk cietušas medījamo dzīvnieku sugas un plēsīgie putni. Akūtas saindēšanās gadījumos dzīvnieki bieži iet bojā dažu minūšu vai stundu laikā pēc saskares ar toksisko vielu, savukārt hroniskas iedarbības rezultātā var novērot izmaiņas uzvedībā, reproduktīvos traucējumus vai imūnsistēmas pavājināšanos (Berny et al., 2007).

Tika konstatēts, ka 10 no 20 visbiežāk izplatītajiem pesticīdiem tika atrasti gan augsnē, gan kultūraugos, tostarp hlorpirifoss un difenokonazols, kas tiek novērtētas kā augsta riska vielas cilvēka veselībai. Tas rada bažas par tiešu piesārņojuma saikni starp vidi un pārtikas produktiem (Alaoui et al., 2024). Vēl viens cits pētījums uzrāda līdzīgus rezultātus, norādot, ka augsnē atrasts hlorpirifoss, taču papildus atzīmē arī karbarilu un tebukonazolu savos paraugos (Degrendele et al., 2022). Ottenbros et al. pētījumā visbiežāk konstatētie pesticīdu biomarkēri visās iesaistītajās valstīs bija acetamiprīds un hlorprofāms. Acetamiprīda metabolīts tika konstatēts 99% paraugu Spānijā, 94% Ungārijā, 98% Čehijā, 93% Nīderlandē. Hlorprofāma metabolīts tika atrasts 56% paraugu Spānijā, 32% Latvijā, 31% Ungārijā, 34% Čehijā un 75% Nīderlandē. No pārējiem pesticīdiem bieži tika konstatēti arī boskalīds – līdz 36% Spānijā, fludioksonils – līdz 27% Nīderlandē, metilpirimifoss – līdz 85% Spānijā, pirimetanils – līdz 32% Nīderlandē, klotianidīns – līdz 34% Spānijā, fluazifops – līdz 21% Nīderlandē, un propamokarbs – līdz 43% Nīderlandē. Kopumā 84% paraugu tika konstatēti vismaz divi dažādi pesticīdi, mediāna bija 3, bet maksimāli vienā paraugā tika atrasti 13 pesticīdi (Ottenbros et al., 2023). Tas pats pētījums arī apskatīja savstarpējās pesticīdu mijiedarbības un skaidro, vai starp pesticīdiem vērojamas kombinācijas, kas biežāk novērojamas tajos pašos paraugos. Visbiežākās kombinācijas bija acetamiprīds ar hlorprofāmu (N = 62), kā arī acetamiprīds ar tebukonazolu (N = 30). Vienīgā kombinācija, kas tika konstatēta visās piecās valstīs, bija acetamiprīds ar pirimifosmetilu. Kopumā tika identificētas 44 dažādas biežākās (vismaz 5 paraugos) pesticīdu kombinācijas, un lielākā daļa no tām sastāvēja no diviem vai trim pesticīdiem.

Izvērtējot pesticīdu izplatību gaisa paraugos, tika identificēti 67 dažādi pesticīdi, no kuriem 24 bija herbicīdi, 30 fungicīdi un 13 insekticīdi. Visbiežāk sastopamie no herbicīdiem bija metolahlors, pendimetalīns, prosulfokarbs un terbutilazīns, kas tika atrasti visos paraugos, kā arī 2,4-D-etilheksils, kas tika konstatēts 93% gadījumu. No fungicīdiem visbiežāk tika atrasts heksahlorbenzols (100% paraugu) un hlorotalonils (93%), bet no insekticīdiem – etilhlorpirifoss (93%) (Zaller et al., 2022).

Lai noteiktu pesticīdu klātesamību cilvēka bioloģiskajos paraugos, tika analizēta neonikotinoīdu pesticīdu klātesamība urīna paraugos, visbiežāk un visaugstākajās koncentrācijās tika konstatēts acetamiprīda metabolīts N-desmetil-acetamiprīds (DMAP), īpaši pacientiem ar izteiktiem neiroloģiskiem simptomiem (47,4 %). Līdzās DMAP, urīnā tika konstatēti arī citi neonikotinoīdi, taču to biežums bija zemāks un koncentrācijas – nelielas. Vērts atzīmēt, ka pats acetamiprīds urīna paraugos netika atrasts, kas liecina par tā ātru metabolismu cilvēka organismā (Marfo et al., 2015).

1.4. Pesticīdu izplatīšanos ietekmējošie faktori

1.4.1. Pesticīdu drifts

Kaut arī pesticīdiem ir būtiska loma lauksaimniecības augu aizsardzībā no kaitēkļiem (Zhang un Zijian, 2024), to lietošana ir saistīta arī ar virkni blakusparādību, no kurām īpaši nozīmīgs ir pesticīdu drifts – situācija, kad pesticīdu pilieni vai tvaiki izplatās ārpus apstrādājamā lauka teritorijas un nogulsņējas uz blakus esošām teritorijām (Grella et al., 2017), piemēram, dzīvojamajiem rajoniem, ganībām, ekoloģiski jutīgām teritorijām vai citiem kultūraugiem, kuriem nav paredzēta konkrētā pesticīda lietošana (Zhang un Zijian, 2024). Tiek prognozēts, ka lauksaimniecības smidzināšanas laikā no kopējā pesticīdu apjoma aptuveni 30–50% var nonākt atmosfērā. Šī parādība tiek saistīta gan ar mehānisko izkliedi (vēja ietekmi), gan ar aktīvo iztvaikošanu (Boonupara et al., 2023). Drifts ne tikai samazina pesticīdu efektivitāti uz mērķa laukiem, bet arī ievērojami palielina nevēlamās iedarbības iespējamību uz cilvēkiem, dzīvniekiem un dabu (Botías et al., 2019).

Pētījumos norādīts, ka pesticīdu driftu nosaka vairāki faktori, kas sistemātiski iedalāmi četrās grupās: (1) meteoroloģiskie apstākļi, (2) smidzināšanas tehnika un metode, (3) smidzinājuma fizikālās īpašības, un (4) operatora prasmes un lēmumi (Zhang un Zijian, 2024). No meteoroloģiskajiem rādītājiem īpaši svarīgi ir vēja ātrums un gaisa temperatūra – katrs 1 m/s vēja ātruma pieaugums var palielināt driftu par aptuveni 0,94%, savukārt 1 °C temperatūras pieaugums saistīts ar 0,2% palielinājumu smidzinājuma izklīdē (Arvidsson, Bergström un Kreuger, 2011). Vēja īpatnības, relatīvais mitrums un gaisa temperatūra ir būtiski pesticīdu drifta veicinātāji. Vēja svārstīgums, temperatūras pieaugums un zemais mitrums kopumā veicina tvaiku aktīvāku iztvaikošanu un tālāku izplatību. Tomēr, interpretējot pētījumu rezultātus, jāņem arī vērā tas, ka vides apstākļu neparedzamība ievērojami apgrūtina objektīvu un salīdzinošu testu veikšanu drifta novērtēšanai (Grella et al., 2017).

Sprauslu veidi ir atšķirīgi un to izvēle ietekmē, cik smalki pesticīdu pilieni tiks iegūti un cik vienmērīgi tie tiks uzklāti uz kultūraugiem. Raksta autors atzīmē, ka viņu pētījumā izsmidzināšanai izmantotais sprauslu veids izskaidroja 51% no novērotās variācijas, kamēr vēja raksturlielumi izskaidroja vien 24%, kas norāda, ka izsmidzināšanā pielietotajai tehnikai ir lielāka nozīme nekā meteoroloģiskajiem faktoriem (Grella et al., 2017). Aplikācija var notikt, uzklājot pesticīdu virs kultūraugu lapotnes ar dronu, zem kultūraugu lapotnes, uz augsnes virsmas vai arī precīza uzklāšana ar rokām.

Būtisks ir arī smidzinājuma pilienu izmērs – jo tie ir mazāki, jo lielāka ir iespēja, ka tie tiks pārnesti ārpus lauka robežām. Pilienu diametra palielināšanās skaidri saistīta ar drifta samazināšanos (Grella et al., 2017): četros atsevišķos testos drifta apjoms samazinājās no 73,87% līdz 23,06% un novērotais samazinājums skaidri saistīts ar pieaugošu pilienu diametru. Īpaši nestabili ir pilieni ar diametru zem 100 μm , kas visbiežāk tiek izkliedēti (Arvidsson, Bergström un Kreuger, 2011).

Ne mazāk nozīmīga ir arī operatora kompetence – nepareiza smidzināšanas augstuma vai ātruma izvēle, nekvalitatīva aprīkojuma lietošana vai nepiemērota smidzināšanas laika izvēle, piemēram, stipra vēja apstākļos var būtiski palielināt drifta risku (Grella et al., 2017; Arvidsson, Bergström un Kreuger, 2011). Praktiski tas nozīmē, ka pat labākā tehnika var būt neefektīva, ja cilvēks to pielieto nepārdomāti vai nepietiekami sagatavoti.

Kopumā pesticīdu drifts ir sarežģīts, daudzfaktoru process, kur būtiska ir gan dabas apstākļu sapratne, gan tehnoloģiskā precizitāte. Lai mazinātu kaitējumu videi un cilvēku veselībai, nepieciešama gan tehnoloģiskā optimizācija, gan profesionāla apmācība, gan atbildīga pielietojuma prakse (Zhang un Zijian, 2024; Grella et al., 2017; Arvidsson, Bergström un Kreuger, 2011).

1.4.2. Sezonālitate

Pesticīdu koncentrācijas vidē un bioloģiskajos paraugos ievērojami mainās atkarībā no sezonas. Sezonālā ietekme saistīta gan ar lauksaimniecības aktivitāšu intensitāti, gan ar meteoroloģiskajiem apstākļiem, kas ietekmē vielu noārdīšanos un mobilitāti. Analizētie pētījumi apstiprina, ka sezonālitatei ir nozīmīga ietekme uz pesticīdu izplatību, tomēr rezultāti atšķiras par to, kurā sezonā novērojama lielāka koncentrācija.

Daudzos pētījumos apstiprināts, ka pesticīdu klātbūtne cilvēku bioloģiskajos paraugos ir būtiski augstāka to lietošanas sezonā (pavasara un vasaras mēnešos), salīdzinot ar ziemu, kad kultūraugu

ķīmiskā apstrāde nenotiek (Ottenbros et al., 2023; Teyseire et al., 2021). Ottenbros et al. pētījumā, kurā tika analizēti urīna paraugi dažādās Eiropas valstīs, sezonālās atšķirības tika konstatētas, bet tās nebija vienādas visās valstīs vai pesticīdu grupās. Daži pesticīdi var saglabāties vidē arī starp sezonām, īpaši, ja tiem piemīt ilgs pussabrukšanas periods vai noturīga piesaiste augsnei (Ottenbros et al., 2023). Teyseire et al. analizēja bērnu urīna paraugus Francijā un konstatēja, ka pesticīdu koncentrācija urīnā bija būtiski augstāka periodos, kad tuvumā tika veikta lauksaimniecības apstrāde, īpaši ar fungicīdiem un herbicīdiem (Teyseire et al., 2021).

Tomēr ir arī pētījumi, kur iegūtie rezultāti ir pretēji – ziemas sezonā pesticīdu klātbūtne tiek novērota biežāk. Francijā veiktā pētījumā tika konstatēts, ka urīna paraugu ņemšanas sezona ietekmē noteiktu herbicīdu metabolītu klātbūtni urīnā (atrazīnu un dealkilēto triazīna metabolītus). To noteikšanas biežums bija lielāks, ja paraugi tika ņemti rudens–ziemas periodā, salīdzinot ar pavasara–vasaras sezonu (Chevrier et al., 2014).

Sezonalitātes nozīme atšķiras arī starp pesticīdiem. Galea et al. pētījums atzīmēja, ka hlormekvāta koncentrācijas urīnā bija augstākas izsmidzināšanas sezonā, salīdzinot ar periodu ārpus sezonas. Tas attiecas gan uz paraugiem, kas ņemti pēc izsmidzināšanas notikumiem, gan uz sezonas fona paraugiem. Ārpus izsmidzināšanas sezonas hlormekvāta līmenis urīnā bija zemāks. Savukārt hlorpirifosa gadījumā sezonalitātes ietekme netika novērota – urīna biomarķieru koncentrācijas bija līdzīgas gan izsmidzināšanas sezonā, gan ārpus tās (Galea et al., 2015).

Klimata ietekme, kas ir cieši saistīta ar sezonalitāti, arī spēlē lomu – sausāki, karstāki periodi palielina iztvaikošanu, un tādējādi pesticīdi var kļūt mobilāki (Zhang un Zijian, 2024; Arvidsson, Bergström un Kreuger, 2011). Vienlaikus lietus sezonās pastiprinās izskalošanās riski. Sezonālā dinamika ietekmē ne tikai pesticīdu klātbūtni urīnā vai putekļos, bet arī gaisā, augsnē un pārtikā, ko lieto konkrētajā sezonā. Tāpēc, veicot pesticīdu iedarbības novērtēšanu, sezonālais faktors ir jāņem vērā kā potenciāli mainīgs, bet ļoti nozīmīgs ietekmes komponents.

1.4.3. Biomu tuvums un platība

Galvenie iedarbības noteicēji ir saistīti ar telpiskiem rādītājiem, piemēram, dzīvesvietas attālumu līdz laukiem, lauksaimniecības zemju platību ap mājām, pesticīdu daudzumu, kas tiek lietots tuvumā. Šie faktori bieži vien ir saistīti ar paaugstinātu pesticīdu koncentrāciju urīnā vai mājas putekļos (Teyseire et al., 2021).

Lauksaimniecības zemju tuvumā būtiskas atšķirības starp grupām tika novērotas tikai dažās valstīs un tikai atsevišķiem pesticīdiem, piemēram, Nīderlandē hlorprofāma metabolīts tika būtiski

biežāk konstatēts lauksaimniecības teritorijās (izredžu attiecība ($OR = 2,1$), Ungārijā klotianidīna metabolīti arī biežāk tika konstatēti lauksaimniecības teritorijās ($OR = 2,8$). Tajā pašā laikā Spānijā, Čehijā un Latvijā šādas būtiskas atšķirības starp ekspozīcijas grupām lielākoties netika novērotas ($p > 0,05$) (Ottenbros et al., 2023). Arī Habran et al. pētījums atzīmē, ka visaugstākās pesticīdu koncentrācijas un vislielākā to daudzveidība tika novērota lauksaimniecības teritorijās, kur tiek intensīvi lietoti AAL (Habran et al., 2024).

Mājsaimniecībās, kas atradās 250 metru attālumā no ābolu, persiku, kukurūzas vai kviešu laukiem, tika konstatētas būtiski augstākas hlōpirifosa koncentrācijas āra gaisā un uz iekštelpu virsmām, salīdzinot ar mājām, kas atradās tālāk no laukiem. Savukārt herbicīdu koncentrācija mājās ar lielāku kukurūzas un sojas lauku platību 750 metru rādiusā bija četras reizes augstāka nekā mājās, kur tuvumā lauksaimniecības zemju nebija. Vēl viens nozīmīgs rezultāts ir tas, ka pesticīdu koncentrācija mājas putekļos strauji un nelineāri samazinās, palielinoties attālumam no apstrādātajiem laukiem. Tāpat pētījumos, kuros tika salīdzinātas mājsaimniecības dažādos attālumos no laukiem, secināts, ka, piemēram, āra gaisa koncentrācijas noteiktiem pesticīdiem 30–50 metru attālumā no rīsu laukiem bija piecas reizes augstākas nekā tālāk esošajās mājās (Dereumeaux et al., 2020).

Pieejami ierobežoti pētījumi par tādu biomu kā mežu, purvu un citu biomu ietekmi uz pesticīdu izplatību. Zaller et al. pētījuma rezultāti parādīja, ka pesticīdu skaits un to koncentrācija gaisā būtiski pieaug vietās, kur apkārtējā teritorijā ir lielāka lauksaimniecības zemju platība, savukārt mežu platību pieaugums šo piesārņojumu samazina. Tomēr pesticīdi tika konstatēti arī platībās ar minimālu vai neesošu lauksaimniecības zemju platību. Viena nacionālā parka apkārtnē bija tikai meži, taču arī šajā apgabalā tika konstatēta 10 pesticīdu klātbūtne (Zaller et al., 2022). Pilsētu teritorijās ar komerciālām un dzīvojamām zonām pesticīdu klātbūtne bija mērena. Koncentrācijas bija ievērojami zemākas nekā lauksaimniecības reģionos, taču augstākas nekā dabas teritorijās, piemēram, dabas rezervātos, kur nav tieša pesticīdu lietojuma. Šajās teritorijās kopējā piesārņojuma pakāpe bija viszemākā. Tomēr arī šajās teritorijās tika konstatēta dažu gaistošu pesticīdu klātbūtne, piemēram, hlōrotalonils tika noteikts 11 paraugos no viena dabas parka (Habran et al., 2024).

1.4.4. Sociāldemogrāfiskie faktori

Ottenbros et al. pētījumā starp vecuma grupām tika novērotas būtiskas atšķirības, piemēram, hlōroprofāma metabolīts bērniem tika konstatēts biežāk nekā pieaugušajiem visās valstīs (OR

robežās no 0,3 līdz 0,6, $p < 0,05$ vairākās valstīs). Līdzīgas tendences novērotas arī metilpirimifosam un tebukonazolam, piemēram, Nīderlandē tebukonazola OR bērniem pret pieaugušajiem bija 0,1 (Ottenbros et al., 2023).

Pētījumā par neonikotinoīdu insekticīdu klātbūtni bērnu urīnā Dienvidķīnā tika konstatēts, ka šo vielu noteikšanas biežums ir ļoti augsts. Visiem sešiem analizētajiem neonikotinoīdiem (imidakloprīds, tiametoksāms, acetamiprīds, klotianidīns, tiakloprīds un dinotefurāns) noteikšanas biežums pārsniedza 90%, kas norāda uz plašu bērnu ekspozīciju šīm vielām konkrētajā reģionā. Savukārt dzimumam šajā pētījumā netika novērota būtiska ietekme uz neonikotinoīdu līmeni urīnā (Zhao et al., 2022).

1.5. Ietekme uz cilvēka veselību

1.5.1. Darbības mehānisms organismā

Pesticīdi var negatīvi ietekmēt cilvēka organismu dažādos veidos, tostarp bojājot ģenētisko materiālu un izraisot izmaiņas gēnu regulācijā. Šīs pārmaiņas var būt saistītas ar neiroloģisku slimību vai vēža attīstību. Pētījumos novērots, ka pesticīdi izraisa DNS bojājumus, oksidatīvo stresu, kā arī traucē gēnu ekspresiju, DNS metilāciju un mikroRNS (miRNS) darbību – tie ir mehānismi, kas regulē, kādus proteīnus šūna ražo (Italia et al., 2024).

Vienā pētījumā tika identificēti 70 gēni, kuru aktivitāte mainās pesticīdu ietekmē. No tiem 13 gēni bija būtiski izmainīti normālās šūnās pēc vairāku pesticīdu iedarbības. Turklāt daži no šiem gēniem tika konstatēti asinīs cilvēkiem, kuri strādā lauksaimniecībā un ilgstoši bijuši pakļauti pesticīdiem (Italia et al., 2024).

Šīs izmaiņas ne vienmēr rodas no tiešiem DNS bojājumiem – pesticīdi bieži iedarbojas caur epiģenētiskiem mehānismiem, tas ir, tie maina gēnu darbības regulāciju, nemainot pašu DNS struktūru. Viena no šādām izmaiņām ir DNS metilācija, kas var "izslēgt" noteiktus gēnus. Tāpat mikroRNS ir mazas molekulas, kas regulē gēnu aktivitāti, un pesticīdi var mainīt to darbību. Ja šie regulējošie mehānismi tiek traucēti, tas var veicināt dažādas slimības, piemēram, vēzi. Labs piemērs ir CD36 gēns, kas parasti ierobežo jaunu asinsvadu veidošanos. Tomēr pesticīdu iedarbībā CD36 darbība mainās, kas var veicināt audzēju augšanu, radot tiem labvēlīgu asinsapgādi (Italia et al., 2024).

Vēl viena būtiska ietekmes joma ir pesticīdu mijiedarbība ar aknu enzīmiem, jo tie ir centrāli gan pesticīdu, gan zāļu metabolismā. Īpaši svarīga ir citohroma P450 sistēma, kuru ietekmē triazolu grupas pesticīdi. Piemēram, tebukonazols, lietots ilgstoši pat pieļaujamās dienas devas līmenī, var

mainīt žultsskābju sastāvu un ietekmēt zāļu uzsūkšanos zarnās. Šis efekts var būt īpaši nozīmīgs hroniskiem pacientiem un vecāka gadagājuma cilvēkiem (Xu et al., 2023).

1.5.2. Vielmaiņas traucējumi

Cukura diabēts un citi vielmaiņas traucējumi mūsdienās veido ievērojamu sabiedrības veselības slogu. Šo slimību izplatība turpina pieaugt visā pasaulē, un to multifaktoriālā daba ir piesaistījusi ievērojamu pētnieku uzmanību. Papildus ģenētiskajai predispozīcijai un dzīvesveida faktoriem aizvien vairāk tiek pētīta arī vides faktoru, tai skaitā cilvēka ekspozīcija pesticīdiem, iespējamā asociācija ar metabolo traucējumu attīstību. Mostafalou et al. pētījums atzīmē, ka pētījumos ar dzīvniekiem pesticīdi, īpaši OF un OC grupas pārstāvji, ietekmē glikozes homeostāzi. Tiek izmainīta insulīna sekrēcija un šūnu jutība uz insulīnu, kas tālāk rada aizkuņģa dziedzera beta šūnu disfunkciju un insulīna rezistenci. Iespējams papildus loma diabēta attīstībā ir arī pesticīdu izraisītajai mitohondriju disfunkcijai un oksidatīvajam stresam (Mostafalou et al., 2013).

Pesticīdiem ir arī iespējams potencējošs efekts kardiovaskulāro slimību attīstībā. Hipotēze šai asociācijai saistīta gan ar oksidatīvā stresa pastiprināšanos, gan ar paraoksonāzes enzīma aktivitātes samazināšanos (Mostafalou et al., 2013). Chen et al. pētījumā, kur piedalījās vairāk nekā 32 000 ASV dzīvojošu pieaugušo, tika konstatēts, ka pesticīdu lietošana mājāsaimniecībās bija statistiski nozīmīgi saistīta ar paaugstinātu hipertensijas risku (Chen et al., 2022). Hroniska zema līmeņa ekspozīcija var veicināt arī aterosklerozes attīstību (Mostafalou et al., 2013).

1.5.3. Reproductīvās veselības traucējumi

Vairāki pētījumi norādījuši uz saistību starp pesticīdu iedarbību un samazinātu auglību. Francijas dzimšanas kohortas pētījumā tika konstatēts, ka paaugstināta grūtnieces ekspozīcija uz noteiktiem OC pesticīdiem korelēja ar garāku laiku līdz grūtniecībai. Auglības rādītāji bija ievērojami zemāki sievietēm ar visaugstāko pesticīdu ekspozīciju, piemēram, sievietēm, kas eksponētas ar DDE (OR = 0,60). Negatīva saistība konstatēta arī sievietēm, kuras veic mākslīgo apaugļošanu. Augstāks OC līmenis folikulārajā šķidrumā tika saistīts ar zemāku apaugļošanās īpatsvaru un mazāku augstas kvalitātes embriju skaitu, lai gan netika novērota būtiska ietekme uz klīniskās grūtniecības vai dzemdību rādītājiem (Vessa et al., 2022). Chiu et al. pētījumā, kurā analizēta pesticīdu atliekvielu uzņemšana ar augļiem un dārzeņiem, tika konstatēts, ka augsts pesticīdu līmenis uzturā saistās ar 18% mazāku klīniskās grūtniecības iespējamību un 26% mazāku dzemdību varbūtību sievietēm, kuras grūtniecības iegūšanai izmanto asistētās reproductīvās

tehnoloģijas (Chiu et al., 2018). Prospektīvā pētījumā Ķīnā tika konstatēts, ka sievietēm ar augstāku DDT līmeni serumā pirms bērna ieņemšanas bija vairāk nekā divas reizes lielāka iespēja piedzīvot spontānu abortu salīdzinājumā ar sievietēm ar zemāku līmeni (OR = 2,12) (Venner et al., 2005).

1.5.4. Neiroloģiskas saslimšanas

Pesticīdi ir plaši atzīti par neirotoksiskām vielām, un aizvien vairāk pētījumu liecina par to iespējamo lomu dažādu neiroloģisku simptomu un slimību attīstībā, tostarp Parkinsona slimībā (PD), Alzheimerā slimībā, kognitīvo funkciju traucējumos un attīstības traucējumos bērniem (Hernández et al., 2016).

Neonikotinoīdiem, tai skaitā acetamiprīdam, arī ir zināma iedarbība uz cilvēka organismu. Biežākie toksicitātes simptomi ir galvassāpes, vispārējs nogurums, sirdsklauves vai sāpes krūtīs, sāpes vēderā, muskuļu sāpes, vājums vai spazmas, kā arī klepus. No objektīvajiem simptomiem īpaši izceļas pirkstu trīce un nesens atmiņas zudums, kā arī drudzis. Simptomi vairumā gadījumu saglabājas vairākas dienas vai pat mēnešus pēc iespējamo piesārņoto pārtikas produktu lietošanas pārtraukšanas (Marfo et al., 2015).

Epidemioloģiskie dati liecina, ka ilgstoša saskare ar pesticīdiem var būt nozīmīgs riska faktors PD attīstībai. Meta analizēs tika novērots, ka pesticīdu ekspozīcija palielina saslimšanas risku par 28% līdz pat 94% (Hernández et al., 2016). Rani et al. pētījumā tika konstatēts, ka darba vietā iegūta ekspozīcija herbicīdam 2,4-D palielināja PD risku apmēram 2,6 reizes. Turklāt tika novērota pozitīva korelācija starp pesticīdu daudzumu gruntsūdeņos un PD risku (Rani et al., 2020).

Pētījumi liecina, ka cilvēkiem, kuri bijuši saskarsmē ar pesticīdiem, ir lielāka iespēja dzīves laikā saslimt ar Alzheimerā slimību. Yan et al. tika secināts, ka saskarsme ar pesticīdiem palielina saslimšanas risku par aptuveni 30–40% (Yan et al., 2016). Rani et al. atzīmēja vēl augstāku risku tiem cilvēkiem, kuri dzīvo laukos vai apvidos, kur pesticīdus lieto biežāk (Rani et al., 2020).

Lielāka interese ir parādījusies arī autiskā spektra traucējumu (AST) patoģenēzes izprašanā. Goodrich et al. pētījumā analizēta sadzīves insekticīdu iedarbība pirms grūtniecības, tās laikā un pirmajos divos bērna dzīves gados. Rezultāti rāda, ka profesionāli lietoti iekštelpu insekticīdi bija saistīti ar vismaz divas reizes lielāku AST iespējamību visos laika posmos. Arī neprofesionāla insekticīdu lietošana grūtniecības laikā bija saistīta ar paaugstinātu attīstības traucējumu risku. Turklāt, jo biežāka bija ekspozīcija uz insekticīdiem, jo augstāks bija AST risks. Bioloģiskie mehānismi, kas varētu skaidrot šo saistību, ietver acetilholīnesterāzes inhibīciju, oksidatīvo stresu, iekaisuma reakcijas un traucējumus neirotransmiteru sistēmās. Turklāt OP un piretroīdi spēj šķērsot

placentu un hematoencefālisko barjeru, padarot augli un zīdaini īpaši jutīgu pret šo vielu iedarbību (Goodrich et al., 2025). Arī Rani et al. pārskatā uzsvērta agrīnas pesticīdu iedarbības ietekme uz bērnu kognitīvo attīstību. Literatūras analizē konstatēts, ka pesticīdu iedarbība var būt saistīta ar IQ samazināšanos, uzmanības deficīta un hiperaktivitātes traucējumiem, valodas aizkavēšanos un motorisko funkciju traucējumiem. Tiek atzīmēts, ka īpaši bīstama var būt kombinētā iedarbība no vairākiem pesticīdiem, kā arī ilgstoša zemslikšņa iedarbība, kas var neizpausties nekavējoties, bet atstāt ietekmi vēlākā bērna attīstībā (Rani et al., 2020).

1.5.5. Onkoloģiskās saslimšanas

Mavoungou et al. pētījums novērtēja mātes pesticīdu lietošanas ietekmi grūtniecības laikā uz bērnu Hodžkina limfomas (HL) un ne-Hodžkina limfomas (NHL) risku. Rezultāti liecina, ka insekticīdu lietošana mājstaimniecībā grūtniecības laikā bija statistiski nozīmīgi saistīta ar paaugstinātu NHL (OR = 1,6) un HL (OR = 1,3) risku bērniem (Mavoungou et al., 2020).

Savukārt pieaugušo populācijā ar vairāk nekā 35 000 NHL pacientu un viņu ekspozīciju uz lauksaimniecības pesticīdiem netika konstatēta saistība starp pesticīdu ekspozīciju un NHL biežāku incidenci vai izdzīvotību (Poh et al., 2021).

Bērnu vecuma leukēmija ir visbiežāk sastopamais bērnu vēža veids. Neraugoties uz to, ka joprojām trūkst skaidras izpratnes par slimības etioloģiju, arvien vairāk pētījumu pievēršas iespējamai saistībai starp pesticīdu iedarbību un leukēmijas attīstību agrīnā vecumā (Nguyen et al., 2023). Karalexi et al. meta analīze identificēja statistiski nozīmīgu saistību starp pesticīdu iedarbību grūtniecības laikā un palielinātu akūtās leukēmijas risku bērniem. Pētījumā tika analizēti vairāk nekā 160 000 dalībnieku no vairāk nekā 30 valstīm un tika konstatēts, ka pesticīdu iedarbība pirms ieņemšanas, grūtniecības laikā vai bērnībā var būt nozīmīgs riska faktors gan bērnu, gan zīdaiņu leukēmijas attīstībai. Zīdaiņu leukēmijas patoģenēze ir īpatnēja ar to, ka bieži rodas jau intrauterīnā periodā. Iespējams kā rezultāts vienam smagam ģenētiskam bojājumam hematopoētiskajās cilmes šūnās, ko var veicināt pesticīdi (Karalexi et al., 2021). Turpretī bērnu leukēmija biežāk attīstās pēc divu neatkarīgu ģenētisku traucējumu kumulācijas – pirmais no tiem notiek dzemdē, bet otrais – vēlākā vecumā. Nguyen et al. veica Kalifornijas mēroga gadījuma-kontroles pētījumu ar vairāk nekā 11 000 dalībnieku, lai analizētu bērnu leukēmijas risku saistībā ar pesticīdu lietošanu komerciālajās stādu audzētavās. Tika konstatēts, ka tuvums stādu audzētavām (mazāk nekā 75 m) bija saistīts ar palielinātu leukēmijas risku (OR = 2,40). Vairāku konkrētu pesticīdu iedarbība tika saistīta ar potenciāli paaugstinātu bērnu leukēmijas risku (Nguyen et al., 2023). Bioloģiskie

mehānismi, kas varētu izskaidrot pesticīdu saistību ar leukēmijas attīstību, ietver oksidatīvo stresu, DNS bojājumus un topoizomerāzes II inhibīciju, kas veicina ģenētiskās mutācijas. Īpaši nozīmīgs ir laika posms grūtniecības laikā, kad augļa šūnas ir īpaši jutīgas pret toksiskām vielām (Karalexi et al., 2021). Kopumā pieejamie pierādījumi atbalsta pesticīdu iespējamo lomu bērnu leukēmijas patoģenēzē, īpaši, ja iedarbība notiek agrīnos attīstības posmos.

Vērtējot pesticīdus, precīzāk OC grupas vielu ietekmi uz krūts vēža attīstību, tika apskatīti divi pētījumi. Thammineni et al. pētījumā, kur analizēta OC klātbūtne krūts audos un to saistība ar krūts vēža attīstību Ziemeļindijas sieviešu populācijā. Tika salīdzinātas divas sieviešu grupas – sievietes ar krūts vēzi un sievietes ar labdabīgu krūts patoloģiju. Šajā pētījumā konstatēti statistiski nozīmīgi paaugstināti vairāki pesticīdu līmeņi pacientēm ar histoloģiski pierādītu krūts vēzi, salīdzinot ar pacientēm ar labdabīgām krūts slimībām. Savukārt tikai endosulfāna un DDT līmeņu paaugstinājums bija asociēts ar krūts vēža riska palielināšanos, salīdzinot ar sievietēm ar labdabīgām krūts slimībām. Netika pierādīta asociācija starp augstāku OC līmeni un audzēja gradāciju (Thammineni et al., 2025). Līdzīgas tendences novērotas arī Attaullah et al. pētījumā, kurā salīdzinātas OC koncentrācijas serumā 83 krūts vēža pacientiem un 32 veseliem indivīdiem. Pētījuma rezultāti liecināja, ka 97,6% vēža pacientu un 93,8% kontroles grupas dalībnieku serumā tika konstatēti pesticīdi, tomēr kopējais pesticīdu līmenis bija statistiski nozīmīgi augstāks vēža pacientiem (0,606 mg/kg), salīdzinot ar kontroles grupu (0,322 mg/kg) (Attaullah et al., 2018).

1.6. Pesticīdu izmantošanas tendences Latvijā

Latvijā kopējais pārdoto AAL apjoms pēdējo divdesmit gadu laikā ir pieaudzis. Lielākais AAL patēriņš tiek konstatēts ziemas kviešu un ziemas rapša sējumos, jo īpaši lielajās saimniecībās, kur šie kultūraugi aizņem plašas platības. Tajā pašā laikā Latvijā ražotie pārtikas produkti AAL atliekvielu ziņā ir vieni no tīrākajiem ES, un 2019. gadā nevienā no analizētajiem Latvijas produktiem netika konstatēti normu pārsniegumi. Tomēr saglabājas dati, kas liecina par tādu pesticīdu izplatību Latvijas vidē, kuru lietošana ES ir aizliegta (Avotniece-Vīksna, Beizītere un Grumolte-Lerhe, 2022).

Latvijā rīcības plāns pesticīdu ilgtspējīgai lietošanai nav izstrādāts atbilstoši ES direktīvas 2009/128/EK prasībām, jo tajā trūkst konkrētu, izmērāmu mērķrādītāju AAL lietošanas samazināšanai. ES izvirzīto mērķu sasniegšana Latvijā varētu būt īpaši sarežģīta bez stingriem ierobežojošiem pasākumiem (Avotniece-Vīksna, Beizītere un Grumolte-Lerhe, 2022).

Vairākās valstīs ir ieviesti ekonomiski instrumenti, piemēram, pesticīdu nodokļi. Šādi nodokļi tiek piemēroti Francijā, Dānijā, Zviedrijā un Norvēģijā, lai mazinātu AAL lietošanas apjomus un veicinātu vides aizsardzību. Šajās valstīs nodokļu ieņēmumi tiek novirzīti lauksaimnieku apmācībām, izpētei un atbalstam bioloģiskajai lauksaimniecībai. Latvijā līdzīgu nodokļu ieviešana varētu palielināt budžeta ieņēmumus un veicināt videi draudzīgāku lauksaimniecību, īpaši, ja tie tiktu kombinēti ar regulējošiem un izglītojošiem pasākumiem (Avotniece-Vīksna, Beizītere un Grumolte-Lerhe, 2022).

2. PĒTĪJUMA METODES

2.1. Pētījuma dizains

Šis ir kvantitatīvs prospektīvs kohortas pētījums ar atkārtotiem mērījumiem, kura mērķis ir novērtēt vides pesticīdu ekspozīciju Latvijas iedzīvotājiem. Dalībnieki tika iedalīti vai nu kontroles, vai ekspozīcijas grupā. Par eksponētiem indivīdiem tika definēti tie dalībnieki, kuri dzīvo ne tālāk par 250 metriem no kādas lauksaimniecības zemes, kuras audzēšanā tiek pielietoti pesticīdi. Pētījuma ietvaros tika analizēta gan pesticīdu klātbūtne bioloģiskajos paraugos (urīnā), gan dzīvesvietas ģeogrāfiskā atrašanās vieta attiecībā pret potenciāliem vides piesārņojuma avotiem jeb lauksaimniecības zemēm.

Pētījuma galvenais mērķis bija izpētīt, kā dažādi ģeotelpiskie vides faktori – ekosistēmu tuvums dzīvesvietai un ekosistēmu aizņemtā platība dzīvesvietas tuvumā – ietekmē pesticīdu klātbūtni un skaitu cilvēka urīna paraugos. Īpaša uzmanība vērsta ar pesticīdiem potenciāli piesārņotām teritorijām, piemēram, lauksaimniecības zemēm. Papildus mērķis bija apzināt biežākos noteiktos pesticīdus urīnā un to ietekmējošos ģeotelpiskos faktoros, kā arī noskaidrot, vai pesticīdiem piemīt sezonālitate.

2.2. Pētījuma populācija un datu ievākšana

Dati tika iegūti no Latvijas iedzīvotājiem, kuri piedalījās valsts biomonitoringa programmā kā daļa no Eiropas biomonitoringa programmas HBM4EU (Ottenbros et al., 2023). No katras mājsaimniecības piedalījās divi dalībnieki – viens pieaugušais un viens bērns vecumā no 6 līdz 11 gadiem. Pētījuma laikā katrs pieaugušais aizpildīja anketu par sevi un savu bērnu. Anketa iekļāva jautājumus par demogrāfiskiem parametriem, dzīvesveida izvēlēm, ikdienā lietoto pārtiku. No katra dalībnieka tika ievākti arī urīna paraugi divos laika punktos – pirmo reizi 2020. gada februārī/martā jeb nesmidzināšanas sezonā un otro reizi 2020. gada jūnijā jeb smidzināšanas sezonā, ļaujot novērtēt sezonālitates ietekmi uz pesticīdu metabolītu līmeni.

Katra dalībnieka dzīvesvietas adrese tika reģistrēta un iegūta informācija par mājsaimniecības atrašanās vietu, kas vēlāk tika izmantota ģeotelpiskai analīzei.

2.3. Bioloģisko paraugu analīze

Urīna paraugos pesticīdu un to metabolītu noteikšanai tika izmantota skrīninga pieeja, kuras pamatā ir šķidruma hromatogrāfija, kas savienota ar augstas izšķirtspējas masas spektrometriju (LC-HRMS). Atšķirībā no tradicionālajām kvantitatīvajām metodēm, šī pieeja ļauj identificēt arī iepriekš nezināmus vai reti sastopamus savienojumus, kas padara to īpaši piemērotu kompleksos vides un cilvēka ekspozīcijas pētījumos (Huber et al., 2022). Katram paraugam tika piešķirta bināra vērtība, atzīmējot konkrēta savienojuma klātbūtni virs noteikšanas robežas (vērtība 1) vai tās neesamību (vērtība 0).

Laboratoriskajā testēšanā tika analizēti 30 dažādi pesticīdi, no kuriem daļai tika testētas vairākas ķīmiskās formas, tādējādi kopējais laboratoriski noteikto savienojumu skaits sasniedza 41 indikatoru. Testēšanā iekļautie pesticīdi: 2,4-D, acetamiprīds, ametoctadīns, boskalīds, cipermetrīns, ciprodinils, flonikamīds, fluazifops, fludioksonils, fluopirāms, flupiradifurons, fluvalināts, hlorantraniliprols, hlorpirifoss, hlorprofāms, imazalils, imidakloprīds, klopīralīds, klotianidīns, metilpirimifoss, penkonazols, pirimetanils, propamokarbs, propizamīds, tebukonazols, tiabendazols, tiakloprīds, tiametoksāms, trifloksistrobīns, triklozāns.

Šo savienojumu iekļaušana balstīta uz Eiropas biomonitoringa programmā iekļautajiem pesticīdiem. Metabolītu iekļaušana nodrošināja iespēju atklāt netiešu vai sekundāru ekspozīciju, kas var rasties pesticīdu degradācijas rezultātā.

2.4. Ģeotelpisko datu iegūšana un apstrāde

Lai novērtētu iedzīvotāju iespējamo vides ekspozīciju pesticīdiem, šajā pētījumā tika izmantota pieeja, kurā kombinēti atvērtie un ierobežotas piekļuves ģeotelpiskie vides dati. Ģeotelpiskie dati tika iegūti no vairākām valsts institūcijām un reģistriem, tostarp Lauku atbalsta dienesta (lauksaimniecības zemju platība un kultūraugu veidi), Valsts meža dienesta reģistra (mežu platības un tipu klasifikācija), kā arī Dabas aizsardzības pārvaldes datu bāzes (aizsargājamās dabas teritorijas, mikroliegumi, konkrētas augu un dzīvnieku sugas). Šo datu kopums sniedza daudzpusīgu informāciju par teritorijām Latvijā, kur pastāv paaugstināta iespējamība pesticīdu lietošanai.

Atvērtie dati tika apstrādāti, izmantojot ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (*eng. Quantum Geographic Information System, QGIS*) programmatūru un digitalizētas kartes, kas ļāva veikt telpisko analīzi, piemēram, attāluma mērījumus no konkrētās parauga ieguves vietas līdz tuvākajai datu avotu zonai. Proksimitātes analīze tika pielietota, lai identificētu zonas, kas atrodas tuvāk par

250 metriem no potenciāli augsta piesārņojuma avota, piemēram, intensīvi lauksaimnieciski izmantotām teritorijām. Ģeotelpiskie dati tika sinhronizēti ar biomonitoringa rezultātiem (urīna analīzēm), tādējādi nodrošinot iespēju integrēt vides ekspozīcijas datus ar bioloģisko marķieru rezultātiem.

Izmantojot iegūtos ģeotelpiskos datus, tika izveidoti mainīgie, kas raksturo attālumu līdz noteiktām biotopu kategorijām. Datu sākotnējā struktūra ietvēra detalizētu sadalījumu dažādos specifiskos biotopu tipos. Lai uzlabotu datu pārskatāmību un analīzes iespējas, šie biotopu veidi tika tematiski apvienoti plašākās kategorijās. Vienā mainīgajā tika apvienoti mežu veidi: aluviālie meži (aluviālie, krastmalu un palieņu meži), jaukti ozolu, gobu un ošu meži gar lielām upēm, lakstaugiem bagāti egļu meži, nogāžu un gravu meži, ozolu, liepu un skābaržu meži, purvaini meži, staignāju meži, veci jaukti platlapju meži, veci vai dabiski boreālie meži, kā arī Valsts meža dienesta identificētās mežu teritorijas. Zem purva biotopa tika apvienoti aktīvi un degradēti augstie purvi, kuros iespējama vai noris dabiska atjaunošanās, dižās aslapes *Cladium mariscus* audzes ezeros un purvos, eitrofās augsto lakstaugu audze, mitri zālāji uz periodiski izžūstošas augsnes, minerālvielām bagāti avoti un avotu purvi un pārejas purvi un slīkšņas. Piejūras biotopā ietilpst priekškāpas, akmeņu sēkļi jūrā, ar lakstaugiem klātas pelēkās kāpas, daudzgadīgs augājs akmeņainās pludmalēs, lagūnas, mitras starpkāpu ieplakas, piejūras zālāji, piejūras zemienes smiltāju līdzenumu sausi virsāji, smilšainas pludmales ar daudzgadīgu augāju, viengadīgu augu sabiedrības dūņainas un zemas smilšainas pludmales, mežainas piejūras kāpas, viengadīgu augu sabiedrības uz sanesumu joslām un embrionālās kāpas. Upes un ezeri tika grupēti vienā kopīgā mainīgajā un apvieno dabiskus upju posmus un straujtecēs, ezerus ar raksturīgu ūdensaugu augāju, eitrofus ezerus, kā arī ūdenstilpju ainaviskus elementus, piemēram, smilšakmens vai karbonātisko pamatiežu atsegumus un netraucētas alas. Zālāju un ganību biotopā tika apvienoti atjaunotie Eiropas Savienības aizsargājamie zālāji, mēreni mitras pļavas, meža ganības, palienu zālāji, parkveida ganības un pļavas, kā arī sugām bagātas pļavas un vilkakūlas zālāji. Pie lauksaimniecības zemes tika iekļauti dažādi kultūraugu veidi – dārzeņi, graudaugi, tauriņzieži, zaļmasas augi, lopbarības kultūras, ilggadīgie stādījumi, eļļas un šķiedraugi, enerģijas augi, kā arī lauksaimniecībā reģistrētie zālāji. Aizsargājamās teritorijas (mikroliegumi) tika saglabāts kā atsevišķs mainīgais.

2.5. Datu kopas mainīgie un to kategorijas

1. Ģimenes identifikācijas numurs: katram pieaugušajam un bērnam no vienas ģimenes ir vienāds. Mainīgais izmantots regresijas modelī kā nejaušais efekts.
2. Individīda identifikācijas numurs: katram indivīdam ir unikāls. Mainīgais izmantots regresijas modelī kā nejaušais efekts.
3. Kontroles vai ekspozīcijas grupa: kodēts kā dihotoms mainīgais (0/1). Tiek izmantots gan aprakstošās statistikas sadaļā, gan modeļos kā viens no ietekmējošajiem faktoriem.
4. Sezona: kodēts kā dihotoms mainīgais (1/2), kas respektīvi apzīmē ziemas un vasaras sezonu. Tiek izmantots gan aprakstošās statistikas sadaļā, gan tālākā analīzē, lai noteiktu pesticīdu sezonālās tendences, kā arī tas ir viens no aplūkotajiem ietekmējošajiem faktoriem regresijas analīzēs.
5. Vecums: kvantitatīvs mainīgais, izteikts gados. Tiek izmantots aprakstošās statistikas sadaļai.
6. Vecuma grupa: dihotoms mainīgais (1/2), kas iegūts no mainīgā “Vecums gados” un apzīmē to, vai dalībnieks ir pieaugušais vai bērns. Tiek izmantots regresijas analīzē.
7. Dzimums: dihotoms mainīgais (1/2), kas respektīvi apzīmē, vai dalībnieks ir vīrietis vai sieviete.
8. 41 pesticīdu metabolīts: dihotoms mainīgais (0/1), kas respektīvi apzīmē, vai pesticīdu metabolīts tika konstatēts urīna paraugā (nav atrasts/ir atrasts).
9. 30 pesticīdi: dihotoms mainīgais (0/1), kas iegūts no pesticīdu metabolītu mainīgajiem un apzīmē to, vai vismaz viens no pesticīda metabolītiem ir konstatēts urīna paraugā (nav/ir).
10. 7 biomu (tai skaitā, lauksaimniecības zemes) un 8 lauksaimniecības zemju apakštipu attālums no dzīvesvietas līdz biomam: kvantitatīvs mainīgais, izteikts metros vērtībās no 0 līdz 1000. Vērtības, kas lielākas par 1000, kodētas ar “0”.
11. 7 biomu (tai skaitā, lauksaimniecības zemes) un 8 lauksaimniecības zemju apakštipu invertētais attālums (1/m) no dzīvesvietas līdz biomam: kvantitatīvs mainīgais, kas iegūts no attāluma mainīgā, izņemot nulles vērtības, kas atstātas neizmainītas.
12. 7 biomu (tai skaitā, lauksaimniecības zemes) un 8 lauksaimniecības zemju apakštipu aizņemtā platība 1000 metru rādiusā ap dzīvesvietu: kvantitatīvs mainīgais, izteikts procentos (%) no kopējās platības.

2.6. Datu tīrīšana

Datu analīzei tika izmantota viena datu kopa, strukturēta divos dažādos veidos. Pirmais veids iekļāva datu strukturēšanu tā, lai katrs ievāktais urīna paraugs būtu atsevišķs novērojums, tātad viens indivīds parādījās divos atsevišķos novērojumos. Otrais veids iekļāva datu strukturēšanu tā, lai katrs indivīds būtu atsevišķs novērojums ar atkārtotiem pesticīdu mērījumiem ziemas un vasaras sezonās.

Datu kopā tika konstatēti divi novērojumi no diviem pieaugušajiem vasaras sezonā, kur iztrūkst informācija par urīna paraugos konstatēto pesticīdu metabolītiem. Šie novērojumi tika izslēgti, veicot aprakstošo statistiku un regresijas analīzi. Veicot sezonu tendences analīzi, tika izslēgti gan trūkstošie novērojumi, gan tā paša indivīda ziemas sezonas novērojumi. Vienam dalībniekam bija iztrūkstošs vecums ziemas sezonā. Tas tika aizvietots ar tādu pašu vecumu, kāds tika atzīmēts vasaras sezonā.

41 pesticīdu metabolīts tika apkopots 30 atbilstošajos pesticīdos. Ja visu viena pesticīda metabolītu vērtības bija "0", tad jaunā vērtība neizmainījās. Savukārt, ja vismaz viena metabolīta vērtība bija "1", tad jaunā vērtība arī bija 1. Jaunā pesticīda vērtība arī bija dihotoms mainīgais (0/1), kas apzīmē pesticīda klātbūtni urīna paraugos (nav/ir).

Ģeotelpiskie rādītāji tika iedalīti iepriekš precizētajos biomos. Tika apkopoti viena bioma visu specifisko biotopu attālumi. No apkopotajām distancēm tika izvēlēta tuvākā kā jaunā vērtība. Ja visas biotopu tipu vērtības bija nulle jeb atradās tālāk nekā 1000 metru rādiusā no dzīvesvietas, tad tika atstāta nulles vērtība. Tālāk šīs distances, izņemot nulles vērtības, tika invertētas ($1/\text{distance}$ metros) tā, lai mazākas vērtības simbolizētu tālāku distanci no dzīvesvietas. Šāda tehnika tika izvēlēta, lai paturētu datu kvantitatīvo dabu, taču nodrošinātu, lai nulles vērtības netraucētu datu analīzi. Atsevišķos mainīgajos tika apkoptas arī viena bioma visu specifisko biotopu platības, kuras tika summētas, tādējādi iegūstot jauno bioma platības vērtību. Ģeotelpiskie rādītāji tika standartizēti, izmantojot z-skaitļa standartizācijas metodi.

2.7. Datu analīze

Datu analīzei tika izmantotas statistiskās programmatūras *Jamovi 2.4* un *RStudio 4.4.2*. *Jamovi* tika izmantota aprakstošās statistikas iegūšanai, tai skaitā normālsadalījuma pārbaudei ar Šapiro-Vilka testu. Datu kopas kvalitatīvie mainīgie (sociāldemogrāfiskie faktori, sezonu sadalījums) tika aprakstīti izmantojot skaitu un procentus. Datu kopas kvantitatīvie mainīgie

(ģeotelpiskie rādītāji) normālsadalījumam neatbilda, tāpēc aprakstošai statistikai tika izmantota mediāna un starpkvartiļu diapazons (IQR).

Lai izvērtētu sezonālītātes tendences uz pesticīdu klātbūtni un to skaitu urīna paraugos, tika pielietots respektīvi Maknemāra tests noteikto pesticīdu klātbūtnes (ir/nav) atšķirībai starp sezonām un Vilkoksona tests pesticīdu skaita atšķirības izvērtēšanai starp sezonām. Pesticīdu skaita atšķirības nozīmīgums starp kontroles un ekspozīcijas grupām tika pārbaudīts ar Manna-Vitneja U testu.

Spīrmana korelācijas matrica tika izveidota ar mērķi identificēt iespējamu kolinearitāti un apzināt potenciālas mijiedarbības starp diviem kvantitatīviem mainīgajiem, kas neatbilst normālsadalījumam. Matricā izvērtēts atkarīgais mainīgais – pesticīdu skaits urīnā un neatkarīgie mainīgie – visu biotopu grupu ģeotelpiskie rādītāji (apgrieztās distances un platības). Urīna paraugos noteikto pesticīdu savstarpējo mijiedarbību izvērtēšanai tika izveidota korelācijas matrica, izmantojot phi koeficientus. Analīzei tika izmantoti tikai tie pesticīdi, kuru detekcijas biežums pārsniedza 10 % no visiem urīna paraugiem, izslēdzot ļoti reti sastopamos savienojumus. Korelācijas matricas tika izveidotas atsevišķi abām sezonām gan ziemā, gan vasarā.

Lai identificētu līdzīgus pesticīdu klasterus, tika veikta hierarhiskā klasteranalīze atsevišķi ziemas un vasaras sezonas datiem, balstoties uz pāru phi korelācijas koeficientiem starp bināriem mainīgajiem (noteikts / nenoteikts).

Pirms regresijas analīzes tika veikta *rank-biserial* korelācija starp bināru mainīgo un kvantitatīvajiem faktoriem, lai izvērtētu katra ģeotelpiskā faktora potenciālo ietekmi uz konkrētu pesticīdu klātbūtni (ir/nav). Tika veikts arī Hī-kvadrāta tests starp diviem binārajiem mainīgajiem, lai izvērtētu asociāciju starp pesticīdu klātbūtni urīnā (ir/nav) un sociāldemogrāfiskajiem faktoriem, sezonālītāti. Cramer's V tika izmantots, lai aprakstītu efekta lielumu, kur vērtība mazāka par 0,1 norāda par vāju efektu, 0,3 norāda par vidēju efektu un lielāka par 0,5 norāda par (Cohen, 1988, 227).

RStudio programma tika izmantota regresijas analīzei. Lai identificētu ar pesticīdu klātbūtni urīnā saistītos faktorus, tika pielietots vispārinātais lineārais jaukto efektu modelis ar binomiālu sadalījumu (*eng. Generalized Linear Mixed Effects Model with binomial distribution*). Šāds modelis vienlaikus ņem vērā atkarīgā mainīgā binomiālo dabu, fiksētos efektus, kas ir gan kvantitatīvi, gan dihotomi, un nejaušos efektus ģimenes (divi dalībnieki no vienas ģimenes) un individuālajā (dalībnieku atkārotie mērījumi pa sezonām) līmenī. Ņemot vērā, ka Spīrmana korelācijas matrica starp ģeotelpiskajiem faktoriem norādīja ciešu korelāciju, tātad kolinearitātes

risku, starp viena bioma platību un apgriezto distanci, modelī tika ievietots tikai viens ģeotelpiskais rādītājs no katra bioma. Lai izvērtētu, kurš ģeotelpiskais mainīgais tiks izvēlēts katrā modelī, tika apskatīti *rank-biserial* korelācijas koeficienti. Ģeotelpiskais rādītājs ar ciešāku korelāciju ar pesticīd klātbūtni tika ievietots pilnajā regresijas modelī.

Lai identificētu vides un individuālos faktorus, kas saistīti ar pesticīdu skaitu urīnā, tika izmantots vispārinātais jaukto efektu negatīvās binomiālās regresijas modelis (*eng. Generalized Negative Binomial Mixed Effects Model*). Šī pieeja bija piemērota, jo atkarīgais mainīgais bija diskrēts skaitlisks rādītājs ar pārdispersijas (*eng. overdispersion*) pazīmēm. Pilnajā modelī tika iekļauti gan fiksētie efekti (kontroles/eksponēcijas grupa, sezona, attālums līdz dažādiem biotopiem, biotopu platības, vecums, dzimums), gan nejaušie efekti divos līmeņos – katram indivīdam, lai ņemtu vērā atkārtotos urīna paraugu mērījumus, un katrai ģimenei, lai korekti modelētu datu hierarhisko struktūru. Ņemot vērā, ka Spīrmana korelācijas matrica starp ģeotelpiskajiem faktoriem norādīja ciešu korelāciju starp viena bioma platību un apgriezto distanci, modelī tika ievietots tikai viens ģeotelpiskais rādītājs no katra bioma. Izvēle tika veikta, aplūkojot Spīrmana korelāciju matricas koeficientus. Ģeotelpiskais rādītājs (viens no pāra apgrieztais attālums/bioms), kuram ciešāka korelācija ar pesticīdu skaitu urīnā, tas tika ievietots pilnajā modelī.

Abās regresijas analīzēs pilnajā modelī tika iekļauti nejaušie efekti ģimenes un individuālajā līmenī. Tomēr dispersijas analīzē (*eng. ANalysis Of VAriance, ANOVA*), izvērtējot modeli ar nejaušo efektu individuālajā līmenī un bez šī nejaušā efekta, tika konstatēts, ka individuālais līmenis nedod statistiski nozīmīgu ieguldījumu modelim, kā arī rada papildus konverģences problēmas, tāpēc tas tika izņemts no visiem tālākajiem modeļiem. Izmantojot pakāpenisko regresiju ar atpakaļejošo virzību (*eng. stepwise backward selection*), no modeļiem tika pakāpeniski izslēgti tie mainīgie, kuru ieguldījums nebija statistiski nozīmīgs. Modeļu salīdzināšanai un optimālā modeļa izvēlei tika izmantots Akaike informācijas kritērijs (AIC) un ANOVA analīze. Lai pārbaudītu kolinearitātes ietekmi regresijas modeļos, tika aprēķināts dispersijas inflācijas faktors (*eng. Variance Inflation Factor, VIF*). Ja mainīgajam bija $VIF > 5$, tas tika uzskatīts par potenciāli problemātisku kolinearitāti.

2.8. Datu vizualizācija

Grafiku veidošanai tika lietota *MS Excel* programma. Tabulu veidošanai tika lietota *MS Word* programma. Klasteranalīzes rezultātu vizualizēšanai tika izmantota *RStudio* programma.

2.9. Pētījuma ētiskie apsvērumi

Maģistra darbs veikts projekta “Eiropas cilvēka biomonitoringa programmas (HBM4EU) SPECIMEn pētījums – Survey on PEstiCIde MixturEs in Latvia” ietvarā. Pētījums ieguva Rīgas Stradiņa universitātes ētikas komitejas apstiprinājumu ar Nr. 6-3/3/48 (skat. 1. pielikumu).

3. REZULTĀTI

3.1. Populācijas raksturojums

Pētījumā kopā piedalījās 202 dalībnieki no 101 ģimenes, no katras ģimenes viens pieaugušais (N=101) un viens bērns (N=101). Dalībnieki tika iedalīti divās grupās: ekspozīcijas grupā (50 ģimenes jeb 100 indivīdi) un kontroles grupā (51 ģimene jeb 102 indivīdi) (skat. 3.1. tab.).

3.1. tabula

Pētījuma populācijas sociāldemogrāfiskais raksturojums

Raksturlielumi	Kopā	Grupa	
		Kontrole	Ekspozīcija
Dzimums, skaits (%)			
Vīrietis	60,0 (29,7)	34,0 (33,3)	26,0 (26,0)
Sieviete	142,0 (70,3)	68,0 (66,7)	74,0 (74,0)
Vecums gados, mediāna (IQR)			
Pieaugušais	38,0 (35,0-43,0)	37,0 (35,5-45,0)	39,0 (35,0-43,0)
Bērns	9,0 (8,0-10,0)	8,0 (7,0-10,0)	9,0 (8,0-10,0)
Novads, skaits (%)			
Kurzeme	66,0 (32,7)	28,0 (27,5)	38,0 (38,0)
Latgale	2,0 (1,0)	0,0 (0,0)	2,0 (2,0)
Vidzeme	60,0 (29,7)	50,0 (49,0)	10,0 (10,0)
Zemgale	74,0 (36,6)	24,0 (23,5)	50,0 (50,0)

3.2. Ģeotelpisko datu raksturojums

Lielākajai daļai pētījuma mājsaimniecību 1000 metru rādiusā apkārt dzīvesvietai bija sastopamas lauksaimniecības zemes (93%). Salīdzinot abas grupas, ekspozīcijas grupā šīs teritorijas atradās ievērojami tuvāk – mediānais attālums bija tikai 34 metri, salīdzinot ar 330 metriem kontroles grupā.

Bez lauksaimniecības teritorijām dzīvesvietu tuvumā visbiežāk tika konstatēti meži (64%) un ūdenstilpnes (48%). Retāk sastopami bija mikroliegumi, zālāji un ganības, purvi, kā arī piejūras teritorijas, kas bija sastopamas mazāk nekā trešdaļā no dzīvesvietu apkārtnes. Mediānie attālumi līdz šiem biotopiem bija vidēji lielāki nekā attālumi līdz lauksaimniecības zemēm, un atšķirības starp ekspozīcijas un kontroles grupām bija mazāk izteiktas (skat. 3.2. tab.).

Pētāmās populācijas dzīvesvietu tuvumā esošie biomi

Biomi	Skaitis (%) 1000 metru rādiusā	Attālums* līdz biomiem metros, mediāna (IQR)		
		Kopā	Grupa	
			Kontrole	Ekspozīcija
Lauksaimniecības zemes	94,0 (93,1)	81,9 (31,8-325,1)	332,3 (184,5-609,3)	33,7 (18,7-48,)
Meži	65,0 (64,4)	335,1 (56,4-6743,8)	334,6 (55,7-733,7)	335,1 (69,3-643,4)
Upes un ezeri	48,0 (47,5)	351,3 (179,96-656,14)	350,9 (181,3-713,3)	358,1 (100,6-607,2)
Mikroliegumi	41,0 (40,6)	576,5 (287,8-779,3)	641,8 (249,9-759,3)	555,0 (448,7-814,9)
Zālāji un ganības	30,0 (29,7)	492,6 (341,7-726,1)	495,6 (344,9-778,7)	489,2 (213,9-640,2)
Purvi	22,0 (21,8)	583,0 (371,7-850,5)	629,6 (371,7-850,5)	520,9 (434,2-634,2)
Piejūra un kāpas	13,0 (12,9)	239,1 (148,7-352,7)	239,1 (148,7-3532,7)	-

* Attālumu mediānas tika aprēķinātas no tām dzīvesvietām, ap kurām sastopams konkrētais bioms.

Apskatot specifiskākas lauksaimniecības biotopu kategorijas 1000 metru rādiusā ap dzīvesvietu, ekspozīcijas grupā visiem lauksaimniecībā lietotajiem kultūraugu veidiem mediānie attālumi līdz dzīvesvietai ir ievērojami mazāki nekā kontroles grupā, piemēram, mediānais attālums līdz graudaugu laukiem bija 70 metri ekspozīcijas grupā un 574 metri kontroles grupā.

Visbiežāk šajā rādiusā konstatētas tādas lauksaimniecības zemes kā zālāji (89%), graudaugu lauki (79%), kā arī eļļas augu (58%) un dārzeņu (53%) zemes.

Līdzīga tendence novērojama arī mazāk izplatītām kultūraugu grupām, piemēram, ilggadīgajiem stādījumiem, pākšaugiem un zaļmasas platībām, kuru tuvums ekspozīcijas grupā mediāni svārstās ap 400–500 metriem, bet kontroles grupā bieži pārsniedz 600–800 metrus (skat. 3.3. tab.).

Pētāmās populācijas dzīvesvietu tuvumā esošie lauksaimniecības biomi

Lauksaimniecības zemju veidi	Skaitis (%) 1000 metru rādiusā	Attālums* līdz biomiem metros, mediāna (IQR)		
		Kopā	Grupa	
			Kontrole	Ekspozīcija
Zālāji	90,0 (89,1)	230,9 (112,2- 534,4)	350,8 (221,7- 762,0)	136,2 (39,4-355,8)
Graudaugi	80,0 (79, 2)	137,4 (63,2- 440,3)	573,5 (340,9- 741,6)	69,9 (43,1-140,7)
Elļas augi un šķiedraugi	59,0 (58,4)	256,6 (76,1- 563,9)	610,0 (563,7- 695,0)	171,3 (53,4-314,1)
Dārzeni	53,0 (52,5)	480,0 (194,9- 767,0)	676,9 (367,2- 791,4)	396,5 (183,0- 728,9)
Ilggadīgie stādījumi	49,0 (48,5)	561,2 (304,1- 758,2)	609,4 (500,8- 899,0)	492,3 (162,8- 705,8)
Tauriņzieži un pākšaugi	47,0 (46,5)	459,6 (180,0- 773,5)	600,5 (438,6- 811,4)	399,9 (166,0- 758,3)
Zaļmasas, lopbarība un sakņaugi	15,0 (14,9)	480,8 (417,5- 665,1)	480,8 (480,2- 720,8)	474,0 (400,0 - 590,5)
Pārējie	80,0 (79,2)	307,3 (134,6- 618,4)	616,9 (285,1- 825,7)	180,5 (52,2-399,2)

* Attālumu mediānas tika aprēķinātas no tām dzīvesvietām, ap kurām sastopams konkrētais bioms.

Papildus attālumam līdz dažādiem biotopiem tika analizēta arī to platība 1000 metru rādiusā ap katru dzīvesvietu, lai izvērtētu iespējamās ekspozīcijas apjomu. Ekspozīcijas grupā vislielāko platību aizņēma lauksaimniecības zemes, kas veidoja vairāk nekā 60% no apkārtējās teritorijas, kamēr kontroles grupā – tikai ap 10%.

Starp citiem biotopiem meži bija otra plašāk pārstāvētā kategorija ar ievērojami lielāku daļu kontroles grupā (19%) nekā ekspozīcijā (12%). Savukārt mikroliegumi, upes un ezeri, purvi, kā arī zālāji un ganības aizņēma tikai nelielu daļu teritorijas visās grupās. Piekrastes teritorijas bija reti sastopamas un tika novērotas tikai kontroles grupā (skat. 3.4. tab.).

Pētāmās populācijas dzīvesvietu tuvumā esošo biomu platības

Biomi	Skaitis (%) 1000 metru rādiusā	Platība 1000 metru rādiusā, % (IQR)		
		Kopā	Grupa	
			Kontrole	Ekspozīcija
Lauksaimniecības zemes	94,0 (93,1)	31,9 (7,1-59,6)	8,5 (1,0-21,4)	60,8 (54,0-77,3)
Meži	65,0 (64,36)	1,0 (0,0-15,6)	8,2 (0,5-27,5)	0,0 (0,0-2,4)
Upes un ezeri	48,0 (47,5)	0,0 (0,0-0,4)	0,0 (0,0-0,7)	0,0 (0,0-0,2)
Mikroliegumi	41,0 (40,6)	0,0 (0,0-8,0)	3,2 (0,0-15,7)	0,0 (0,0-0,0)
Zālāji un ganības	30,0 (29,7)	0,0 (0,0-0,1)	0,0 (0,0-0,5)	0,0 (0,0-0,0)
Purvi	22,0 (21,8)	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,1)	0,0 (0,0-0,0)
Piejūra un kāpas	13,0 (12,9)	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,6)	-

Ekspozīcijas grupā visas kultūraugu platības bija ievērojami lielākas nekā kontroles grupā. Graudaugu lauki ekspozīcijas grupā aizņēma mediāni 34%, bet kontroles grupā tikai 5% no apkārtējās teritorijas. Līdzīga situācija vērojama arī attiecībā uz eļļas augu, pākšaugu un zālāju platībām. Savukārt dārzeņu lauki, ilggadīgie stādījumi un zaļmasas kultūras kopumā aizņem nelielu daļu teritorijas visās grupās, tomēr arī šeit saglabājas lielāki rādītāji ekspozīcijas grupā (skat. 3.5. tab.).

Pētāmās populācijas dzīvesvietu tuvumā esošās lauksaimniecības zemju platības

Lauksaimniecības zemju veidi	Skaitis (%) 1000 metru rādiusā	Platība 1000 metru rādiusā, % (IQR)		
		Kopā	Grupa	
			Kontrole	Ekspozīcija
Zālāji	90,0 (89,1)	4,0 (1,1-9,3)	1,9 (0,4-9,0)	5,6 (2,5-9,8)
Graudaugi	80,0 (79, 2)	9,3 (0,8-34,4)	0,8 (0,0-5,5)	34,4 (20,5-42,2)
Eļļas augi un šķiedraugi	59,0 (58,4)	1,8 (0,0-8,8)	0,0 (0,0-0,8)	9,0 (2,3-14,8)
Dārzeņi	53,0 (52,5)	0,0 (0,0-0,4)	0,0 (0,0-0,2)	0,2 (0,0-0,7)
Ilggadīgie stādījumi	49,0 (48,5)	0,0 (0,0-0,4)	0,0 (0,0-0,1)	0,2 (0,0-0,2)
Tauriņzieži un pākšaugi	47,0 (46,5)	0,0 (0,0-2,0)	0,0 (0,0-0,01)	0,9 (0,0-3,6)

Lauksaimniecības zemju veidi	Skaitis (%) 1000 metru rādiusā	Platība 1000 metru rādiusā, % (IQR)		
		Kopā	Grupa	
			Kontrole	Ekspozīcija
Zaļmasas, lopbarība un sakņaugi	15,0 (14,9)	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,0)
Pārējie	80,0 (79,2)	0,8 (0,1-2,2)	0,1 (0,0-0,8)	1,7 (0,7-3,2)

3.3. Korelācijas matrice savstarpēju mijiedarbību izvērtēšanai

Starp viena bioma platību un apgriezto attālumu līdz dzīvesvietai ir vērojama ļoti spēcīga pozitīva korelācija gandrīz visiem biomiem. Īpaši augstas korelācijas vērtības konstatētas piejūras un kāpu ($r_s = 1,00$), purva ($r_s = 0,99$), zālāju ($r_s = 0,97$), mežu ($r_s = 0,93$) un ūdenstilpņu ($r_s = 0,92$) gadījumā, kas norāda, ka, jo tuvāks attālums no bioma līdz dzīvesvietai, jo lielāku platību ap dzīvesvietu aizņem šis bioms. Tāda pati tendence vērojama arī viena lauksaimniecības kultūraugu veida ietvaros, kur ciešas pozitīvas korelācijas starp platību un apgriezto distanci vērojamas zaļmasām ($r_s = 1,00$), tauriņziežiem ($r_s = 0,96$) un graudaugiem ($r_s = 0,92$).

Tāpat vērojama vidēji cieša negatīva korelācija starp lauksaimniecības zemju platību un apgriezto attālumu līdz citiem biotopiem, īpaši mikroliegumiem, mežiem un piekrastes teritorijām.

Savukārt saistība starp pesticīdu skaitu urīna paraugos un ģeotelpiskajiem faktoriem bija kopumā ļoti vāja. Nevienam no biotopiem (ne pēc platības, ne pēc attāluma) netika konstatēta nozīmīga korelācija ar pesticīdu daudzumu, un arī koeficientu vērtības bija tuvu nullei. Analizējot saistību starp pesticīdu skaitu un specifiskiem lauksaimniecības zemju veidiem, tika konstatēta tikai ļoti vāja korelācija ar jebkura konkrētā biotopa rādītājiem. Lielākā korelācijas vērtība bija vērojama starp pesticīdu skaitu un zaļmasas kultūru platību ($r_s = 0,04$), kas nav statistiski nozīmīga (skat. 3.1. att.).

	Lauksaimniecības zemes, 1/m	Purvi, m2	Purvi, 1/m	Zālāji un ganības, m2	Zālāji un ganības, 1/m	Upes un ezeri, m2	Upes un ezeri, 1/m	Mikroliegumi, m2	Mikroliegumi, 1/m	Pesticīdu skaits, N	Piejūra un kāpas, m2	Piejūra un kāpas, 1/m	Meži, m2	Meži, 1/m
Lauksaimniecības zemes, m2	0.82	-0.15	-0.13	-0.18	-0.18	-0.20	-0.13	-0.49	-0.50	0.01	-0.46	-0.46	-0.41	-0.29
Lauksaimniecības zemes, 1/m	-0.19	-0.19	-0.04	-0.03	-0.14	-0.08	-0.48	-0.44	0.00	-0.40	-0.40	-0.27	-0.10	
Purvi, m2	0.99	0.50	0.47	0.30	0.28	0.31	0.10	0.11	-0.06	-0.06	0.13	0.14		
Purvi, 1/m	0.52	0.49	0.32	0.32	0.33	0.10	0.08	-0.07	-0.07	0.13	0.15			
Zālāji un ganības, m2	0.97	0.48	0.50	0.29	0.14	-0.06	-0.14	-0.13	0.26	0.32				
Zālāji un ganības, 1/m	0.47	0.49	0.27	0.13	-0.05	-0.14	-0.14	0.27	0.32					
Upes un ezeri, m2	0.92	0.33	0.31	-0.05	0.02	0.01	-0.02	0.04						
Upes un ezeri, 1/m	0.34	0.30	-0.10	-0.01	-0.01	0.08	0.15							
Mikroliegumi, m2	0.71	-0.08	0.23	0.22	0.17	0.17								
Mikroliegumi, 1/m	-0.01	0.27	0.26	0.14	0.11									
Pesticīdu skaits, N	0.03	0.04	0.03	0.06										
Piejūra un kāpas, m2	1.00	0.19	0.20											
Piejūra un kāpas, 1/m	0.21	0.21												
Meži, m2	0.93													

	Zaļšas, m2	Zaļšas, 1/m	Tauriņzieži, m2	Tauriņzieži, 1/m	Elļas augi, m2	Elļas augi, 1/m	Graudaugi, m2	Lauksaimniecības zemes, m2	Graudaugi, 1/m	Lauksaimniecības zemes, 1/m	Dārzeni, m2	Dārzeni, 1/m	Ilggadīgie stādījumi, m2	Ilggadīgie stādījumi, 1/m	Pārējie, m2	Pārējie, 1/m	Zālāji, m2	Zālāji, 1/m
Pesticīdu skaits, N	0.04	0.04	-0.07	-0.07	-0.01	-0.01	-0.04	0.01	-0.05	-0.01	0.01	0.00	-0.13	-0.11	-0.09	0.04	0.08	0.13
Zaļšas, m2	1.00	0.16	0.21	0.19	0.14	0.12	0.24	0.08	0.07	0.12	0.19	0.13	0.08	0.18	0.17	0.13	0.07	
Zaļšas, 1/m	0.18	0.23	0.19	0.15	0.13	0.25	0.09	0.07	0.12	0.20	0.15	0.09	0.18	0.17	0.13	0.07		
Tauriņzieži, m2	0.96	0.50	0.44	0.57	0.65	0.56	0.45	0.19	0.27	0.29	0.30	0.47	0.42	0.26	0.30			
Tauriņzieži, 1/m	0.47	0.40	0.54	0.62	0.55	0.46	0.22	0.31	0.31	0.33	0.50	0.48	0.31	0.28				
Elļas augi, m2	0.91	0.68	0.74	0.65	0.60	0.17	0.19	0.52	0.49	0.50	0.44	0.15	0.33					
Elļas augi, 1/m	0.65	0.69	0.64	0.62	0.20	0.23	0.47	0.53	0.50	0.45	0.20	0.32						
Graudaugi, m2	0.92	0.91	0.79	0.31	0.36	0.34	0.40	0.59	0.58	0.31	0.47							
Lauksaimniecības zemes, m2	0.85	0.82	0.37	0.42	0.39	0.42	0.65	0.63	0.43	0.54								
Graudaugi, 1/m	0.86	0.30	0.38	0.35	0.40	0.60	0.60	0.31	0.47									
Lauksaimniecības zemes, 1/m	0.32	0.41	0.35	0.43	0.56	0.64	0.43	0.62										
Dārzeni, m2	0.91	0.41	0.41	0.46	0.45	0.48	0.35											
Dārzeni, 1/m	0.38	0.45	0.43	0.49	0.52	0.37												
Ilggadīgie stādījumi, m2	0.89	0.50	0.41	0.44	0.41													
Ilggadīgie stādījumi, 1/m	0.56	0.56	0.45	0.47														
Pārējie, m2	0.78	0.50	0.46															
Pārējie, 1/m	0.47	0.54																
Zālāji, m2	0.67																	

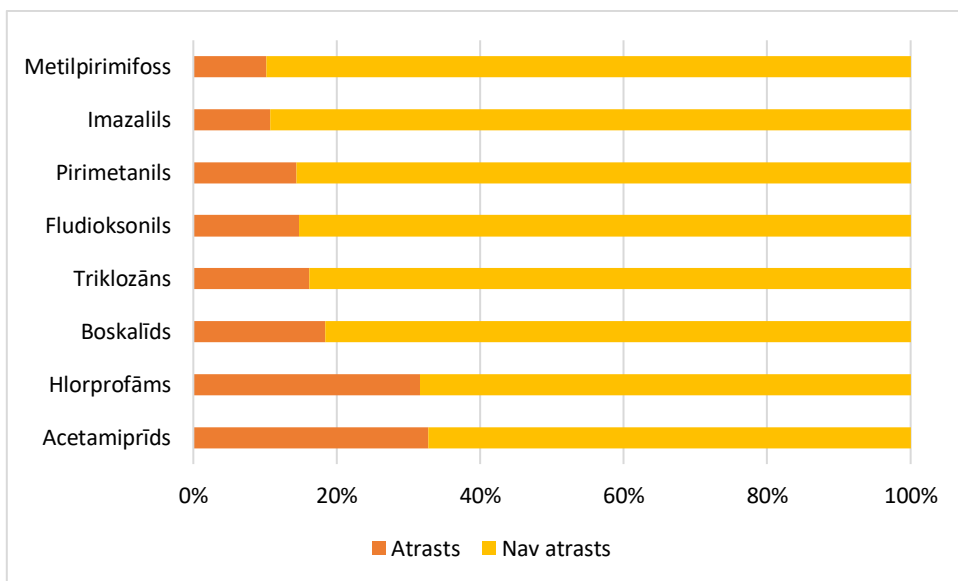
3.1. attēls. Spīrmana korelācijas matrica starp pesticīdu skaitu urīnā un ģeotelpiskajiem faktoriem

Augšējais attēls: korelācijas matrica starp pesticīdu skaitu urīnā un biotopu platībām vai attālumiem no dzīvesvietas. Apakšējais attēls: korelācijas matrica starp pesticīdu skaitu urīnā un ap dzīvesvietu esošajiem lauksaimniecības zemju attālumiem un platībām. Katrā šūnā attēloti Spīrmana korelācijas koeficienti (r_s). Krāsu intensitāte attēlo saistības virzienu un stiprumu – oranžā krāsa attēlo pozitīvu korelāciju un zaļā krāsa attēlo negatīvu korelāciju. Treknrakstā atzīmētas statistiski nozīmīgas korelācijas ($p < 0,05$).

3.4. Pesticīdu raksturojums

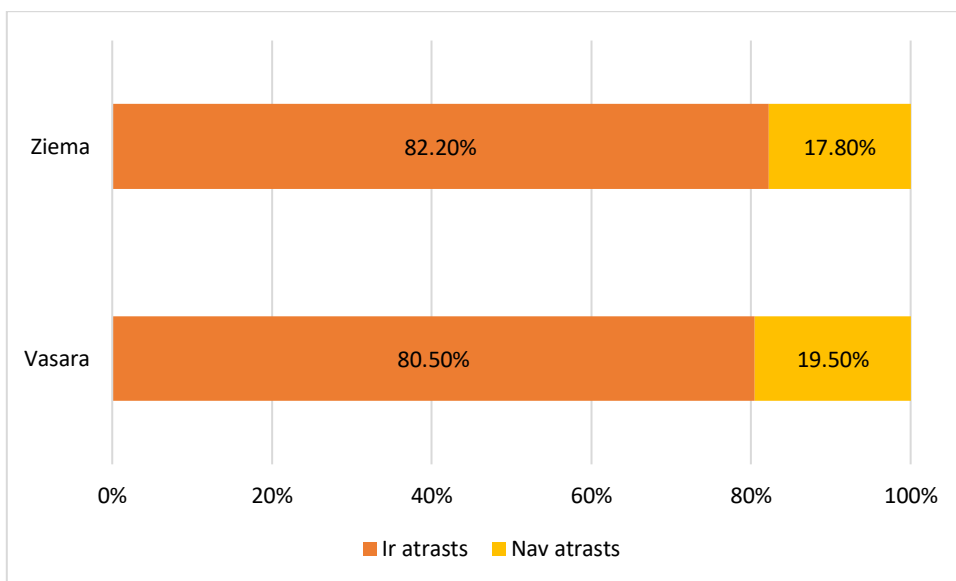
Kopumā tika analizēti 30 pesticīdi. No tiem septiņi pesticīdi netika atrasti nevienā urīna paraugā: 2,4-dihlorofenoksiacetāts, hlorpirifoss, klopīralīds, cipermetrīns, fluvalināts, propizamīds un tiametoksāms.

Pārējie 23 pesticīdi tika konstatēti vismaz vienā paraugā, bet tikai 8 pesticīdi bija sastopami vairāk nekā 10% no analizētajiem urīna paraugiem (skat. 3.2. att.). Mediānais konstatētais pesticīdu skaits urīna paraugos kontroles grupā bija 1,50 (1,00-2,38) un ekspozīcijas grupā 1,75 (1,25-2,69). Manna-Vitneja U tests atzīmēja, ka nav statistiski nozīmīgas atšķirības starp konstatēto pesticīdu skaitu urīnā kontroles un ekspozīcijas grupās ($p = 0,245$).



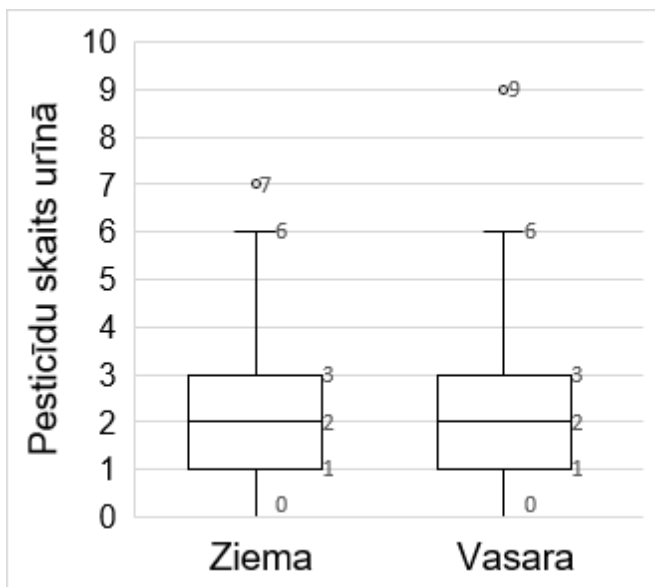
3.2. attēls. Urīnā visbiežāk konstatētie pesticīdi (% no kopējā paraugu skaita)

32 dalībniekiem pesticīdi tika detektēti tikai ziemā, bet ne vasarā, savukārt 27 dalībniekiem – tikai vasarā, bet ne ziemā. Pārējiem dalībniekiem detekcijas statuss abās sezonās sakrita. Datu analīze neuzrādīja statistiski nozīmīgu atšķirību pesticīdu klātbūtnē urīnā starp sezonām ($p = 0,515$). Kopējais urīna paraugu skaits, kuros tika atklāti pesticīdi, samazinājās no 166 ziemā uz 161 vasarā (skat. 3.3. att.).



3.3. attēls. Urīna paraugu pesticīdu klātbūtnes salīdzinājums pa sezonām (% no katras sezonas urīna paraugiem)

Tāpat arī nebija statistiski nozīmīgas atšķirības detekētajam pesticīdu skaitam starp sezonām ($p=0,602$). Mediāna abās sezonās ir identiska – 2 pesticīdi paraugā, un arī IQR ir līdzīgs. Ziemas sezonā pesticīdu skaits svārstās no 0 līdz 7, savukārt vasarā no 0 līdz 6. (skat 3.4. att.).



3.4. attēls. Pesticīdu skaita sadalījums urīna paraugos ziemas un vasaras sezonā

3.5. Pesticīdu savstarpējā korelācija un līdzīgo vielu grupēšana

Tika analizēta korelācijas matrica starp pesticīdu detekciju urīna paraugos, lai izvērtētu iespējamu savstarpēju saistību starp dažādiem pesticīdiem. Analīzē tika iekļauti tikai tie pesticīdi,

kuru detekcijas biežums sasniedza vismaz 10% no visiem paraugiem, tādējādi kopā analizēti astoņi pesticīdi (skat. 3.1. att.). Tomēr, sadalot datus sezonāli, tika konstatēts, ka tikai septiņi no šiem astoņiem pesticīdiem tika detektēti vismaz 10% paraugu gan ziemas, gan vasaras sezonā, tāpēc katras sezonas korelācijas matricā pesticīdu sadalījums ir atšķirīgs (skat. 3.3. att.).

Kopumā pesticīdu savstarpējās korelācijas iezīmējās kā vājas, taču vairākas nozīmīgas saistības tika novērotas gan ziemas, gan vasaras sezonā. Ziemā visstiprākā korelācija novērojama starp acetamiprīdu un boskalīdu ($\phi = 0,22$) un starp imazalilu un pirimetanilu ($\phi = 0,21$). Savukārt vasarā dominē citi savienojumi – visizteiktākā korelācija tika novērota starp fluodioksonilu un pirimetanilu ($\phi = 0,36$), kā arī starp boskalīdu un fluodioksonilu ($\phi = 0,29$) (skat. 3.5. att.).

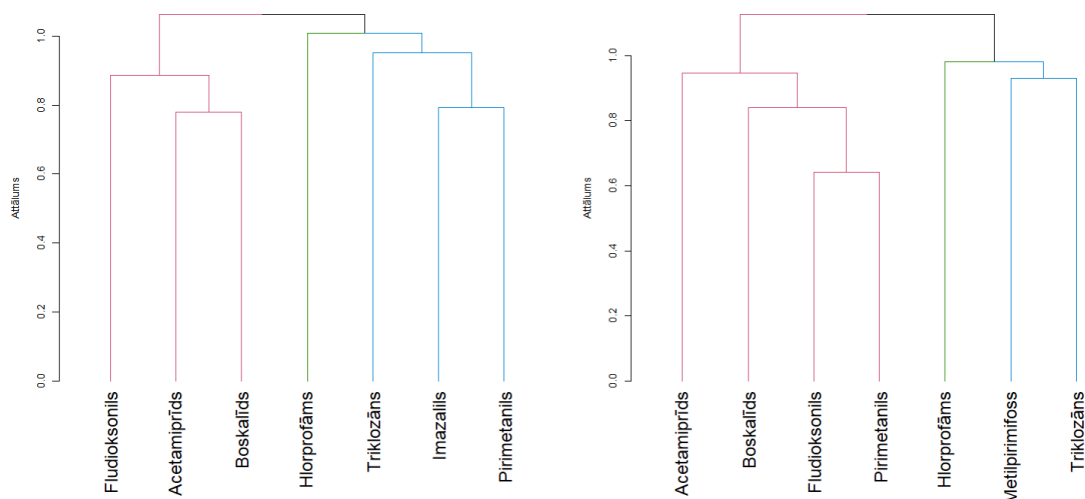
	Boskalīds	Hlorprofāms	Fludioksonils	Imazalils	Pirimetanils	Triklōzāns
Acetamiprīds	0.22	0.03	0.16	0.05	0.06	0.07
Boskalīds		0.03	0.12	0.15	0.15	0.00
Hlorprofāms			0.01	0.05	0.02	0.03
Fludioksonils				0.00	0.10	0.11
Imazalils					0.21	0.14

	Boskalīds	Hlorprofāms	Fludioksonils	Metilpirimifoss	Pirimetanils	Triklōzāns
Acetamiprīds	0.12	0.01	0.06	0.01	0.17	0.02
Boskalīds		0.00	0.29	0.11	0.13	0.08
Hlorprofāms			0.06	0.06	0.01	0.00
Fludioksonils				0.01	0.36	0.05
Metilpirimifoss					0.04	0.07

3.5. attēls. Korelācijas matrica starp pesticīdiem ziemā un vasarā

Pa kreisi attēlota korelācijas matrica ziemas sezonai, pa labi – vasaras sezonai. Katrā šūnā attēloti ϕ (phi) korelācijas koeficienti. Krāsas intensitāte attēlo saistības stiprumu. Treknrakstā atzīmētas statistiski nozīmīgas korelācijas ($p < 0,05$).

Klasteru veidošanā tika izmantota pesticīdu savstarpējās korelācijas matrica. Klasteranalīzē bija vērojamas pesticīdu grupas ar ciešu savstarpēju līdzību neatkarīgi no sezonas. Piemēram, acetamiprīds un boskalīds abās sezonās veidoja ciešu klasteri, savukārt fluodioksonils pievienojās tiem ar nedaudz vājāku saistību. Bija arī pesticīdi, kas neveidoja stabilas līdzības starp sezonām, piemēram, hlorprofāms, kurš katrā sezonā palika izolēts (skat. 3.6. att.).



3.6. attēls. Pesticīdu grupēšanās dendrogrammā ziemā un vasarā

Pa kreisi attēlota hierarhiskā klasteranalīze pesticīdiem, kas detektēti ziemā; pa labi – pesticīdiem, kas detektēti vasarā. Dendrogrammas balstītas uz pesticīdu savstarpējo līdzību (phi korelācijas koeficientiem). Katra krāsa norāda uz vienu klasteri jeb grupu, kurā pesticīdi biežāk sastopami kopā. Klasteru “attālums” attēlo līdzības pakāpi – jo zemāks attālums, jo ciešāka saistība starp pesticīdiem.

3.6. Ietekmējošie faktori pesticīdu klātbūtnei urīna paraugos

Veicot korelāciju izpēti starp pesticīdu klātbūtni urīnā un dažādiem potenciāli ietekmējošajiem ģeotelpiskajiem rādītājiem, vienīgā statistiski nozīmīgā saistība tika novērota attiecībā uz apgriezto attālumu līdz ūdenstilpnēm (upēm un ezeriem), kur tika konstatēta ļoti vāja, bet statistiski nozīmīga pozitīva korelācija ($r = 0,099$). Tātad, samazinoties attālumam līdz tuvākajām ūdenstilpnēm, nedaudz palielinās iespēja urīnā konstatēt vismaz vienu pesticīdu. Attiecībā uz pārējo biomu platību vai attālumu līdz tiem netika novērotas statistiski nozīmīgas korelācijas ar pesticīdu klātbūtni (skat. 3.6. tab.).

3.6. tabula

Rangu biseriālās korelācijas starp apgriezto distanci no biomiem, biomu platību un pesticīdu klātbūtni (jā/nē) urīnā

Biomi	r_{rb}	p vērtība
Lauksaimniecības zemes, m^2	-0,030	0,553
Lauksaimniecības zemes, 1/m	-0,004	0,942
Meži, m^2	0,012	0,811
Meži, 1/m	0,012	0,814

Biomi	r_{rb}	p vērtība
Upes un ezeri, m ²	0,061	0,219
Upes un ezeri, 1/m	0,099	0,048
Mikroliegumi, m ²	-0,002	0,969
Mikroliegumi, 1/m	-0,039	0,435
Zālāji un ganības, m ²	0,062	0,215
Zālāji un ganības 1/m	0,062	0,217
Purvi, m ²	-0,035	0,488
Purvi, 1/m	-0,016	0,751
Piejūra un kāpas m ²	0,004	0,932
Piejūra un kāpas, 1/m	0,001	0,992

Analizējot korelāciju starp specifiski lauksaimniecības zemju ģeotelpiskajiem rādītājiem un pesticīdu klātbūtni, netika novērota neviena statistiski nozīmīga saistība (skat. 3.7. tab.).

Rangu biseriālās korelācijas starp apgriezto distanci no lauksaimniecības biomiem, biomu platību un pesticīdu klātbūtni (jā/nē) urīnā

Lauksaimniecības zemju veidi	r_{rb}	p vērtība
Zālāji, m ²	-0,030	0,552
Zālāji, 1/m	-0,053	0,289
Graudaugi, m ²	-0,011	0,831
Graudaugi, 1/m	-0,011	0,825
Elļas augi un šķiedraugi, m ²	0,002	0,975
Elļas augi un šķiedraugi, 1/m	0,024	0,637
Dārzeni, m ²	-0,019	0,700
Dārzeni, 1/m	-0,004	0,935
Ilggadīgie stādījumi, m ²	0,002	0,967
Ilggadīgie stādījumi, 1/m	0,023	0,651
Tauriņzieži un pākšaugi, m ²	-0,016	0,744
Tauriņzieži un pākšaugi, 1/m	-0,026	0,603
Zaļmasas, lopbarība un sakņaugi, m ²	-0,065	0,191

Lauksaimniecības zemju veidi	r_{rb}	p vērtība
Zaļmasas, lopbarība un sakņaugi, 1/m	-0,065	0,194
Pārējie, m ²	-0,015	0,769
Pārējie, 1/m	-0,046	0,358

Balstoties uz Hī-kvadrāta testu rezultātiem, starp ekspozīcijas grupu, sezonu, vecuma grupu vai dzimumu un pesticīdu klātbūtni urīnā vērojama vāja un statistiski nenozīmīga saistība (skat. 3.8. tab.).

3.8. tabula

Ekspozīcijas, sezonas, demogrāfisko rādītāju saistība ar pesticīdu klātbūtni urīnā

Mainīgais	X ²	Cramer V	p vērt.
Ekspozīcijas grupa	1,851	0,068	0,174
Sezona	0,187	0,022	0,666
Vecuma grupa	2,120	0,073	0,145
Dzimums	0,012	0,005	0,914

3.7. Urīnā visbiežāk noteikto pesticīdu detekcijas ietekmējošie faktori

Biomu ģeotelpisko rādītāju (distance un platība) asociācija ar urīna paraugos visbiežāk konstatēto pesticīdu klātbūtni tika izvērtēta ar rank-biserial korelāciju.

Acetamiprīdam ar visiem ģeotelpiskajiem rādītājiem veidojās vien vājas korelācijas, kā arī to statistisko nenozīmību apstiprināja arī $p > 0,05$. Hlorprofāms arī uzrādīja vāju, bet statistiski nozīmīgu saistību gan ar meža platību ap dzīvesvietu ($r = 0,122$), gan ar apgriezto distanci līdz mežam ($r = 0,138$). Arī boskalīda detekcija uzrādīja vāju, bet statistiski nozīmīgu negatīvu korelāciju ar purvu platību ($r = -0,168$) un ar apgriezto attālumu līdz purviem ($r = -0,139$) (skat. 3.9. tab.).

Rangu biseriālās korelācijas starp apgriezto distanci no biomiem, biomu platību un trīs biežāko pesticīdu (Acetamiprīds, Hlorprofāms, Boskalīds) detekciju urīnā

Biomi	Pesticīdi					
	Acetamiprīds		Hlorprofāms		Boskalīds	
	r_{rb}	p vērtība	r_{rb}	p vērtība	r_{rb}	p vērtība
Lauksaimniecības zemes, m ²	0,046	0,357	-0,047	0,346	-0,006	0,899
Lauksaimniecības zemes, 1/m	0,043	0,390	-0,033	0,508	-0,008	0,876
Meži, m ²	-0,031	0,538	0,122	0,014	0,010	0,844
Meži, 1/m	-0,031	0,535	0,138	0,006	0,001	0,985
Upes un ezeri, m ²	-0,001	0,989	-0,067	0,177	0,068	0,173
Upes un ezeri, 1/m	0,004	0,931	-0,002	0,975	0,078	0,117
Mikroliegumi, m ²	0,017	0,735	0,083	0,093	0,038	0,449
Mikroliegumi, 1/m	-0,010	0,842	0,047	0,344	0,030	0,551
Zālāji un ganības, m ²	0,035	0,483	0,026	0,606	0,030	0,545
Zālāji un ganības 1/m	0,026	0,600	0,035	0,487	0,002	0,965
Purvi, m ²	0,053	0,287	-0,040	0,419	-0,168	<0,001
Purvi, 1/m	0,073	0,140	-0,045	0,3623	-0,139	0,005
Piejūra un kāpas m ²	-0,063	0,205	-0,030	0,544	0,051	0,306
Piejūra un kāpas, 1/m	-0,064	0,200	-0,030	0,544	-0,051	0,301

Precīzāk analizējot dažādu kultūraugu ģeotelpisko rādītāju asociācijas ar urīna paraugos visbiežāk detektētajiem pesticīdiem, tiek iegūtas arī vien dažas vājas korelācijas.

Acetamiprīda detekcija bija vāji pozitīvi saistīta ar graudaugu laukiem ($r = 0,098$), savukārt neviena cita lauksaimniecības bioma attālums vai platība neuzrādīja statistiski nozīmīgu korelāciju. Hlorprofāma klātbūtne urīnā bija vāji, bet statistiski nozīmīgi negatīvi saistīta ar zaļmasas

(lopbarības un sakņaugu) platību ($r = -0,141$) un apgriezto attālumu ($r = -0,147$). Boskalīda detekcija nebija statistiski nozīmīgi saistīta ne ar vienu no analizētajiem lauksaimniecības zemju veidiem, ne pēc platības, ne pēc attāluma (skat. 3.10. tab.).

3.10. tabula

Rangu biseriālās korelācijas starp apgriezto distanci no lauksaimniecības biomiem, biomu platību un trīs biežāko pesticīdu detekciju urīnā

	Pesticīdi					
	Acetamiprīds		Hlorprofāms		Boskalīds	
Lauksaimniecības zemju veidi	r_{rb}	p vērtība	r_{rb}	p	r_{rb}	p
Zālāji, m ²	-0,030	0,553	-0,021	0,672	-0,051	0,305
Zālāji, 1/m	-0,050	0,313	-0,017	0,735	-0,074	0,135
Graudaugi, m ²	0,071	0,154	-0,021	0,681	0,027	0,585
Graudaugi, 1/m	0,098	0,048	-0,033	0,506	0,038	0,452
Elļas augi un šķiedraugi, m ²	0,023	0,645	-0,022	0,655	0,041	0,406
Elļas augi un šķiedraugi, 1/m	-0,009	0,855	-0,002	0,966	0,029	0,560
Dārzeni, m ²	-0,066	0,187	-0,022	0,664	-0,053	0,290
Dārzeni, 1/m	-0,021	0,668	0,001	0,984	-0,068	0,174
Ilggadīgie stādījumi, m ²	0,025	0,615	0,002	0,968	0,063	0,206
Ilggadīgie stādījumi, 1/m	0,005	0,923	0,066	0,186	0,031	0,534
Tauriņzieži un pākšaugi, m ²	0,088	0,078	0,014	0,783	0,030	0,552
Tauriņzieži un pākšaugi, 1/m	0,080	0,106	0,012	0,814	0,022	0,659
Zaļmasas, lopbarība un sakņaugi, m ²	0,005	0,929	-0,141	0,005	-0,008	0,877

	Pesticīdi					
	Acetamiprīds		Hlorprofāms		Boskalīds	
Lauksaimniecības zemju veidi	r _{rb}	p vērtība	r _{rb}	p	r _{rb}	p
Zaļmasas, lopbarība un sakņaugi, 1/m	0,010	0,840	-0,147	0,003	-0,001	0,979
Pārējie, m ²	0,042	0,398	0,007	0,888	0,040	0,428
Pārējie, 1/m	-0,012	0,817	0,003	0,950	-0,039	0,437

Izvērtējot kategorisko datu ietekmi uz pesticīdu klātbūtni urīna paraugos, tika konstatēts, ka nav saistības starp ekspozīcijas, sezonas un demogrāfiskajiem rādītājiem ar acetamiprīda un boskalīda klātbūtni urīnā. Savukārt hlorprofāma klātbūtnei urīnā bija statistiski nozīmīga, bet vājas intensitātes saistība ar dalībnieku vecumu (skat. 3.11. tab.). Hlorprofāms tika noteikts 22,5% pieaugušo urīna paraugos un 40,6% bērnu urīna paraugos.

3.11. tabula

Ekspozīcijas, sezonas, demogrāfisko rādītāju saistība ar trim urīnā visbiežāk konstatētajiem pesticīdiem

	Pesticīds								
	Acetamiprīds			Hlorprofāms			Boskalīds		
Mainīgais	X ²	Cramer V	p vērt.	X ²	Cramer V	p vērt.	X ²	Cramer V	p vērt.
Grupa	0,020	0,007	0,887	0,670	0,041	0,413	0,316	0,028	0,574
Sezona	3,393	0,092	0,065	2,139	0,073	0,144	0,044	0,010	0,834
Vecuma grupa	0,608	0,039	0,435	15,22 4	0,195	<0,001	0,672	0,041	0,412
Dzimums	3,803	0,097	0,051	0,919	0,048	0,338	0,345	0,029	0,557

3.7.1. Acetamiprīda klātbūtni urīnā ietekmējošie faktori

Logistiskās regresijas rezultāti liecina, ka tuvāks attālums līdz purvam ir statistiski nozīmīgi saistīts ar samazinātu acetamiprīda detekcijas iespējamību urīnā. Katram vienības pieaugumam apgrieztajā attālumā līdz purvam, tas ir, jo tuvāk dzīvesvieta atrodas purvam, risks acetamiprīda klātbūtnei urīnā mazinās par 30% (skat. 3.12. tab.).

Regresijas analīzes rezultāti par ietekmējošajiem faktoriem uz acetamiprīda klātbūtni (jā/nē) urīnā

Mainīgais	β	SE	p vērtība	OR**	95% TI*** (apakšējā – augšējā)
(Konstante)	-0,805	0,136	<0,001		
Purvs, 1/m*	-0,351	0,162	0,031	0,704	0,513 – 0,967

*1/m – apgrieztā distance metros⁻¹**OR – izredžu attiecība (*eng. Odds Ratio*)*** 95% TI – 95% ticamības intervāls (*eng. 95% Confidence Interval*)**3.7.2. Hlorprofāma klātbūtni urīnā ietekmējošie faktori**

Logistiskās regresijas modelī tika analizēti faktori, kas ietekmē hlorprofāma klātbūtni urīnā. Statistiski nozīmīga ietekme tika atrasta vairākiem faktoriem saistītiem gan ar dalībnieku demogrāfiju, gan ar ģeotelpiskiem rādītājiem.

Salīdzinot ar pieaugušajiem, bērniem bija trīs reizes lielāka iespējamība urīnā konstatēt hlorprofāmu. Katram vienas standartnovirzes jeb 50 000 m² upju un ezeru platības pieaugumam 1000 metru rādiusā iespējamība noteikt hlorprofāmu palielinājās 1,5 reizes. Līdzīgi, 30 000 m² dārzeņu platības pieauguma 1000 metru rādiusā hlorprofāma detekcijas risks palielinājās par 1,4 reizēm. Arī dzīvesvietas tuvāka atrašanās zaļmasu teritorijām bija saistīta ar lielāku iespējamību detektēt hlorprofāmu urīnā. Citi faktori, tostarp sezonālitate un tuvums ilggadīgiem stādījumiem, neuzrādīja statistiski nozīmīgu ietekmi (skat. 3.13. tab.).

Regresijas analīzes rezultāti par ietekmējošajiem faktoriem uz hlorprofāma klātbūtni (jā/nē) urīnā

Mainīgais	β	SE	p vērtība	OR**	95% TI*** (apakšējā – augšējā)
(Konstante)	-2,238	0,367	<0,001		
Grupa					
ekspozīcija – kontrole*	0,740	0,379	0,051	2,096	0,997 – 4,405
Vecums					
bērns – pieaugušais*	1,130	0,266	<0,001	3,096	1,838 – 5,214
Sezona					
vasara – ziema*	0,416	0,253	0,100	1,516	0,923 – 2,489
Upes un ezeri, m ²	0,406	0,162	0,013	1,501	1,093 – 2,062
Zaļmasas, 1/m**	0,357	0,163	0,029	1,429	1,038 – 1,967

Mainīgais	β	SE	p vērtība	OR***	95% TI**** (apakšējā – augšējā)
Ilggadīgie stādi, 1/m**	-0,413	0,251	0,100	0,662	0,405 – 1,082
Dārzeni, m ²	0,356	0,173	0,040	1,428	1,017 – 2,004

*References līmenis: Grupa – kontrole; Sezona – ziema; Vecuma grupa – pieaugušais

**1/m – apgrieztā distance metros⁻¹

***OR – izredžu attiecība (eng. *Odds Ratio*)

**** 95% TI – 95% ticamības intervāls (eng. *95% Confidence Interval*)

3.7.3. Boskalīdu ietekmējošie faktori

Loģistiskās regresijas rezultāti liecina, ka purva platībai ap dzīvesvietu ir ietekme uz boskalīda detekcijas risku. 11 000 m² purva platības pieauguma 1000 metru rādiusā ap dzīvesvietu palielināja boskalīda detekcijas risku par 1,7 reizēm. Tātad purva platības pieaugums palielina boskalīda klātbūtnes risku, taču šis efekts samazinās, ja ap dzīvesvietu vienlaikus ir arī lielākas zālāju platības. (skat. 3.14. tab.).

3.14. tabula

Regresijas analīzes rezultāti par ietekmējošajiem faktoriem uz boskalīda klātbūtni (jā/nē) urīnā

Mainīgais	β	SE	p vērtība	OR**	95% TI*** (apakšējā – augšējā)
(Konstante)	-1,846	0,227	<0,001		
Purvs, m ²	0,697	0,211	<0,001	1,710	1,051 – 2,778
Zālāji, m ²	-4,437	0,286	0,127	0,646	0,368 – 1,131
Purvs, m ² * Zālāji, m ² *	-2,113	0,845	0,012	0,121	0,023 – 0,633

*Mijiedarbība starp mainīgajiem

**OR – izredžu attiecība (eng. *Odds Ratio*)

*** 95% TI – 95% ticamības intervāls (eng. *95% Confidence Interval*)

3.8. Urīnā noteikto pesticīdu skaita ietekmējošie faktori

Bija dalībnieki, kam urīna paraugos tika konstatēti vairāki pesticīdu metabolīti, tāpēc tika izvērtēti ne tikai pesticīdu klātbūtni ietekmējošie faktori, bet arī faktori ar ietekmi uz detektēto pesticīdu skaitu urīnā. Lai prelimināri izvērtētu mainīgos ar potenciālu ietekmi uz pesticīdu skaitu, tika izveidoti modeļi ar katru ietekmējošo faktoru kā vienīgo fiksēto mainīgo.

Regresijas analīze iezīmēja statistiski nozīmīgu ietekmi vecumam. Bērniem vidēji par 17% lielāks detektēto pesticīdu skaits urīnā salīdzinājumā ar pieaugušajiem. Arī purva platība 1000

metru rādiusā ap dzīvesvietu bija statistiski nozīmīgi saistīta ar lielāku pesticīdu skaitu. Katrs 11 000 m² purva platības pieaugums dzīvesvietas tuvumā palielināja pesticīdu skaitu par 13%. Lauksaimniecības platībai dzīvesvietas tuvumā un gadalaikam netika konstatēta statistiski nozīmīga ietekme uz pesticīdu skaitu urīnā (skat. 3.15. tab.).

3.15. tabula

Pesticīdu skaitu urīnā ietekmējošo faktoru analīze ar vienu fiksēto mainīgo un nejausajiem efektiem ģimenes līmenī

Mainīgais	β	SE	p vērtība	IRR*	95% TI** (apakšējā – augšējā)
Grupa					
ekspozīcija – kontrole*	0,124	0,105	0,238	1,132	0,922 – 1,391
Sezona					
vasara – ziema*	-0,030	0,076	0,692	0,970	0,836 – 1,126
Vecuma grupa					
bērns – pieaugušais*	0,153	0,075	0,043	1,165	1,006 – 1,350
Dzimums					
sieviete – vīrietis*	0,066	0,094	0,481	1,068	0,889 – 1,284
Lauksaimniecības					
zemes, m ²	0,022	0,053	0,676	1,022	0,921 – 1,134
Lauksaimniecības					
zemes, 1/m	-0,069	0,061	0,257	0,933	0,828 – 1,052
Meži, m ²	0,021	0,052	0,685	1,021	0,922 – 1,131
Meži, 1/m	0,052	0,050	0,298	1,053	0,955 – 1,162
Upes un ezeri, m ²	0,054	0,050	0,282	1,056	0,957 – 1,164
Upes un ezeri, 1/m	0,011	0,051	0,832	1,011	0,915 – 1,117
Mikroliegumi, m ²	-0,021	0,054	0,705	0,979	0,881 – 1,089
Mikroliegumi, 1/m	0,072	0,047	0,121	1,075	0,980 – 1,179
Zālāji un ganības, m ²	-0,061	0,057	0,286	0,941	0,841 – 1,052
Zālāji un ganības 1/m	0,004	0,053	0,940	1,004	0,905 – 1,114
Purvi, m ²	0,122	0,044	0,006	1,130	1,037 – 1,230
Purvi, 1/m	-0,001	0,054	0,996	1,000	0,899 – 1,111
Piejūra un kāpas m ²	0,008	0,053	0,872	1,008	0,909 – 1,118
Piejūra un kāpas, 1/m	0,039	0,050	0,427	1,040	0,943 – 1,147

Mainīgais	β	SE	p vērtība	IRR*	95% TI** (apakšējā – augšējā)
Piejūra un kāpas m ²	0,008	0,053	0,872	1,008	0,909 – 1,118
Piejūra un kāpas, 1/m	0,039	0,050	0,427	1,040	0,943 – 1,147

*References līmenis: Grupa – kontrole; Sezona – ziema; Vecuma grupa – pieaugušais; Dzimums - vīrietis

**IRR – incidences skaita attiecība (eng. *Incidence Rate Ratio*)

*** 95% TI – 95% ticamības intervāls (eng. *95% Confidence Interval*)

Beigu modelī, kas tika iegūts pēc *stepwise backward* tehnikas, tika iegūts regresijas modelis ar diviem statistiski nozīmīgiem mainīgajiem, kuriem ir ietekme uz pesticīdu skaitu urīnā.

Abi mainīgie jau iezīmēja savu nozīmīgumu regresijas analīzē ar vienu fiksēto mainīgo. Vecums bija statistiski nozīmīgs – bērniem nemainīgi bija par 17% lielāks detektēto pesticīdu skaits nekā pieaugušajiem. Savukārt purva platības nozīmīgums nedaudz audzis – katrs 11 000 m² purva platības pieaugums dzīvesvietas tuvumā palielināja pesticīdu skaitu urīnā par 13% (skat. 3.16. tab.).

Regresijas analīzes rezultāti par ietekmējošajiem faktoriem uz detektēto pesticīdu skaitu urīnā

Mainīgais	β	SE	p vērtība	IRR*	95% TI** (apakšējā – augšējā)
(Konstante)	0,485	0,067	<0,001		
Vecuma grupa***					
bērns - pieaugušais	0,153	0,076	0,043	1,165	1,005 – 1,352
Purvs, m ²	0,122	0,044	0,005	1,130	1,036 – 1,233

*IRR – incidences skaita attiecība (eng. *Incidence Rate Ratio*)

** 95% TI – 95% ticamības intervāls (eng. *95% Confidence Interval*)

***References līmenis: Vecuma grupa - pieaugušais

4. DISKUSIJA

Šī pētījuma mērķis bija analizēt, vai pastāv saistība starp dzīvesvietas tuvumu dažādiem biotopiem, īpaši lauksaimniecības zemēm, un pesticīdu klātbūtni cilvēku urīna paraugos, izmantojot Latvijas populāciju kā piemēru. Tika apskatīta gan kopējā pesticīdu skaita detekcija, gan atsevišķu pesticīdu klātbūtne, salīdzinot ar attālumu līdz konkrētām ainavas struktūrām un šo biotopu platību ap dzīvesvietu. Pētījumā iegūtie rezultāti parāda interesantas paralēles un vienlaikus kontrastus ar iepriekš literatūrā aprakstītajiem secinājumiem.

Literatūrā vairākās valstīs pierādīts, ka tuvums intensīvām lauksaimniecības teritorijām saistās ar lielāku pesticīdu detekciju bioloģiskajos paraugos (Teyssere et al., 2021; Dereumeaux et al., 2020). Šajā pētījumā tomēr netika novērota statistiski nozīmīga saistība starp lauksaimniecības platību vai attālumu un kopējo detektēto pesticīdu skaitu vai klātbūtni. Tas var tikt izskaidrots ar faktu, ka gandrīz visām mājāsaimniecībām neatkarīgi no ekspozīcijas grupas 1000 metru rādiusā bija kāda veida lauksaimniecības zeme, tādējādi radot ierobežotu variāciju šajā mainīgajā. Iespējams, arī daļa pesticīdu tiek lietoti mazāk aktīvi vai ar zemāku emisijas intensitāti Latvijā, salīdzinot ar Rietumeiropas valstīm, kur šie efekti ir aprakstīti. Saskaņā ar Valsts augu aizsardzības dienesta (VAAD) datiem, Latvijā 2019. gadā AAL lietojums bija tikai 0,84 kg uz hektāru lauksaimniecības zemes, kas ir vairāk nekā divas reizes mazāk nekā ES vidējais rādītājs – 2,05 kg/ha. Neskatoties uz to, ka 2011.–2019. gadā Latvijā lauksaimniecībā izmantotās zemes platība pieauga par 8,2% un aramzemes platība par 13,9%, AAL lietojuma apjoms joprojām ir viens no zemākajiem ES (VAAD, 2021).

Tāpat vērts atzīmēt, ka literatūrā izcelts biotopu aizsargfunkcijas aspekts. Meži, purvi un citi biomi tiek minēti kā iespējamie buferi, kas var samazināt pesticīdu driftu un ekspozīciju (Zaller et al., 2022). Arī šajā pētījumā konstatēts, ka dzīvesvietas tuvums purviem samazināja iespējamību konstatēt acetamiprīdu urīnā, kas atbilst buferzonas hipotēzei. Pretēji tam purva platības pieaugums dzīvesvietas tuvumā bija saistīts ar lielāku boskalīda detekcijas iespējamību. Šī pretruna var liecināt par atšķirīgiem izplatības mehānismiem atkarībā no konkrētā pesticīda fizikāli ķīmiskajām īpašībām, piemēram, to šķīdību, tvaikošanas spēju vai ilgstošu uzglabāšanos augsnē un ūdenī. Boskalīda pazemes ūdeņu piesārņojuma izplatības rādītāja (GUS, *eng. Groundwater Ubiquity Score*) vērtība ir 2,5, kas teorētiski norāda uz mērenu gruntsūdeņu noplūdes risku un atbilst pieņēmumam, ka šim pesticīdam piemīt potenciāls uzkrāties mitrājos (Reilly et al., 2012). Boskalīda detekcijas gadījumā tika konstatēta arī mijiedarbība starp diviem biomiem – ja purvs

atradās viens pats tuvumā, pesticīda detekcijas iespējamība bija augstāka, bet, ja tajā pašā teritorijā atradās arī zālāji, šī ietekme mazinājās. Tas var liecināt, ka zālāji darbojas kā buferis vai filtrs, kas samazina pesticīdu pārnēsī no purvainām teritorijām uz dzīvesvietu.

Hlorprofāma gadījumā konstatēta saistība ar lielāku dārzu platību, kas atbilst vielas galvenajam pielietojumam – dīgšanas nomāksšanai sakņaugos (EFSA, 2017). Šī viela parasti netiek lietota lauka apstākļos, bet gan pēc ražas novākšanas, apstrādājot uzglabājamus bumbuļus, lai novērstu to dīgšanu noliktavās. Tādējādi hlorprofāma klātbūtne urīnā, visticamāk, nav saistīta ar tiešu vides ekspozīciju lauku tuvumā, bet gan ar uztura ceļu, iespējams, caur kartupeļu produktu patēriņu, kas Latvijā veido nozīmīgu daļu ikdienas uzturā. Šī hipotēze saskan arī ar pesticīdu atlieku noturību produktos pēc novākšanas un ilgstošas uzglabāšanas. Šajā pētījumā tika atklāta arī pozitīva saistība starp hlorprofāma klātbūtni un ūdenstilpņu platībām ap dzīvesvietu. Hlorprofāmam piemīt vidēja līdz zemaī kustība augsnē, kas nozīmē, ka tas nav īpaši mobils un neizplatās viegli ūdenī. Tomēr tā galvenais metabolīts 3-hloroanilīns ir daudz kustīgāks un var vieglāk pārvietoties augsnē un nonākt ūdens vidē (EFSA, 2017). Tas nozīmē, ka teritorijās, kur tuvumā ir vairāk ūdenstilpju, varētu pastāvēt lielāks risks, ka hlorprofāma lietošana varētu veicināt tā metabolīta iekļūšanu ūdens vidē.

Sezonālais faktors literatūrā atkārtoti tiek atzīts kā viens no spēcīgākajiem ekspozīcijas noteicējiem (Ottenbros et al., 2023; Teyseire et al., 2021; Galea et al., 2015; Chevrier et al., 2014). Šī pētījuma ietvaros tomēr netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ne kopējam detektēto pesticīdu skaitam, ne individuāliem pesticīdiem starp ziemas un vasaras sezonu. Tas var būt saistīts ar Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, kur, neskatoties uz vasaras sezonu, lauksaimniecības smidzināšana ne vienmēr notiek pētījumā noteiktajos paraugu vākšanas laikos. Iespējams, ekspozīcija notiek īsos, grūti prognozējamos laika posmos, kuru fiksēšana divos laika punktos nav pietiekama.

Šajā pētījumā netika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirība starp ziemas un vasaras sezonu ne kopējā pesticīdu skaitā, ne konkrētu pesticīdu biežumā. Iespējamie skaidrojumi ir vairāki. Pirmkārt, Latvijā kopējais pesticīdu lietojuma apjoms ir ievērojami zemāks nekā citviet Eiropā (VAAD, 2021), tāpēc sezonālās svārstības var nebūt pietiekami izteiktas. Otrkārt, var pieļaut, ka paraugu ievākšana nav pilnībā sakritusi ar smidzināšanas pīķa periodiem. Tiek uzsvērts, ka ekspozīcija notiek īsos, intensīvos brīžos pēc apstrādes, ko divu sezonālu laika punktu fiksācija var neatspoguļot (Teyseire et al., 2021). Treškārt, klimatiskie apstākļi Latvijā, piemēram, vēsāks un

mitrāks klimats, varētu ietekmēt gan pesticīdu pielietojuma laiku, gan to uzvedību vidē, piemēram, samazinātu tvaikošanu vai mazāku iztvaikošanas attālumu.

Sociāldemogrāfisko faktoru ietekme pētījumos tiek bieži uzsvērta, sevišķi vecuma faktors. Literatūra uzsver, ka bērni ir paaugstināta riska grupa (Zhao et al., 2022; Landrigan et al., 1999), un dažās valstīs pierādīta bērnu urīnos augstāka pesticīdu detekcija salīdzinājumā ar pieaugušajiem. Arī šajā pētījumā bērniem bija gan lielāka iespējamība urīnā noteikt hlorprofāmu, gan vidēji lielāks detektēto pesticīdu skaits. Tas var būt saistīts gan ar fizioloģiskiem faktoriem, gan ar bērnu uzvedības paradumiem, piemēram, ilgāku laiku pavadot ārā vai kontaktējoties ar vides putekļiem.

Turpretim literatūra izteikti uzsver pesticīdu drifta nozīmi un to, ka dažreiz šīs vielas var nokļūt vides paraugos pat daudzu kilometru attālumā no lauka (Zaller et al., 2022). Mūsu izmantotie attāluma rādītāji bija ierobežoti līdz 1000 metriem, un vērtības lielākām distancēm tika iegrāmatotas kā "0", kas liedz precīzi identificēt iespējamus efektus vai pat noteikt lineāru ekspozīcijas tendenci. Tas ir būtisks metodisks ierobežojums, kas būtiski ietekmē interpretāciju.

Pētījuma stiprās puses ietver vairākus būtiskus aspektus, kas palielina rezultātu ticamību un pielietojamību. Par spīti ierobežotajam mērījumu skaitam, pētījuma dizains paredzēja sezonālu atkārtotu paraugu ievākšanu vieniem un tiem pašiem indivīdiem – gan smidzināšanas sezonā, gan ārpus tās. Tas ļāva vismaz daļēji kontrolēt starpindividuālo variāciju un sniedza iespēju novērtēt sezonālas izmaiņas individuālā līmenī. Svarīgs ieguvums ir arī plašais testēto pesticīdu klāsts – 41 viela, pārstāvējot vairākas darbības klases, kas nodrošina iespēju analizēt gan kopējo piesārņojumu, gan specifiskus raksturus dažādām vielām. Īpaša uzmanība tika pievērsta telpiskajam ekspozīcijas novērtējumam: izmantoti gan attāluma ($1/\text{distance}$), gan platības rādītāji dažādos buferos, kas iegūti no oficiālām QGIS datu kopām. Analīzē izmantoti vispārinātie jauktie modeļi, kas piemēroti datu struktūrai ar atkārtotiem mērījumiem un grupēšanu ģimenes līmenī. Datu ievākšana no vairākiem Latvijas reģioniem palielina rezultātu vispārināmību dažādos vides kontekstos.

Tomēr šim pētījumam ir vairāki trūkumi, kas jāņem vērā, interpretējot rezultātus. Lai arī datu kopā tika iekļautas 101 ģimene ar diviem paraugiem katrai (vienā no smidzināšanas sezonas periodiem un vienā ārpus tās), kopējais parauga lielums nav pietiekami liels, lai pilnībā atklātu visas iespējamās sakarības, īpaši, ja analizējam vairākus neatkarīgos mainīgos vienlaikus. Tāpat jāpiebilst, ka katrā ģimenē tika iekļauts tikai viens pieaugušais un viens bērns, kas ierobežo iespējas novērtēt atšķirības ģimenes iekšienē. Šajā pētījumā nav iekļauti detalizēti dati par individuāliem uzvedības un dzīvesveida faktoriem, piemēram, par uzturu, profesionālo darbību vai pesticīdu

izmantošanu mājās, kas varētu kalpot kā alternatīvi skaidrojumi klātbūtnei urīnā. Tas ierobežo iespējas skaidri nodalīt vides ietekmi no citiem iespējamajiem iedarbības avotiem.

Svarīgi ņemt vērā arī to, ka gan ekspozīcijas, gan kontroles grupas ietvaros bija respondenti, kuru dzīvesvietas atradās tuvāk par 250 metriem no lauksaimniecības zemēm. Lai arī ekspozīcijas grupā tika apstiprināta aktīva lauksaimnieciskā darbība šajās teritorijās, šāds pārklājums starp grupām var radīt sajaukuma efektu un ietekmēt novērotās atšķirības starp grupām. Turklāt gandrīz visām mājsaimniecībām (94 no 101) 1000 metru rādiusā apkārt dzīvesvietai atradās kāda veida lauksaimniecības zeme, kas norāda uz to, ka pilnībā "neaizsargātas" kontroles grupas izveide šajos apstākļos praktiski nav iespējama.

Papildus jāapzinās, ka šī pētījuma ietvaros tika apskatīti tikai ģeotelpiskie rādītāji – platība, attālums līdz biomam. Šāda pieeja neietver būtiskus vides faktoros, kas varētu ietekmēt reālo pesticīdu izplatību, piemēram, vēja virzienu, reljefu vai barjeras starp mājsaimniecību un lauku. Tas nozīmē, ka attālums un platība pēc būtības ir tikai aptuveni rādītājs, kas nesniedz pilnu priekšstatu par reālo iedarbību. Tāpat jāņem vērā, ka biotopi var telpiski pārklāties, radot kolinearitāti starp dažādiem attāluma mainīgajiem, ko pilnībā izslēgt nevar, pat ja korelāciju un VIF analīzes rezultāti bija pieņemami.

No tehniskajiem ierobežojumiem būtiski atzīmējams ir attāluma mainīgo uzskaitē. Lai arī attālumi līdz ainaviskajiem elementiem tika mērīti metros, visiem objektiem, kas atradās tālāk par 1000 metriem, tika piešķirta vērtība "0". Tas nozīmē, ka mainīgais nav pilnībā nepārtraukts un zaudē spēju atšķirt reālās attāluma nianšes ārpus šī rādiusa, kas var ietekmēt gan analīzes precizitāti, gan interpretāciju.

Bioloģiskās analīzes arī balstās uz īstermiņa ekspozīcijas novērtējumu. Pesticīdi urīnā saglabājas salīdzinoši īsu laiku, līdz ar to iegūtie dati atspoguļo īslaicīgu iedarbību, nevis hronisku ekspozīciju. Turklāt, lai gan analizēts plašs pesticīdu klāsts, iespējams, ka daļa savienojumu nav iekļauti analītiskajā panelī, tāpēc kopējā ekspozīcija var būt daļēji nenovērtēta.

SECINĀJUMI

Pamatojoties uz izvirzīto darba mērķi un uzdevumiem, kā arī iegūtajiem rezultātiem, var izdarīt sekojošus secinājumus:

1. Darba rezultāti daļēji apstiprina izvirzīto hipotēzi – dzīvesvietas tuvums konkrētiem biomiem, piemēram, purvam, bija saistīts ar noteiktu pesticīdu klātbūtnes izmaiņām urīnā, savukārt kopējais pesticīdu skaits nebija nozīmīgi saistīts ar tuvumu vai platību lauksaimniecības teritorijām.
2. Netika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirība kopējā detektēto pesticīdu skaitā starp indivīdiem, kas dzīvo tuvāk vai tālāk no lauksaimniecības zemēm, kas norāda, ka platība un attālums vieni paši nav pietiekami ekspozīcijas rādītāji.
3. Sezonālās atšķirības pesticīdu detekcijā netika konstatētas, kas liecina par ierobežotu sezonas ietekmi uz īstermiņa biomarkšiem vai nepietiekamu paraugu ievākšanas laika sensitivitāti.
4. Bērniem urīnā tika konstatēts būtiski lielāks detektēto pesticīdu skaits salīdzinājumā ar pieaugušajiem, kas apstiprina literatūrā norādīto paaugstināto jutību bērnu vecumā.
5. Tuvums purvam bija saistīts ar samazinātu iespējamību konstatēt acetamiprīdu urīnā, kas norāda uz iespējamu biotopu buferfunkciju.
6. Lielāka ūdenstilpņu un dārzu platība, kā arī zaļmasu tuvums dzīvesvietai bija pozitīvi saistīti ar hlorprofāma klātbūtni urīnā, kas var liecināt par specifiskām izplatības ceļa sakarībām.
7. Purva platības pieaugums dzīvesvietas tuvumā bija saistīts ar paaugstinātu boskalīda detekcijas risku, kas liecina, ka biotopu ietekme var būt atšķirīga dažādiem pesticīdiem.
8. Ģeotelpiskie rādītāji kopumā uzrādīja vāju korelāciju ar pesticīdu skaitu vai klātbūtni, kas norāda uz nepieciešamību izvērtēt papildus faktorus, piemēram, dzīvesveidu, uztura paradumus vai meteoroloģiskos apstākļus.

Priekšlikumi

1. Ieteicams iekļaut papildus mainīgos, kas atspoguļo individuālus ekspozīcijas ceļus, piemēram, uzturs, nodarbošanās, pašpatēriņš, lai labāk diferencētu pesticīdu avotus.
2. Ieteicams izmantot ilgtermiņa biomonitoringa stratēģijas ar vairākiem laika punktiem gadā, kas atspoguļotu sezonālās ietekmes precīzāk.

3. Paplašināt ģeotelpiskos mērījumus virs 1000 m rādiusa un ņemt vērā vides faktorus (vēja virziens, reljefs), kas var būtiski ietekmēt pesticīdu driftu.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Ahmad, Md Faruque , Fakhruddin Ali Ahmad, Abdulrahman A Alsayegh, Md Zeyauallah, Abdullah M AlShahrani, Khursheed Muzammil, Abdullah Ali Saati, et al. 2024. "Pesticides Impacts on Human Health and the Environment with Their Mechanisms of Action and Possible Countermeasures." *Heliyon* 10 (7): e29128–28. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29128>. [atsauce 25.03.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024051594>
2. Alaoui, Abdallah, Florian Christ, Nelson Abrantes, Vera Silva, Neus González, Lingtong Gai, Paula Harkes, et al. 2024. "Assessing Pesticide Residue Occurrence and Risks in the Environment across Europe and Argentina." *Environmental Pollution*, October, 125056–56. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125056>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749124017718>
3. Arvidsson, Tommy, Lars Bergström, and Jenny Kreuger. 2011. "Spray Drift as Influenced by Meteorological and Technical Factors." *Pest Management Science* 67 (5): 586–98. <https://doi.org/10.1002/ps.2114>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21472973/>
4. Attaullah, Mohammad, Masarrat J. Yousuf, Sohail Shaukat, Syed Ishtiaq Anjum, Mohammad Javed Ansari, Islam Dad Buner, Muhammad Tahir, Muhammad Amin, Naveed Ahmad, and Shahid Ullah Khan. 2018. "Serum Organochlorine Pesticides Residues and Risk of Cancer: A Case-Control Study." *Saudi Journal of Biological Sciences* 25 (7): 1284–90. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.023>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6252000/>
5. Avotniece-Vīksna, Zanīta, Ilona Beizītere un Inese Grumolte-Lerhe. 2022. *Augu aizsardzības līdzekļu lietojuma samazināšana: situācija Latvijā un nodoklis kā risinājums ārvalstīs*. Rīga: Latvijas Republikas Saeima. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: https://www.saeima.lv/petijumi/Augu_aizsardzibas_lidzeklu_lietojuma_samazinana.pdf
6. Berny, Philippe. 2007. "Pesticides and the Intoxication of Wild Animals." *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 30 (2): 93–100. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2007.00836.x>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2885.2007.00836.x>
7. Boonupara, Thirasant, Patchimaporn Udomkun, Eakalak Khan, and Puangrat Kajitvichyanukul. 2023. "Airborne Pesticides from Agricultural Practices: A Critical Review of Pathways, Influencing Factors, and Human Health Implications." *Toxics* 11 (10): 858. <https://doi.org/10.3390/toxics11100858>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/10/858>
8. Botías, Cristina, Kate Basley, Elizabeth Nicholls, and Dave Goulson. 2019. "Impact of Pesticide Use on the Flora and Fauna of Field Margins and Hedgerows." Routledge EBooks, February, 90–109. <https://doi.org/10.4324/9781315121413-5>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: https://www.researchgate.net/publication/330931591_Impact_of_pesticide_use_on_the_flora_and_fauna_of_field_margins_and_hedgerows
9. Chen, Haiyan, Xiaohua Liang, Li Chen, Lei Zuo, Kuncai Chen, Yuehong Wei, Shouyi Chen, and Guang Hao. 2022. "Associations between Household Pesticide Exposure, Smoking and Hypertension." *Frontiers in Public Health* 10 (February).

- <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.754643>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8902065/>
10. Chen, Shengde, Yubin Lan, Zhiyan Zhou, Fan Ouyang, Guobin Wang, Xiaoyu Huang, Xiaoling Deng, and Shengnan Cheng. 2020. "Effect of Droplet Size Parameters on Droplet Deposition and Drift of Aerial Spraying by Using Plant Protection UAV." *Agronomy* 10 (2): 195. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020195>. [atsauce 26.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/195>
 11. Chevrier, Cécile, Tania Serrano, Rémi Lecerf, Gwendolina Limon, Claire Petit, Christine Monfort, Laurence Hubert-Moy, Gaël Durand, and Sylvaine Cordier. 2014. "Environmental Determinants of the Urinary Concentrations of Herbicides during Pregnancy: The PELAGIE Mother–Child Cohort (France)." *Environment International* 63 (February): 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.010>. [atsauce 01.06.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412013002250>
 12. Chiu, Yu-Han, Paige L. Williams, Matthew W. Gillman, Audrey J. Gaskins, Lidia Mínguez-Alarcón, Irene Souter, Thomas L. Toth, Jennifer B. Ford, Russ Hauser, and Jorge E. Chavarro. 2018. "Association between Pesticide Residue Intake from Consumption of Fruits and Vegetables and Pregnancy Outcomes among Women Undergoing Infertility Treatment with Assisted Reproductive Technology." *JAMA Internal Medicine* 178 (1): 17. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2017.5038>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/2659557>
 13. Cohen, Jacob. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. [atsauce 27.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.utstat.toronto.edu/brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
 14. Degrendele, Céline, Jana Klánová, Roman Prokeš, Petra Příbylová, Petr Šenk, Marek Šudoma, Martin Rössli, Mohamed Aqiel Dalvie, and Samuel Fuhrmann. 2022. "Current Use Pesticides in Soil and Air from Two Agricultural Sites in South Africa: Implications for Environmental Fate and Human Exposure." *Science of the Total Environment* 807 (February): 150455. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150455>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721055327>
 15. Dereumeaux, Clémentine, Clémence Fillol, Philippe Quenel, and Sébastien Denys. 2020. "Pesticide Exposures for Residents Living close to Agricultural Lands: A Review." *Environment International* 134 (January): 105210. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105210>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019314898>
 16. EFSA (European Food Safety Authority) Arena M, Auteri D, Barmaz S, Bellisai G, Brancato A, Brocca D, Bura L, Byers H, Chiusolo A, Court Marques D, Crivellente F, De Lentdecker C, De Maglie M, Egsmose M, Erdos Z, Fait G, Ferreira L, Goumenou M, Greco L, Ippolito A, Istace F, Jarrah S, Kardassi D, Leuschner R, Lythgo C, Magrans JO, Medina P, Miron I, Molnar T, Nougadere A, Padovani L, Parra Morte JM, Pedersen R, Reich H, Sacchi A, Santos M, Sera fimova R, Sharp R, Stanek A, Streissl F, Sturma J, Szentes C, Tarazona J, Terron A, Theobald A, Vagenende B, Verani A and Villamar-Bouza L, 2017. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance chlorpropham. EFSA Journal 2017;15(7):4903, 25 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4903> [atsauce 01.06.2025.] Pieejams internetā: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2017.4903>
 17. Fantke, Peter, Brenda W. Gillespie, Ronnie Juraske, and Olivier Jolliet. 2014. "Estimating Half-Lives for Pesticide Dissipation from Plants." *Environmental Science & Technology*

- 48 (15): 8588–8602. <https://doi.org/10.1021/es500434p>. [atsauce 26.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es500434p>
18. Galea, Karen S, Laura MacCalman, Kate Jones, John Cocker, Paul Teedon, John W Cherrie, and Martie van Tongeren. 2015. “Urinary Biomarker Concentrations of Captan, Chlormequat, Chlorpyrifos and Cypermethrin in UK Adults and Children Living near Agricultural Land.” *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 25 (6): 623–31. <https://doi.org/10.1038/jes.2015.54>. [atsauce 01.06.2025.] Pieejams internetā: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26374656/>
 19. Goodrich, Amanda J., Daniel J. Tancredi, Yunin J. Ludeña, Deborah H. Bennett, Irva Hertz-Picciotto, and Rebecca J. Schmidt. 2025. “Professionally and Non-Professionally Applied Household Insecticides during Pregnancy and Early Life and Their Associations with Autism Spectrum Disorder and Developmental Delay in the CHARGE Case-Control Study.” *Environmental Research* 267 (February): 120651. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120651>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935124025556>
 20. Grella, Marco, Montserrat Gallart, Paolo Marucco, Paolo Balsari, and Emilio Gil. 2017. “Ground Deposition and Airborne Spray Drift Assessment in Vineyard and Orchard: The Influence of Environmental Variables and Sprayer Settings” *Sustainability* 9, no. 5: 728. <https://doi.org/10.3390/su9050728>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/5/728>
 21. Habran, Sarah, Arnaud Giusti, Anne Galloy, Guy Gérard, Alain Delvaux, Olivier Pigeon, and Suzanne Remy. 2024. “Spatial and Temporal Variations of Currently Used Pesticides (CUPs) Concentrations in Ambient Air in Wallonia, Belgium.” *Chemosphere* 351 (January): 141241. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141241>. [atsauce 01.06.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653524001346?via%3Dihub>
 22. Hernández, Antonio F., Beatriz González-Alzaga, Inmaculada López-Flores, and Marina Lacasaña. 2016. “Systematic Reviews on Neurodevelopmental and Neurodegenerative Disorders Linked to Pesticide Exposure: Methodological Features and Impact on Risk Assessment.” *Environment International* 92-93 (July): 657–79. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.020>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26896854/>
 23. Huber, Carolin, Rosalie Nijssen, Hans Mol, Jean Philippe Antignac, Martin Krauss, Werner Brack, Kevin Wagner, et al. 2022. “A Large Scale Multi-Laboratory Suspect Screening of Pesticide Metabolites in Human Biomonitoring: From Tentative Annotations to Verified Occurrences.” *Environment International* 168 (August): 107452–52. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107452>. [atsauce 27.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412022003798>
 24. Italia, Sebastiano, Silvia Vivarelli, Michele Teodoro, Chiara Costa, Concettina Fenga, and Federica Giambò. 2024. “Effects of Pesticide Exposure on the Expression of Selected Genes in Normal and Cancer Samples: Identification of Predictive Biomarkers for Risk Assessment.” *Environmental Toxicology and Pharmacology* 110 (August): 104524–24. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104524>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668924001649>
 25. Kannan, Narayanan. 2023. “An Analysis of the Climate Change Effects on Pesticide Vapor Drift from Ground-Based Pesticide Applications to Cotton.” *Scientific Reports* 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36941-4>. [atsauce 26.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-36941-4>

26. Karalexi, Maria A., Christos F. Tagkas, Georgios Markozannes, Xanthippi Tseretopoulou, Antonio F. Hernández, Joachim Schüz, Thorhallur I. Halldorsson, et al. 2021. "Exposure to Pesticides and Childhood Leukemia Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Environmental Pollution* 285 (September): 117376. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117376>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121009581>
27. Landrigan, P J, L Claudio, S B Markowitz, G S Berkowitz, B L Brenner, H Romero, J G Wetmur, et al. 1999. "Pesticides and Inner-City Children: Exposures, Risks, and Prevention." *Environmental Health Perspectives* 107 (suppl 3): 431–37. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107s3431>. [atsauce 27.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1566233/pdf/envhper00520-0047.pdf>
28. Lazarević-Pašti, Tamara, Vedran Milanković, Tamara Tasić, Sandra Petrović, and Andreja Leskovic. 2025. "With or without You?—a Critical Review on Pesticides in Food." *Foods* 14 (7): 1128. <https://doi.org/10.3390/foods14071128>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/7/1128>
29. Marfo, Jemima Tiwaa, Kazutoshi Fujioka, Yoshinori Ikenaka, Shouta M. M. Nakayama, Hazuki Mizukawa, Yoshiko Aoyama, Mayumi Ishizuka, and Kumiko Taira. 2015. "Relationship between Urinary N-Desmethyl-Acetamiprid and Typical Symptoms Including Neurological Findings: A Prevalence Case-Control Study." Edited by Shu-ichi Okamoto. *PLOS ONE* 10 (11): e0142172. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142172>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26535579/>
30. Mavougou, Sandra, Paula Rios, Hélène Pacquement, Marie Nolla, Charlotte Rigaud, Mathieu Simonin, Yves Bertrand, et al. 2020. "Maternal Exposure to Pesticides and Risk of Childhood Lymphoma in France: A Pooled Analysis of the ESCALE and ESTELLE Studies (SFCE)." *Cancer Epidemiology* 68 (October): 101797. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2020.101797>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877782120301314>
31. Mi, Kun, and Zhoumeng Lin. 2025. "Chemical Risk Assessment in Food Animals via Physiologically Based Pharmacokinetic Modeling – Part II: Environmental Pollutants on Animal and Human Health Assessments." *Environment International* 198 (April): 109372. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109372>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412025001230>
32. Mostafalou, Sara, and Mohammad Abdollahi. 2013. "Pesticides and Human Chronic Diseases: Evidences, Mechanisms, and Perspectives." *Toxicology and Applied Pharmacology* 268 (2): 157–77. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2013.01.025>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041008X13000549>
33. Nguyen, A, C.M Crespi, X Vergara, and L. Kheifets. 2023. "Pesticides as a Potential Independent Childhood Leukemia Risk Factor and as a Potential Confounder for Electromagnetic Fields Exposure." *Environmental Research* 238 (August): 116899–99. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116899>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123017036>
34. Ottenbros, Ilse, Erik Lebre, Carolin Huber, Arjen Lommen, Jean-Philippe Antignac, Pavel Čupr, Libor Šulc, et al. 2023. "Assessment of Exposure to Pesticide Mixtures in Five European Countries by a Harmonized Urinary Suspect Screening Approach." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 248 (March): 114105. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114105>. [atsauce 13.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463922001882>

35. Pathak, Vinay Mohan, Vijay K. Verma, Balwant Singh Rawat, Baljinder Kaur, Neelesh Babu, Akansha Sharma, Seeta Dewali, et al. 2022. "Current Status of Pesticide Effects on Environment, Human Health and It's Eco-Friendly Management as Bioremediation: A Comprehensive Review." *Frontiers in Microbiology* 13 (962619). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9428564/>
36. Poh, Christina, John D. McPherson, Joseph Tuscano, Qian Li, Arti Parikh-Patel, Christoph F Vogel, Myles Cockburn, and Theresa Keegan. 2021. "Effect of Pesticide Exposure on Non-Hodgkin Lymphoma Incidence and Survival in California." *Blood* 138 (December): 5006. <https://doi.org/10.1182/blood-2021-147012>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006497121068981>
37. Rani, Lata, Komal Thapa, Neha Kanojia, Neelam Sharma, Sukhbir Singh, Ajmer Singh Grewal, Arun Lal Srivastav, and Jyotsna Kaushal. 2020. "An Extensive Review on the Consequences of Chemical Pesticides on Human Health and Environment." *Journal of Cleaner Production* 283 (124657): 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620347016>
38. Reilly, Timothy J, Kelly L Smalling, James L Orlando, and Kathryn M Kuivila. 2012. "Occurrence of Boscalid and Other Selected Fungicides in Surface Water and Groundwater in Three Targeted Use Areas in the United States" 89 (3): 228–34. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.04.023>. [atsauce 01.06.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653512005218>
39. Sanchi, I. D., Y. J. Alhassan, M. S. Utono, M. Abubakar, un S. Y. Musa. 2021. "Economic Impact of Pesticides Application on Farms to Improve Agricultural Output: A Critical Review." *Global Journal of Environmental Science and Technology* 9 (7): 91–97. [atsauce 02.05.2025.] Pieejams internetā: https://www.researchgate.net/profile/Yohanna-Alhassan/publication/354021481_Economic_Impact_Of_Pesticides_Application_On_Farms_To_Improve_Agricultural_Output_A_Critical_Review/links/611f29320c2bfa282a58abb6/Economic-Impact-Of-Pesticides-Application-On-Farms-To-Improve-Agricultural-Output-A-Critical-Review.pdf
40. Singh, Brajesh K., Allan Walker, J. Alun W. Morgan, and Denis J. Wright. 2003. "Effects of Soil PH on the Biodegradation of Chlorpyrifos and Isolation of a Chlorpyrifos-Degrading Bacterium." *Applied and Environmental Microbiology* 69 (9): 5198–5206. <https://doi.org/10.1128/aem.69.9.5198-5206.2003>. [atsauce 26.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC194978/>
41. Teyssie, Raphaëlle, Guyguy Manangama, Isabelle Baldi, Camille Carles, Patrick Brochard, Carole Bedos, and Fleur Delva. 2021. "Determinants of Non-Dietary Exposure to Agricultural Pesticides in Populations Living close to Fields: A Systematic Review." *Science of the Total Environment* 761 (March): 143294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143294>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972036825X>
42. Thammineni, Krishna Latha, Gaurav K. Thakur, Basu Dev Banerjee, and Navneet Kaur. 2025. "Breast Adipose Tissue Level of Organochlorine Pesticides as a Risk Factor in Breast Cancer: A Cross Sectional Study in North Indian Females." *Chemosphere* 377 (April): 144339. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144339>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653525002814>

43. Tudi, Muyesaier, Huada Daniel Ruan, Li Wang, Jia Lyu, Ross Sadler, Des Connell, Cordia Chu, and Dung Tri Phung. 2021. "Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (3). <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7908628/>
44. Valsts augu aizsardzības dienests (VAAD). 2021. *Latvijā ir vieni no viszemākajiem augu aizsardzības līdzekļu lietošanas apjomiem ES*. Publicēts 23.04.2021. [atsauce 01.06.2025.] Pieejams internetā: <https://www.vaad.gov.lv/lv/jaunums/latvija-ir-vieni-no-viszemakajiem-augu-aizsardzibas-lidzeklu-lietosanas-apjomiem-es>
45. Venners, Scott A., Susan Korrick, Xiping Xu, Changzhong Chen, Wenwei Guang, Aiqun Huang, Larisa Altshul, Melissa Perry, Lingling Fu, and Xiaobin Wang. 2005. "Preconception Serum DDT and Pregnancy Loss: A Prospective Study Using a Biomarker of Pregnancy." *American Journal of Epidemiology* 162 (8): 709–16. <https://doi.org/10.1093/aje/kwi275>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://academic.oup.com/aje/article-abstract/162/8/709/122451?redirectedFrom=fulltext>
46. Vessa, Blake, Barry Perlman, McGovern Peter G, and Sara S. Morelli. 2022. "Endocrine Disruptors and Female Fertility: A Review of Pesticide and Plasticizer Effects." *F&S Reports* 3 (2). <https://doi.org/10.1016/j.xfre.2022.04.003>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35789730/>
47. *WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification, 2019 Edition*. 2020. World Health Organization. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/332193/9789240005662-eng.pdf?sequence=1>
48. Xu, Yujing, Yufeng Zhang, Quan Tao, Quanwei Sun, Yuyu Zheng, Dengke Yin, and Ye Yang. 2023. "A Possible but Unrecognized Risk of Acceptable Daily Intake Dose Triazole Pesticides Exposure—Bile Acid Disturbance Induced Pharmacokinetic Changes of Oral Medication." *Chemosphere* 322 (February): 138209. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138209>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523004769>
49. Yan, Dandan, Yunjian Zhang, Liegang Liu, and Hong Yan. 2016. "Pesticide Exposure and Risk of Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Scientific Reports* 6 (September). <https://doi.org/10.1038/srep32222>. [atsauce 04.05.2025.] Pieejams internetā: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5007474/>
50. Zafeiriou, Eleni, Christos Karelakis, Inmaculada Martínez-Zarzoso, Κωνσταντίνος Γαλανόπουλος, and Dimitra Gkika. 2023. "Economic Development and Pesticide Use in EU Agriculture: A Nonlinear Panel Data Autoregressive Distributed Lag Approach." *Agriculture* 13 (9): 1693–93. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091693>. [atsauce 02.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/9/1693>
51. Zaller, Johann G., Maren Kruse-Platz, Ulrich Schlechtriemen, Edith Gruber, Maria Peer, Imran Nadeem, Herbert Formayer, Hans-Peter Hutter, and Lukas Landler. 2022. "Pesticides in Ambient Air, Influenced by Surrounding Land Use and Weather, Pose a Potential Threat to Biodiversity and Humans." *Science of the Total Environment* 838 (September): 156012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156012>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722031096>
52. Zhang, Xiaoyu, and Zijian Li. 2024. "Modeling the Impact of Pesticide Drift Deposition on Off-Field Non-Target Receptors." *Chemosphere* 365 (October): 143363. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143363>. [atsauce 21.04.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653524022616>

53. Zhao, Yang, Zhou Zhu, Qinru Xiao, Zihan Li, Xiaohong Jia, Wanting Hu, Kuancheng Liu, and Shaoyou Lu. 2022. "Urinary Neonicotinoid Insecticides in Children from South China: Concentrations, Profiles and Influencing Factors." *Chemosphere* 291 (March): 132937. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132937>. [atsauce 17.05.2025.] Pieejams internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521034093>

PIELIKUMI

1. pielikums

Rīgas Stradiņa universitātes Pētījumu ētikas komitejas lēmums

Veidlapa Nr. E-9(3)
APSTIPRINĀTA
ar Rīgas Stradiņa universitātes rektora
2018. gada 26. septembra rīkojumu Nr. 5-1/238/2018

Rīgas Stradiņa universitātes Pētījumu ētikas komitejas **LĒMUMS** Rīgā

28.03.2019.

Nr.6-3/3/ 48

Komitejas sastāvs	Kvalifikācija	Nodarbošanās
1. Profesors Olafs Brūvers	Dr.theo.	teologs
2. Asoc.prof. Santa Purviņa	Dr.med.	farmakologs
3. Asoc.prof. Voldemārs Arnis	Dr.biol.	rehabilitologs
4. Professore Regīna Kleina	Dr.med.	patalogs
5. Profesors Guntars Pupelis	Dr.med.	ķirurgs
6. Asoc.prof. Viesturs Līguts	Dr.med.	toksikologs
7. Docente Iveta Jankovska	Dr.med.	ortodonts
8. Docents Kristaps Circenis	Dr.med.	docētājs
9. Lektore Ilvija Razgale	Mg.soc.d.	docētājs

Pieteikuma iesniedzējs/i: Žanna Martinsone, vadošā pētniece ar pētnieku grupu
Darba drošības un vides veselības institūts

Pētījuma / pētnieciskā darba nosaukums: “Projekta - Eiropas cilvēku biomonitoringa iniciatīva (HBM4EU) SPECIMEn pētījums – Survey on PEStiCide Mixtures in Latvia”

Iesniegšanas datums: 28.03.2019.

Pētījuma protokols: Izskatot augstāk minētā pētījuma pieteikuma materiālus (protokolu) ir redzams, ka pētījuma etapā mērķis tiek sasniegts veicot dalībnieku aptauju un urīna paraugu ņemšanu, iegūto datu apstrādi un analīzi, kā arī izsakot priekšlikumus. Personu (dalībnieku) datu izmantošana, glabāšana, aizsardzība, informēta brīvprātīga piedalīšanās un konfidencialitāte ir ievērota un nodrošināta. Līdz ar to pieteikums atbilst pētījuma ētikas prasībām.

Komitejas lēmums: piekrist pētījumam

Komitejas priekšsēdētājs Olafs Brūvers

Tituls: Dr. miss., prof.

Paraksts



I.Bēniņa
67061596