

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Lauksaimniecības fakultāte
Dzīvnieku zinātņu institūts

**VIETĒJO APDRAUDĒTO ŠĶIRŅU EFEKTĪVĀS
POPULĀCIJAS APJOMA IETEKME UZ
INBRĪDINGA PIEAUGUMU**

PĀRSKATS

JELGAVA
2019

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Lauksaimniecības fakultāte
Dzīvnieku zinātņu institūts

**Vietējo apdraudēto šķirņu efektīvās populācijas
apjoma ietekme uz inbrīdinga pieaugumu**

Līgumprojekta Nr. S359

LAD lēmuma Nr. 10.9.1-11/19/1743-e

Iesnieguma reģistrācijas Nr. 19-00-SOINV05-000026

PĀRSKATS

Projekta vadītāja, Dr. agr., profesoreD. Jonkus

SATURS

| | |
|--|----|
| IEVADS | 4 |
| 1. PROJEKTA TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS | 5 |
| 2. PROJEKTA IZPILDĒ IESAISTĪTĀS DARBINIEKI UN PIEŠĶIRTAIS FINANSĒJUMS | 6 |
| 3. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODIKA | 7 |
| 3.1. Pētījuma materiāls | 7 |
| 3.1.1. Latvijas brūnā šķirne | 7 |
| 3.1.2. Latvijas zilā šķirne | 9 |
| 3.1.3. Latvijas vietējās šķirnes kazas | 10 |
| 3.2. Pētījumu metodika | 11 |
| 4. PĒTĪJUMA REZULTĀTI | 14 |
| 4.1. Latvijas brūnās šķirnes dzīvnieku populācijas analīze | 14 |
| 4.1.1. Latvijas brūnās šķirnes dzīvnieku izcelšanās kvalitātes analīze | 14 |
| 4.1.2. Inbrīdings Latvijas brūnajā šķirnē | 14 |
| 4.1.3. LB šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums | 17 |
| 4.2. Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku populācijas analīze | 19 |
| 4.2.1. Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku izcelšanās kvalitātes analīze | 19 |
| 4.2.2. Inbrīdings Latvijas zilajā šķirnē | 20 |
| 4.2.3. Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums | 23 |
| 4.3. Latvijas vietējās šķirnes kazu populācijas analīze | 25 |
| 3.3.1. LVK šķirnes kazu izcelšanās kvalitātes analīze | 25 |
| 3.3.2. Inbrīdings LVK šķirnes kazu populācijā | 26 |
| 4.3.3. Latvijas vietējās šķirnes kazu efektīvās populācijas lielums | 29 |
| SECINĀJUMI | 32 |
| IETEIKUMI | 33 |
| IZMANTOTĀ LITERATŪRA | 34 |

IEVADS

Ģenētiskā daudzveidība, ko novērojam dzīvnieku populācijās, ir svarīgs faktors produktu ražošanas tālākai attīstībai un ražošanas procesa efektivitātei. Ģenētiskā mainība piedāvā populācijām resursu, lai tās varētu adaptēties mainīgos ražošanas apstākļos.

Ģenētiskā daudzveidība ir reāla vērtība gan tagad, gan būs tāda arī nākotnē. Specifiskiem vides apstākļiem piemērotu šķirņu trūkums var izraisīt eroziju, ko nevarēs atjaunot. Tāpēc globāli ļoti svarīgs uzdevums ir noteikt prioritātes šķirņu saglabāšanā. Selekcijas stratēģijām, kas piedāvās ģenētiskās daudzveidības saglabāšanu adaptācijai nākotnē, būtu jāpastāv visās audzēšanas shēmās.

Apzinoties ģenētiskās daudzveidības nozīmīgumu, tika pieņemta Riodežaneiro konvencija (Apvienoto Nāciju Organizācija, 1992) par bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu. Arī Latvija ir pievienojusies šai konvencijai.

Latvijā par lauksaimniecības dzīvnieku vietējām, apdraudētām šķirnēm, jeb ģenētisko resursu populācijām atzītas: Latvijas brūnās un Latvijas Zilās šķirnes govīs, Latvijas vietējās šķirnes kazas, Latvijas tumšgalves šķirnes aitas, Latvijas Baltās šķirnes cūkas un Latvijas siltasiņu zirgu šķirnes braucamā tips.

Pēdējo desmitgažu laikā dažādās valstīs ir veikti pētījumi, lai novērtētu vietējo dzīvnieku šķirņu populāciju lielumu un vērtētu ģenētiskos procesus, kādi notiek vietējās, apdraudētās populācijās.

Iepriekšējā laika periodā Latvijā nav veikta apdraudēto šķirņu efektīvās populācijas un inbrīdīga koeficienta aprēķināšana (izņemot Latvijas zilās šķirnes govīs, 2013. g.), līdz ar to nav skaidrs, kādi pasākumi jāveic, lai vietējās šķirnēs iespēju robežās izvairītos no efektīvās populācijas lieluma samazināšanās un inbrīdīga koeficienta pieauguma.

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Dzīvnieku zinātņu institūtā īstenotā projekta “**Vietējo apdraudēto šķirņu efektīvās populācijas apjoma ietekme uz inbrīdīga pieaugumu**” mērķis bija: Noteikt efektīvās populācijas lielumu un prognozēt iekšaudzēšanas (inbrīdīga) pieaugumu dažādu sugu vietējām apdraudētajām šķirnēm Latvijā.

Pētījuma mērķa sasniegšanai **izvirzīti sekojoši uzdevumi:**

- apzināt vietējās, apdraudētās šķirnēs kopējo sievišķo un vīrišķo īpatņu skaitu, un to īpatņu skaitu, kuri tiek izmantoti nākamās paaudzes ieguvei;
- noteikt efektīvās populācijas lielumu dažādām šķirnēm;
- veikt iekšaudzēšanas (inbrīdīga) pakāpes noteikšanu vietējās apdraudētajās šķirnēs;
- prognozēt inbrīdīga pieaugumu vietējās apdraudētajās šķirnēs atkarībā no efektīvās populācijas lieluma;
- izstrādāt ieteikumus pāru atlasē veidošanai vietējās apdraudētajās šķirnēs.

Projekta izpildei paredzēti divi gadi, 2019. un 2020. gads, tādēļ pirmajā pētījumu gadā veicām Latvijas brūnās (LB) un Latvijas zilās (LZ) šķirnes govju un Latvijas vietējās šķirnes kazu (LVK) efektīvās populācijas lieluma un inbrīdīga izvērtēšanu.

1. PROJEKTA TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS

Pētījumos ir pierādīts, ka daudzas no Eiropā esošajām ģenētisko resursu populācijām ir apdraudētas nelielā dzīvnieku skaita dēļ. Turklāt ne visi populācijās esošie dzīvnieki ir iesaistīti pēcnācēju radīšanā. Tādēļ, analizējot ģenētiskos procesus populācijās, vispirms ir jānoskaidro, katras saglabājamās šķirnes efektīvās populācijas lielums (N_e), tas ir dzīvnieku skaits, kuri piedalās pēcnācēju radīšanā. Mazās populācijās dzīvnieku skaits, kuri piedalās pēcnācēju radīšanā, ir ierobežots, līdz ar to samazinās populācijas ģenētiskā daudzveidība. Ģenētiskās daudzveidības novērtēšanai ir nepieciešama informācija par dzīvnieku izcelšanos. Izcelšanās datu analīze ir laba metode, lai pārbaudītu populācijas ģenētisko struktūru un aprakstītu ģenētisko daudzveidību populācijās. Mazās populācijās pārojamie dzīvnieki var būt savstarpēji radnieciski, cēlušies no kopīga priekšteča. Radnieciskiem dzīvniekiem pastāv iespēja no kopējā priekšteča saņemt vairākas vienādas alēles noteiktos gēnu lokusus. Ilgstoši veicot radniecisku dzīvnieku pārošanu, populācijā palielinās ģenētiskā homozigotība, kas var radīt paaugstinātu ģenētisko mutāciju fenotipisko izpausmi.

Lai noskaidrotu radniecīgu dzīvnieku pārošanas rezultātā iegūtā pēcnācēja gēnu homozigotības pieaugumu, jau 1922. gadā zinātnieks S. Raits (S. Wright, 1922) ieteica formulu inbrīdinga koeficienta (F_x) aprēķināšanai. Inbrīdings palielina varbūtību, ka pēcnācējiem varēs iedzimt identiska alēle no mātes un tēva puses. Rezultātā var samazināties heterozigotība populācijas indivīdos, un pēcnācēju un vecāku ģenētiskā līdzība būs lielāka par 0.50 vai 50%. Palielinoties inbrīdinga koeficienta vērtībai, kvantitatīvo pazīmju vidējās vērtības parasti samazinās, ko sauc par inbrīdinga depresiju (Gulisija, Gianola, Weigel, 2007). Ja tiek pāroti radniecīgi dzīvnieki, piemēram, pusbrālis ar pusmāsu, jeb pussibi, vai vecaistēvs ar mazmeitu, tad to pēcnācējiem inbrīdinga koeficients būs 12.5%. Ja F_x ir 25%, tad pāroti vecāki ar bērniem vai māsas ar brāļiem (Swartz, Massey, 2007). Zinātnieki noskaidrojuši, ka inbrīdinga depresija ietekmē pasliktinās dzīvnieku produktīvās un reproduktīvās īpašības. Piemēram, tiek ietekmēta bulļu auglība un spermas kvalitāte (Margulis, Walsh, 2002). Govīm samazinās produktivitāte, auglība, dzīvi dzimušo teļu skaits, tai pašā laikā palielinās apsēklošanas un veterinārās izmaksas, kā arī vērojamas dažādas ģenētiskās kļūdas (Leory, 2014; Ferenčakovič, Solkner, Kapš et al., 2017; Martikainen, Sironen, Uimari, 2018).

Tāpēc daudzās valstīs dzīvnieku ģenētisko resursu populācijās paredzēta pastāvīga aktīvo vaislas populāciju uzraudzība aprēķinot N_e un F_x .

Audzējot dzīvniekus, ieteicams saglabāt N_e vismaz no 50 līdz 100 (Meuwissen, 1999; Sorensen et al., 2005). Tāpēc, lai īstenotu ģenētisko uzlabošanu, izšķiroša nozīme var būt efektīvās populācijas lielumam (N_e) un regulārai inbrīdinga kontrole (Ponzoni et al., 2010).

2. PROJEKTA IZPILDĒ IESAISTĪTIE DARBINIEKI UN IZPILDES LAIKA GRAFIKS

Projekta izpildē iesaistīta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātes Dzīvnieku zinātņu institūta un Lauksaimniecības datu centrs.

Kopā iesaistīti četri darbinieki (1.tabula).

2.1.tabula

Projektā iesaistītie darbinieki

| Vārds, uzvārds | Amats, zinātniskais grāds | Zinātniskā institūcija | Darba slodze (procentos) un konkrētie pienākumi |
|----------------|--|-----------------------------|--|
| Daina Jonkus | Prof., vadošā pētniece, Dr. agr. | LLU Dzīvnieku zinātņu inst. | 20%, projekta vadītāja, datu apkopošana un interpretācija |
| Līga Paura | Prof., vadošā pētniece, Dr. agr | LLU Vadības sistēmu katedra | 20% datu bāžu pielāgošana un datu matemātiskā apstrāde |
| Ieva Blumberga | Asisistente, Bc.agr., 2. kursa maģistrante | LLU Lauksaimniecības fak. | 20%, literatūras apskata veidošana, datu bāzes veidošana |
| Ingus Grauziņš | Asistents Bc. Informācijas tehn. | LDC | 20% datu bāzes sagatavošanas no LDC pieejamās informācijas |

Projekta izpildei 2019. gadā tika piešķirti 10 000.00 EUR.

Projekta izpildes laika grafiks un veicamie darba uzdevumi redzami 2.2. tabulā.

2.2.tabula

Projekta izpildes laika grafiks 2019. gadā

| Darba uzdevumi | Darba uzdevumu īstenošanas laiks (gada mēneši) | | | | | |
|--|--|-----|------|----|---|----|
| | VI | VII | VIII | IX | X | XI |
| Literatūras studijas, projekta rakstīšana pētījuma plānošana | X | X | | | | |
| Datu bāzes veidošana no LDC datu bāzes par Latvijas zilās un Latvijas brūnās šķirnes govīm un Latvijas vietējai kazu šķirnei | | X | X | X | | |
| Datu bāžu pielāgošana programmas prasībām | | | X | X | | |
| Datu matemātiskā apstrāde, efektīvās populācijas lieluma aprēķināšana | | | X | X | X | |

| | | | | | | |
|---|--|--|----------|----------|----------|----------|
| Datu matemātiskā apstrāde, inbrīdinga koeficienta aprēķināšana | | | X | X | X | |
| Zinātniskā raksta gatavošana un iesniegšana | | | | | X | X |
| Projekta pirmā gada rezultātu apkopošana un interpretācija, noslēguma atskaites sagatavošana un iesniegšana | | | | | X | X |

Projekta īstenošana uzsākta jūnija mēnesī pēc līguma noslēgšanas. Jūlija un augusta mēnešos projekta dalībniekiem periodiski bija plānotie atvaļinājumi pamata darba vietās. Gada tādēļ šajos mēnešos tika studēta literatūra. Datu bāžu izveide un pielāgošanas specializētai datorprogrammai notika augusta un septembra mēnesī. Veiksmīgi izveidojot datu bāzi Latvijas brūnās un Latvijas zilās šķirnes govju efektīvās populācijas lieluma un inbrīdinga aprēķināšana notika septembrī, bet Latvijas vietējās šķirnes kazām minētie rādītāji tika aprēķināti oktobrī.

Projektā iesaistītā maģistrante 2020. gadā plānojsi aizstāvēt maģistra darbu: “Latvijas vietējo apdraudēto govju populāciju struktūras, iekšaudzēšanas un produktivitātes analīze”.

3. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODIKA

Pētījums par vietējo apdraudēto šķirņu populācijas struktūru, efektīvās populācijas lielumu, inbrīdinga (iekšaudzēšanas) pakāpes noteikšanu un inbrīdinga pieauguma prognozēšanu 2019. gadā tika veikts Latvijas brūnās (LB), Latvijas zilās (LZ) un Latvijas vietējās (LVK) šķirnes kazu populācijās.

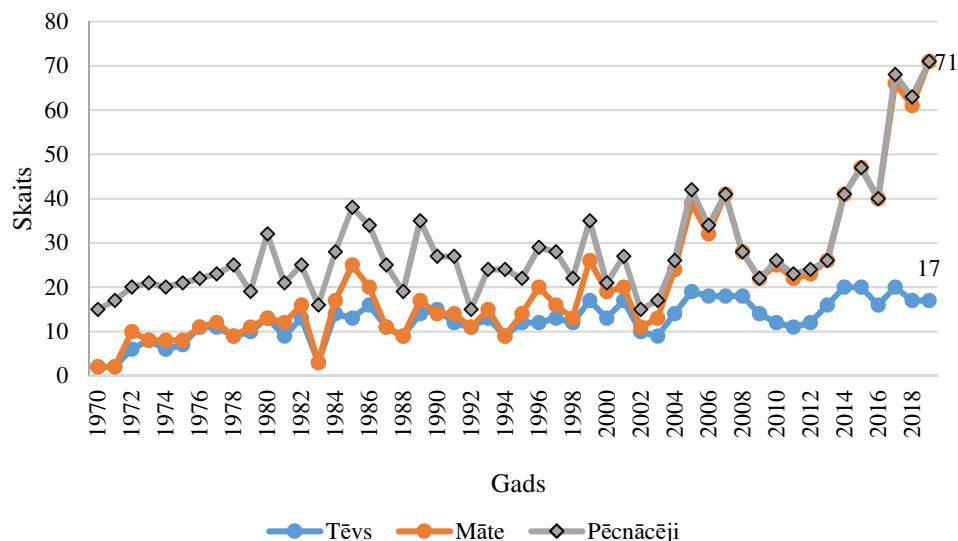
Datu bāzes tika veidotas izmantojot, Lauksaimniecības datu centrā (LDC) uzkrāto informāciju par minēto šķirņu sievišķajiem un vīrišķajiem dzīvniekiem, kuri uz 2019. gada 15. jūliju bija dzīvi, kā arī viņu vecākiem četrās (piecās) priekšteču paaudzēs.

3.1. Pētījuma materiāls

3.1.1. Latvijas brūnā šķirne

Datu bāzē iekļauti Latvijas brūnās šķirnes abu dzimumu dzīvnieki, kuru LB asinība ir vismaz 50%, un pārējo asiņu daļu sastāda Dānijas sarkanās (DS) un Angleras (AN) šķirnes (gan ģenētisko resursu saglabāšanas programmā iekļautie, gan pārējie LDC datu bāzē reģistrētie dzīvnieki).

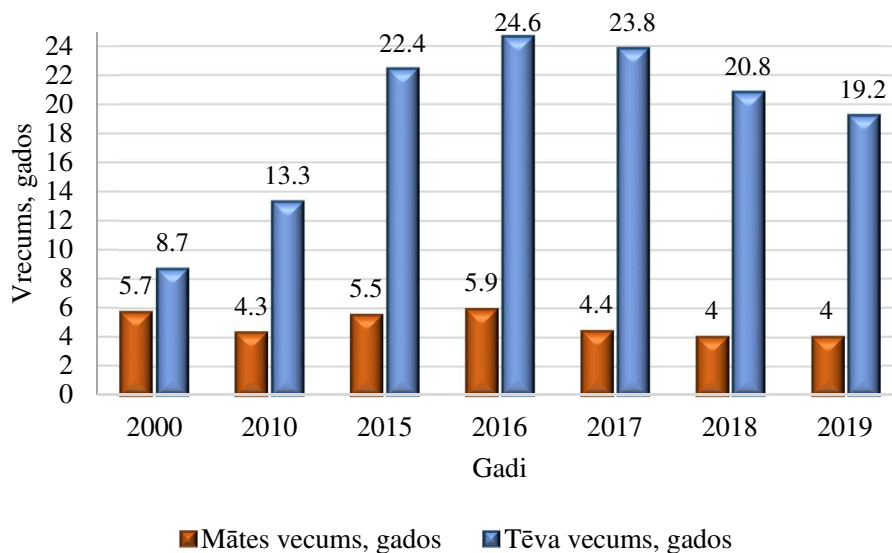
Latvijas brūnās šķirnes dzīvnieku populācijas struktūras analīzē kopā iekļauti 2754 dzīvnieki, no kuriem 338 bija tēvi, 903 mātes un 1513 pēcnācēji, kuri dzimuši sākot ar 1960. gadu. Līdz 1970. gadam dzīvnieku skaits ir neliels, tādēļ turpmākā analīze veikta dzīvniekiem no 1970. gada (3.1. att.).



3.1. att. LB šķirnes dzīvnieku skaita sadalījums pēc pēcnācēja dzimšanas gada.

Vaislas dzīvnieku un to pēcnācēju skaits pa gadiem LB šķirnē ir bijis neliels. Līdz 1989. gadam lielākais dzimušo pēcnācēju skaits gadā bija 38 dzīvnieki. Sākot ar 1990. gadu dzimušo, pēcnācēju skaits pa gadiem ir samazinājies. Sākot ar 2015. gadu dzimušo pēcnācēju, skaits ir palielinājies un 2017. un 2019. gadā bija lielākais – 68 un 71 dzīvnieks. Šajos gados bija arī lielākais māšu un tēvu skaits (no 17 līdz 20tēvi un 61 līdz 71 māte).

LB šķirnē māšu un tēvu vidējais vecums pēcnācēja dzimšanas gadā dots 3.2. attēlā.



3.2. att. Vidējais vecums mātēm un tēviem pēcnācēja dzimšanas gadā LB šķirnē.

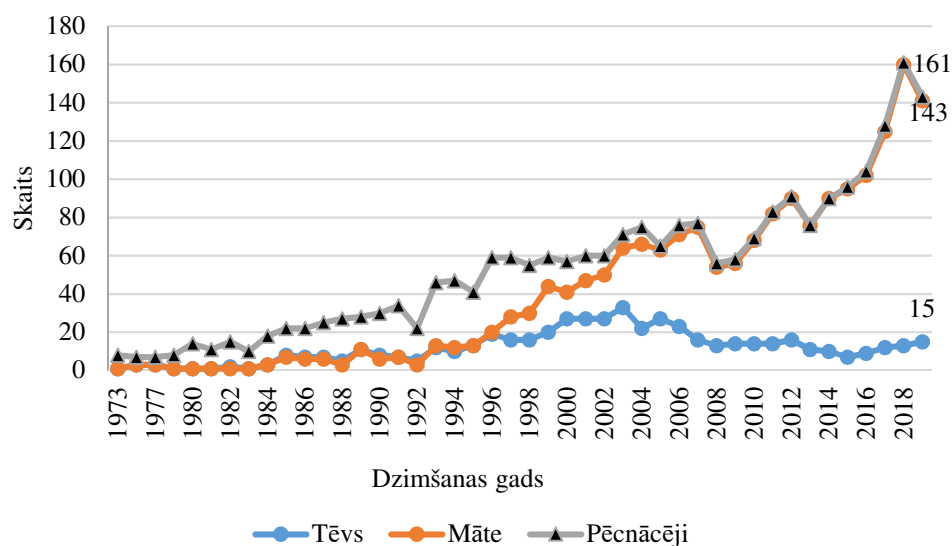
LB šķirnē ar katru gadu samazinās māšu vidējais vecums teļa dzimšanas brīdī – 2000. gadā tas bija 5.7 gadi 2018. un 2019. gadā vidēji 4. gadi. Populācijā arī 2019. gadā bija mātes, kuru vecums pēcnācēja dzimšanas gadā bijis 13 un 14 gadi. Lielākais pēcnācēju skaits (24) 2019. gadā dzima divus gadus vecām mātēm. No 2019. gadā

dzimušajiem pēcnācējiem 69 % dzimuši mātēm, kuru vecums nav lielāks par pieciem gadiem. Tas liecina, ka māšu populācija tiek atjaunota.

Tomēr LB šķirnē izmantoto vaislas buļļu analīze liecina, ka to vidējais vecums pēdējos piecos gados bijis no 24.6 līdz 19.2 gadiem. 2019. gadā dzimušajiem pēcnācējiem izmantoti 10 vaislinieku, kuru vecums bija lielāks par 16 gadiem. Tikai 7 izmantoto vaislinieku vecums bija līdz 5 gadiem. Audzētāju organizācijai būtu jā rūpējas par jaunu vaislinieku izaudzēšanu un izmantošanu. Vecu vaislinieku izmantošana var kavēt selekcijas progresu populācijā.

3.1.2. Latvijas zilā šķirne

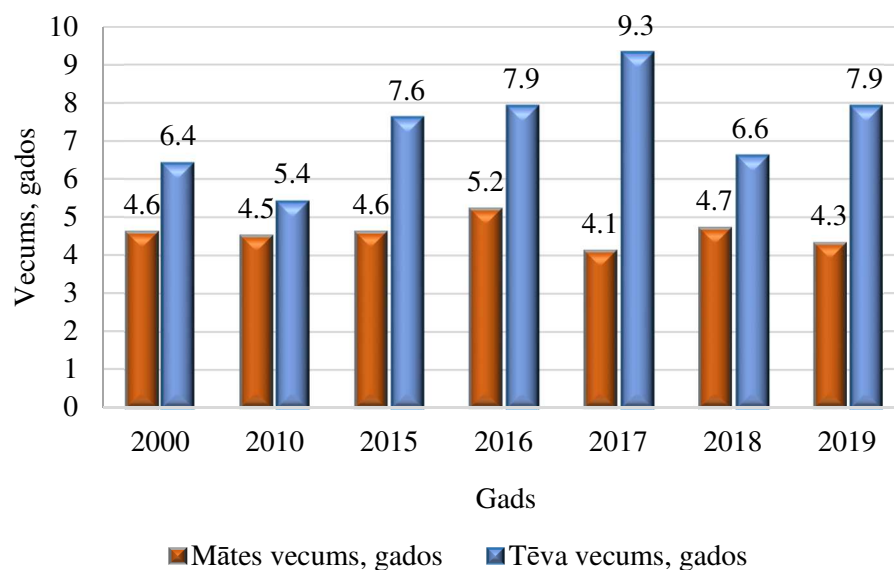
Latvijas zilās šķirnes govju populācijas struktūras analīzes datu bāzē tika iekļauti LZ abu dzimumu dzīvnieki, kuru asinībā nav Holšteinas melnraibās šķirnes dzīvnieki. Kopā kopš 1973. gada datu bāzē iekļauti 4156 dzīvnieki, no kuriem 347 bija tēvi, 1415 mātes un 2394 pēcnācēji, kuri dzimuši dažādos gados (3.3. att.).



3.3. att. LZ šķirnes dzīvnieku skaita sadalījums pēc pēcnācēju dzimšanas gada.

LZ šķirnē 1973. gadā bija reģistrēti 8 dzimuši pēcnācēji. Pēcnācēju skaits pakāpeniski pieauga ar katru gadu. Lielāko skaitu (161 pēcnācējs) sasniedzot 2018. gadā. 2019. gadā bija piedzimuši 143 pēcnācēji.

Arī LZ šķirnē tika analizēts māšu un tēvu vidējais vecums pēcnācēja dzimšanas gadā (3.4. att.).

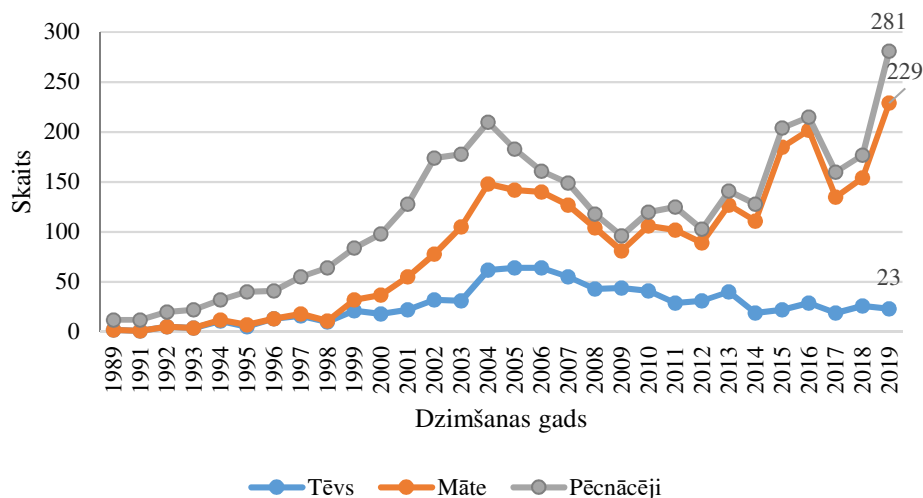


3.4. att. Vidējais vecums mātēm un tēviem pēcnācēja dzimšanas gadā LZ šķirnē.

LZ šķirnē mātes vidējais vecums pēcnācēja dzimšanas brīdī divdesmit gadu periodā bija no 4.1 līdz 5.2 gadiem. Turklāt 2019. gadā mātēm vidējais vecums ir samazinājies līdz 4.3 gadiem. Lielākais tēvu vidējais vecums bija 2017. gadā – 9.3 gadi. Pēdējos divos gados tēvu vidējais vecums ir samazinājies, lai gan arī 2019. gadā dzimušo pēcnācēju 5 tēvi bija vecāki par 10 gadiem. Pozitīvi vērtējams, ka 8 tēvu vecums bija līdz 5 gadiem. Tas liecina, ka vaislas bulļu sastāvs tiek atjaunots un teļu ieguvei tiek izmantoti arī jaunāki bulļi.

3.1.3. Latvijas vietējās šķirnes kazas

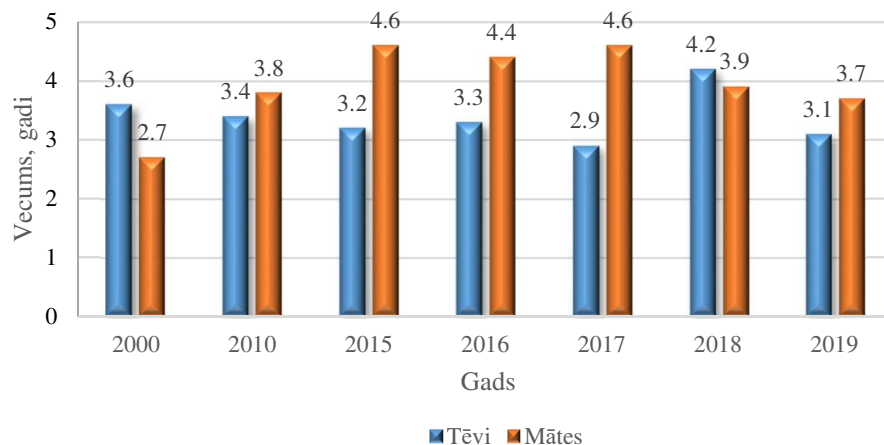
LDC pieejamā informācija liecina, ka LVK šķirnes kazu izcelšanās tādā parādās ar 1989. gadu, kad reģistrēti 12 dzimušie pēcnācēji. Datu failā ir iekļauta informācija par dzīvnieka izcelšanos (tēvs un māte) un dzīvnieka dzimšanas datums (3.5. att.).



3.5.att. LVK šķirnes dzīvnieku skaita sadalījums pēc pēcnācēju dzimšanas gada.

Kopā izcelšanās failā ir apkopota informācija par 3547 dzīvniekiem, kuriem norādīts, ka tie pieder LVK šķirnei. No visiem LVK dzīvniekiem izcelšanās – tēvs un māte, bija zināma 3531 dzīvniekam, kuri ir cēlušies no 802 tēviem un 2562 mātēm.

LVK šķirnes kazu mātes un tēva vidējais vecums gados pēcnācēja dzimšanas brīdī dots 3.6. attēlā.



3.6.att. LVK šķirnes kazu mātes un tēva vidējais vecums gados pēcnācēja dzimšanas gadā.

Vidējais vecums kazu mātēm, sākot ar 2010. gadu, ir bijis no 3.7 līdz 4.6 gadiem. Kazu vecums pa gadiem nav būtiski mainījies. Vaislas āžu vidējais vecums bijis no 2.9 līdz 4.2 gadiem. Tas liecina, ka ganāmpulkos notiek paaudžu maiņa un 2019. gadā dzimušo pēcnācēju tēvi pārsvarā bija 1 līdz 4 gadus veci.

3.2. Pētījuma metodika

Populācijas struktūras analīzei, inbrīdīngā koeficienta (F) noteikšanai un efektīvās populācijas (Ne) lieluma aprēķināšanai tika izmantota brīvi pieejamā programmatūra POPREP, ko izstrādājusi zinātnieku grupa E. Groenevelde vadībā (Groeneveld et al., 2009., <http://popreport.fli.de>).

Aprēķinu veikšanai, dati datu bāze tika sakārtota piecās kolonnās, kurā iekļāva sekojošo informāciju: dzīvnieks, dzīvnieka tēvs, dzīvnieka māte, dzīvnieka dzimšanas gads un dzimums.

```
100002653|100002652|100002651|2002-01-01|F
100002654|100002650|100002653|2004-02-08|M
100002672|100002836|100002837|1989-03-24|M
100002673|100002672|100002783|1992-02-19|M
100002674|100002673|unknown_dam|1993-03-28|F
```

Pirmās kolonnas informācija sākotnēji iekļauj sevī dzīvnieka numuru, kā arī dzīvnieka 4-5 paaudžu priekšteču informāciju. Ja izcelšanās informācija dzīvniekam nav zināma, tad tēvs vai māte, vai abi divi ir nedefinēti, kā nav zināmi (*unknown_dam*, *unknown_sire*).

Pirmās kolonnas informācija tika kārtota sekojoši, izmantojot 5 paaudžu informāciju:

| | |
|------------|-----------|
| 1. paaudze | Dzīvnieks |
| 2. paaudze | M |
| | T |
| 3. paaudze | MM |
| | MT |
| | TM |
| 4. paaudze | TT |
| | MMM |
| | MMT |
| | MTM |
| | MTT |
| | TMM |
| | TMT |
| TTM | |
| 5. paaudze | TTT |
| | MMMM |
| | MMMT |
| | MMTM |
| | MMTT |
| | MTMM |
| | MTMT |
| | MTTM |
| | MTTT |
| | TMMM |
| | TMMT |
| | TMTM |
| | TMTT |
| | TTMM |
| TTMT | |
| TTTM | |
| TTTT | |

Populācijas dzīvnieku izcelšanās informācijas kvalitāte tika analizēta pēc izcelšanās informācijas nokomplektēšanas pa gadiem (*pedegree completeness*). Analīzei izmantoja izcelšanās nokomplektēšanas indeksu (*edigree completeness index*), kas tika noteikt pēc MacCluer et al. (1983) algoritma (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4283186/>)

$$I_d = \frac{4I_{dpat} \times I_{dmat}}{I_{dpat} + I_{dmat}} \quad (1)$$

$$I_{dk} = \frac{1}{d \sum a_i} \quad (2)$$

$k=pat, mat$ – tēvs, māte

kur

- k – dzīvniecek mātes vai tēva līnija;
- a_i - zināmu priekšteču īpatsvaru paaudzē i;
- d - sameklēto priekšteču paaudžu skaits.

Priekšteču paaudžu pilnīguma koeficients ir robežās ir no 0 līdz 1. Ja visi priekšteči ir zināmi, tad $I_d = 1$, ja viens no vecākiem nav zināms, tad $I_d = 0$.

Efektīvās populācijas lieluma Ne noteikšana balstīta uz priekšteču skaitu un noteikta pēc formulas (Folconer & Mackay, 1996):

$$N_e = \frac{4N_m \times N_f}{N_m + N_f} \times 0.7, \quad (3)$$

kur

N_m un N_f tēvu un māšu skaits paaudzē.

Otra metode efektīvās populācijas lieluma N_e noteikšanai balstīta uz pēcnācēju un viņu vecāku vidējo inbrīdinga koeficientu (F), kuri dzimuši noteiktā gadā:

$$N_e = \frac{1}{2 \Delta F} \quad (4)$$

ΔF – inbrīdinga pieaugums paaudzes laikā.

$$\Delta F = \frac{F - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}} \quad (5)$$

kur

F_t – inbrīdings paaudzē t ;

F_{t-1} – inbrīdings iepriekšējā paaudzē.

Iegūtie rezultāti sakārtoto attēlos un tabulās.

4. PĒTĪJUMA REZULTĀTI

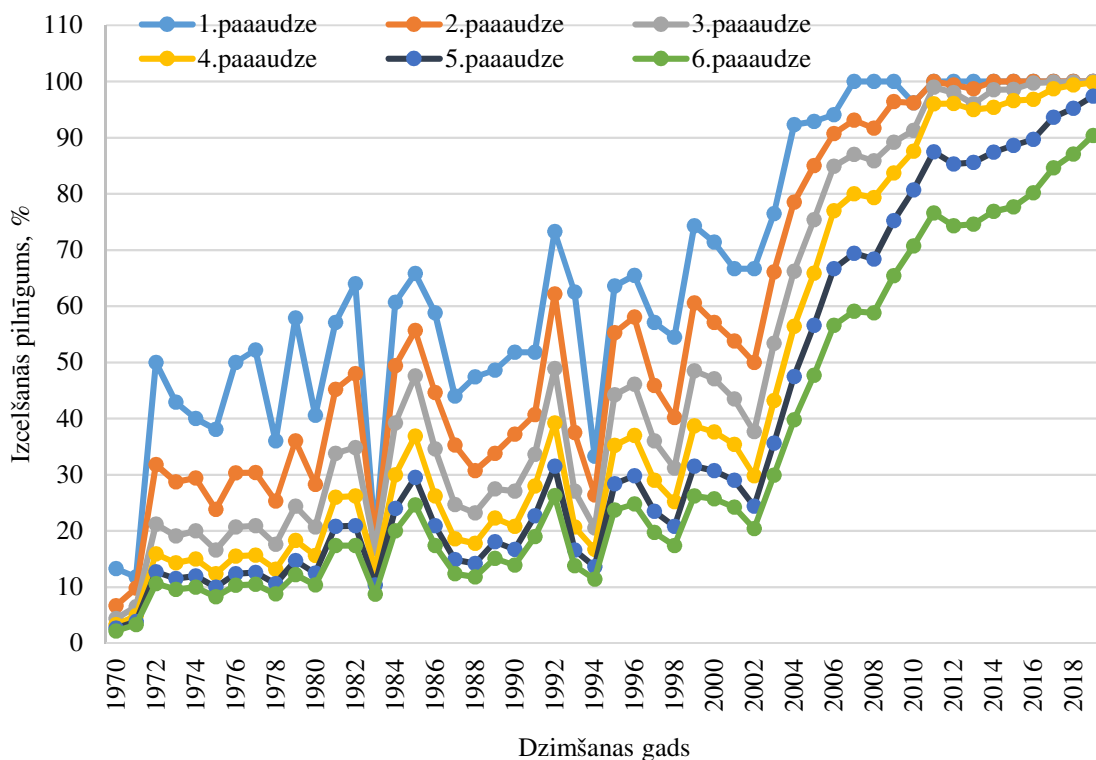
4.1. Latvijas brūnās šķirnes dzīvnieku populācijas analīze

Latvijas brūnās šķirnes populācijas dinamiku nosaka laika gaitā izmantoto vaislas dzīvnieku skaits, kas sadalīts pa gadiem un šo dzīvnieku izcelšanās informācija.

4.1.1. Latvijas brūnās šķirnes dzīvnieku izcelšanās kvalitātes analīze

Aprēķini par dzīvnieku inbrīdēšanas pakāpi lielā mērā atkarīgi no tā, cik pilnīga ir informācija par priekšteču paaudzēm.

LB šķirnes govju ciltsrakstu komplektējums jeb pilnīgums dots 4.1. attēlā.



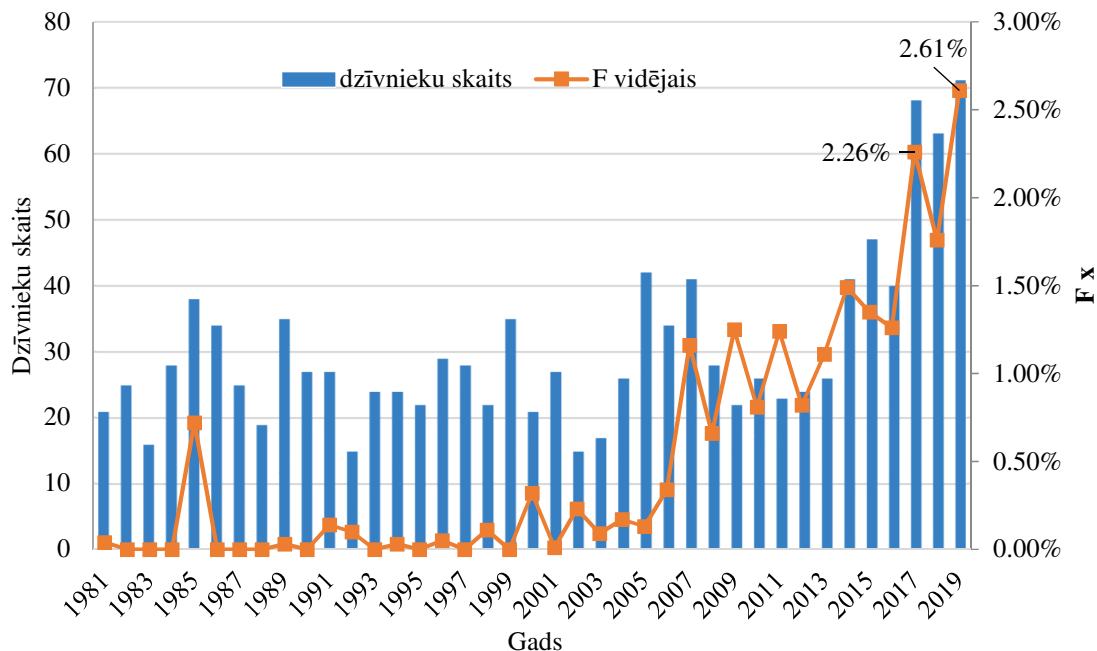
4.1. att. LB šķirnes dzīvnieku vidējais ciltsrakstu pilnīgums (*pedigree completeness*,%) pēc dzimšanas gada no 1. līdz 6. paaudzei.

Informācija par dzīvnieku izcelšanos iegūta no 1970. gada. Sākot ar 2007. gadu 1. paaudzē dzīvniekiem, ir 100% izcelšanās informācija. Ziņas par 2. paaudzi 98.7 līdz 100% ir uzkrātas no 2011. gada. Arī 3. un pat 4. paaudzē izcelšanās informācija pārsniedz 80%. Pēdējos desmit gados dzimušajiem LB šķirnes dzīvniekiem ir pilnīga izcelšanās informācija.

4.1.2. Inbrīdīngs Latvijas brūnajā šķirnē

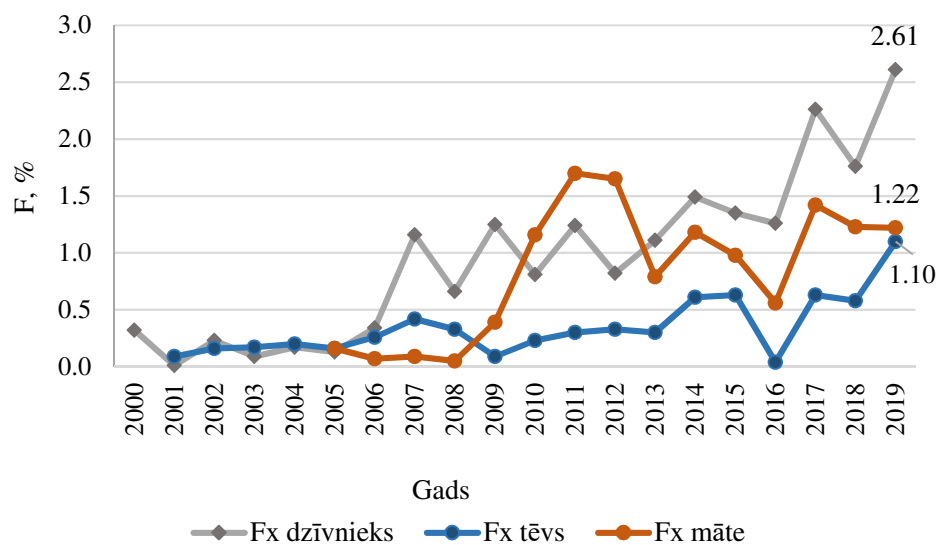
No 2007. gada līdz 2019. gadam dzīvnieku skaits bija robežās no 22 līdz 71 dzīvniekam. Vidējais iekšaudzēšanas koeficients LB govju populācijā bija no 0.66 līdz

2.61%. Lielākais vidējais iekšaudzēšanas koeficients novērots 2017. un 2019. gadā attiecīgi 2.26 un 2.61%. Šajos gados novēroti arī lielākie maksimālie iekšaudzēšanas koeficienti atsevišķiem dzīvniekiem 26.07 un 25.69%, kas liecina, ka atsevišķi dzīvnieki iegūti tuvradniecīgā pārošanā.



4.2. att. LB šķirnes dzīvnieku skaits un vidējais inbrīdīngs koeficients pa gadiem.

Lai populācijā saglabātos ģenētiskā mainība, kas dod iespēju uzlabot populāciju svarīgi zināt vecāku un pēcnācēju radniecību, ko izsaka ar inbrīdīngs koeficientu F. LB šķirnes visu dzīvnieku, tēva un mātes inbrīdīngs koeficients pa gadiem dots 4.3. attēlā.



4.3.att. Analizēto LB šķirnes dzīvnieku un to priekšteču vidējais iekšaudzēšanas koeficients pa gadiem.

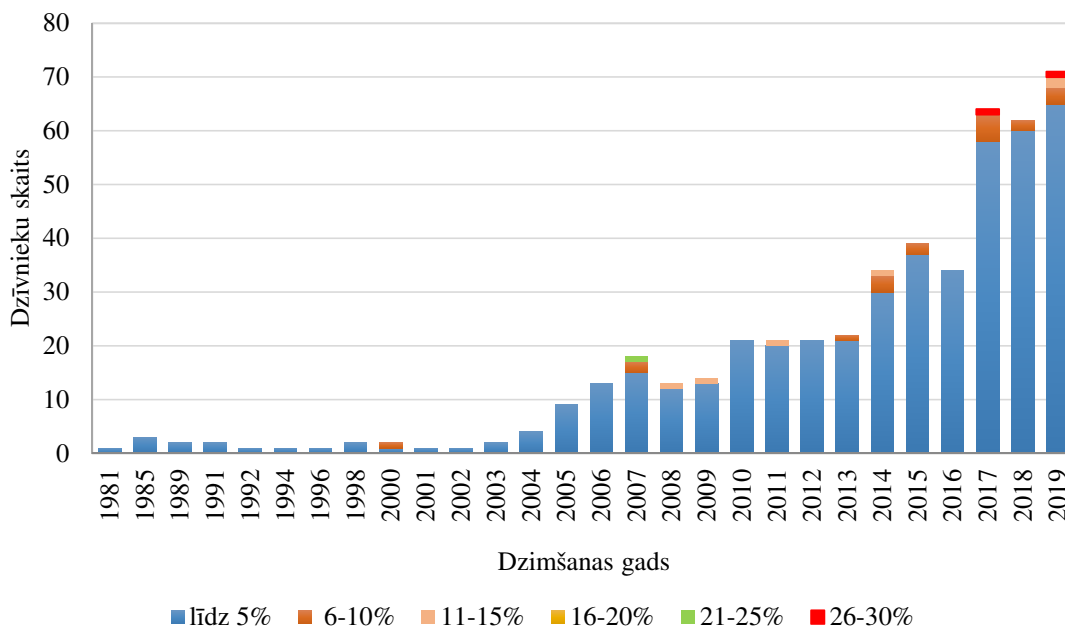
Kopā tika analizēti 1512 dzīvnieki, no kuriem 479 dzīvnieki (31.68 %) bija iekšaudzēti, un 1033 dzīvnieki (68.32 %) nav iekšaudzēti (Tabula 4.1.). Lielākais iekšaudzēto dzīvnieku īpatsvars – 29.83 % jeb 451 dzīvnieks ir ar iekšaudzēšanas koeficientu līdz 5%. Izcelšanās informācija liecina, ka tikai 9 dzīvniekiem iekšaudzēšanas koeficients pārsniedz 11%

4.1.tabula

LB šķirnes dzīvnieku sadalījuma pēc iekšaudzēšanas koeficienta

| F, % | Skaitis | % |
|---------|---------|-------|
| 0 | 1033 | 68.32 |
| līdz 5% | 451 | 29.83 |
| 6-10% | 19 | 1.26 |
| 11-15% | 6 | 0.40 |
| 16-20% | 0 | 0.00 |
| 21-25% | 1 | 0.07 |
| 26-30% | 2 | 0.13 |
| Kopā | 1512 | 100 |

Vērtējot LB šķirnes iekšaudzēto dzīvnieku sadalījumu pēc dzimšanas gada (4.4. att.) tiek novērota tendence, ka iekšaudzēto dzīvnieku skaita pieaugums ir no 2014. gada, kad līdz 5% iekšaudzēto dzīvnieku skaits bija 34 dzīvnieki.



4.4. att. LB šķirnes iekšaudzēto dzīvnieku sadalījums pēc gada (1981-2019) un iekšaudzēšanas koeficienta.

Iekšaudzēto dzīvnieku skaits strauji pieauga no 2017. gada, kas tas pārsniedza 60. Lai arī lielākajam skaitam iekšaudzēšanas koeficients bija līdz 5%, tomēr vērojami arī vairāki dzīvnieki (12) ar inbrīdinga koeficientu no 6 līdz 15% un diviem LB šķirnes dzīvniekiem F bija robežās no 26 līdz 30%.

Pēdējos desmit gados pieaug inbridēto dzīvnieku skaits no visiem dzimušajiem (4.2.tab.)

4.2.tabula

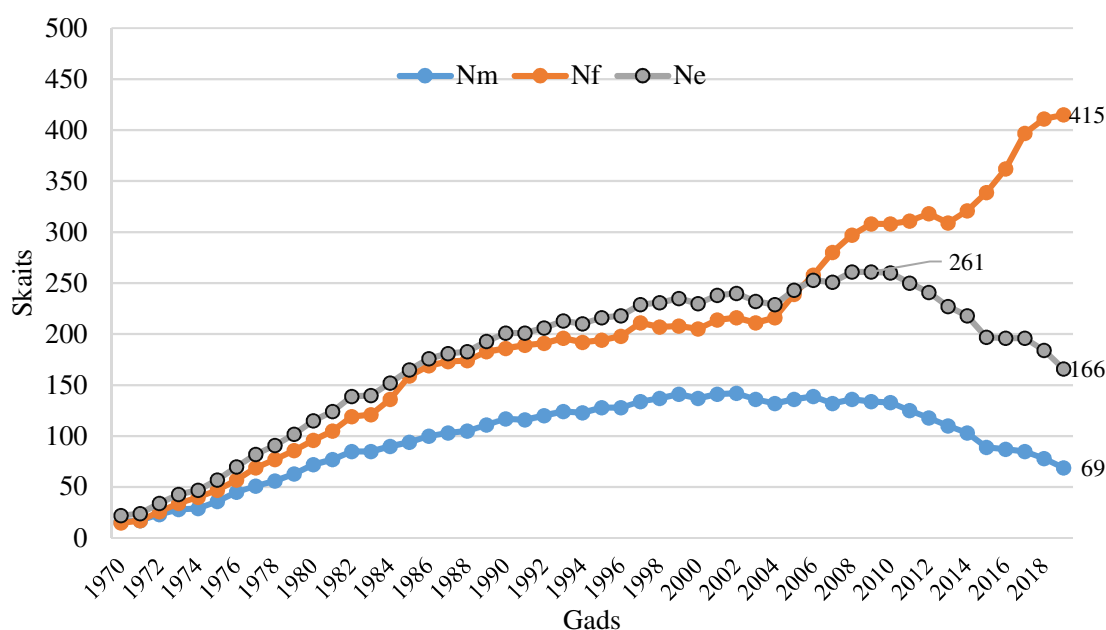
LB šķirnes dzimušo un inbridēto dzīvnieku skaits un īpatsvars no 2010. līdz 2019. gadam

| Gads | Dzimušo skaits | | Inbridētie % no dzimušajiem | F vidējais, % | |
|------|----------------|------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
| | visi | inbridētie | | visiem | inbridētajiem |
| 2010 | 26 | 21 | 80.8 | 0.81 | 1.00 |
| 2011 | 23 | 21 | 91.3 | 1.24 | 1.36 |
| 2012 | 24 | 21 | 87.5 | 0.82 | 0.93 |
| 2013 | 26 | 22 | 84.6 | 1.11 | 1.31 |
| 2014 | 41 | 34 | 82.9 | 1.49 | 1.80 |
| 2015 | 47 | 39 | 83.0 | 1.35 | 1.63 |
| 2016 | 40 | 34 | 85.0 | 1.26 | 1.48 |
| 2017 | 68 | 64 | 94.1 | 2.26 | 2.40 |
| 2018 | 63 | 62 | 98.4 | 1.76 | 1.79 |
| 2019 | 71 | 71 | 100.0 | 2.61 | 2.61 |

Pēdējos desmit gados palielinās inbridēto dzīvnieku skaits no visiem dzimušajiem. Tā 2019. gadā visi dzimušie dzīvnieki bija inbridēti. Iepriekšējos gados inbridēto dzīvnieku skaits bija 80.8 līdz 98.4.

4.1.3. LB šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums

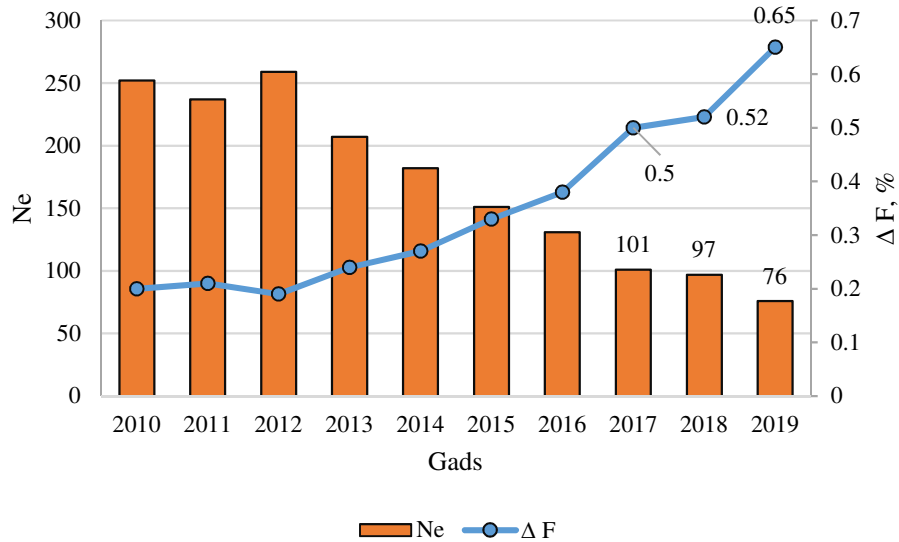
Efektīvās populācijas lielums (N_e) ir atkarīgs no pāru atlasē izmantojamo vīrišķo un sievišķo īpatņu skaita. N_e aprēķināts pēc 3 formulas (4.5.att.).



4.5. att. Efektīvās populācijas lielums (N_e) LB šķirnē, izmantoto sievišķo (N_f) un vīrišķo (N_m) īpatņu skaitu pa gadiem.

Augstākais efektīvās populācijas līmenis bija 2008. un 2009. gadā, kad tas sasniedz 261 dzīvnieks. Pēdējos gados N_e samazinās, lai arī pieaug sievišķo īpatņu skaits, tomēr samazinās vīrišķo īpatņu skaits, kuri piedalās pēcnācēju radīšanā.

Efektīvās populācijas aprēķināšanai programma iesaka arī citu variantu, kur ir ņemts vērā, vecāku un pēcnācēju inbrīdīga koeficients konkrētajā gadā (4. formula; 4.6. att.).

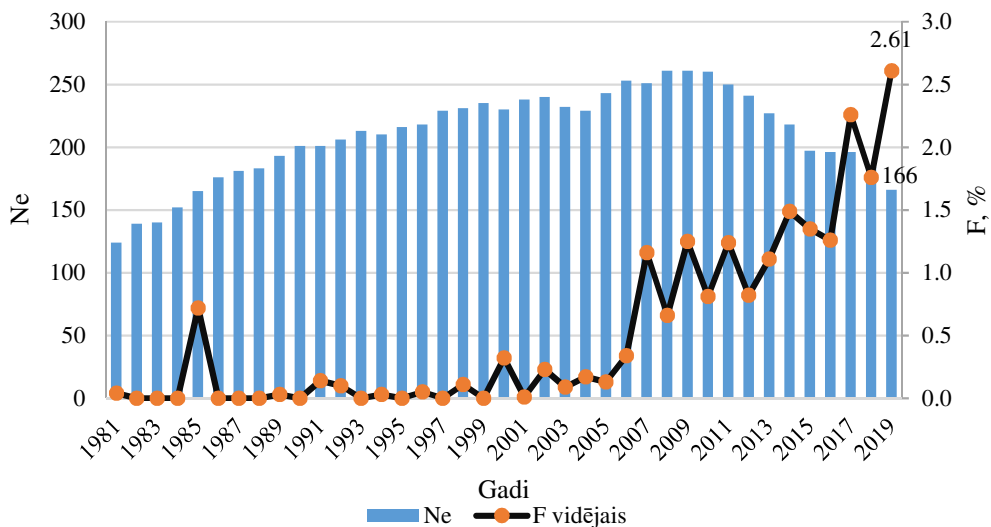


4.6. LB šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums un inbrīdīga pieaugums (ΔF) paaudzes laikā.

Aprēķinot inbrīdīga pieaugumu paaudzes laikā LB šķirnes dzīvniekiem, efektīvās populācijas lielums 2019. gadā ir 76 dzīvnieki, kas ir mazāk nekā, aprēķinot pēc sievišķo un vīrišķo īpatņu skaita, kas bija 166.

Efektīvās populācijas lieluma samazināšanās izraisa inbrīdīga pieaugumu populācijā un kā sekas var izraisīt produktivitātes samazināšanu vai pie augstās iekšaudzēšanas recesīvo gēnu uzkrājumu populācijā, kas ir saistīti ar ģenētiskām slimībām.

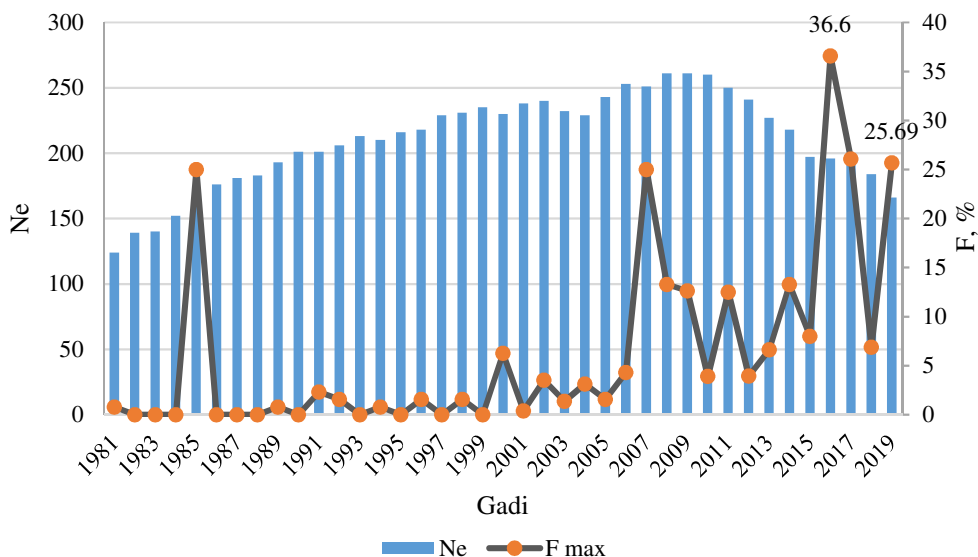
Pēdējo gadu laikā (no 2015. gada) LB šķirnes efektīvās populācijas lielums ir samazinājies un 2019. gadā bija 166 dzīvnieki (4.7. att.).



4.7. att. LB šķirnes efektīvās populācijas lielums N_e un populācijas vidējais iekšaudzēšanas koeficients F pa gadiem.

Samazinoties efektīvās populācijas lielumam 2019. ir palielinājies vidējais iekšaudzēšanas koeficients - 2.61%.

Ja LB šķirnes populācijas vidējais iekšaudzēšanas koeficients nav liels, tomēr atsevišķiem dzīvniekiem varēja novērot ļoti augstu iekšaudzēšanas koeficientu (4.8.att.).



4.8. att. LB šķirnes efektīvās populācijas lielums N_e un populācijā sastopamais maksimālais iekšaudzēšanas koeficients F_x pa gadiem.

LB šķirnē lielākais F_x bija dzīvniekam 2016. gadā 36.6%. Arī 2019. gadā ir atsevišķam dzīvniekam novērots augsts iekšaudzēšanas koeficients - 25.69.

Lai ierobežotu inbrīdinga līmeni un nodrošinātu, ka populācijā saglabājas ilgtspējīgs ģenētiskās mainības līmenis, svarīgi precīzi reģistrēt dzīvnieku izcelšanos. Lai saglabātu LB šķirnes liellopu ģenētisko sastāvu nākotnē, varētu izveidot kriokonservētu embriju rezervi, ko vajadzības gadījumā varētu izmantot šķirnes atjaunošanai.

Lai arī faktiskais populācijas lielums nav sasniedzis kritisko līmeni, ļoti populāru indivīdu esamībai šajā populācijā ir nepieciešams turpmāks pētījums, lai kvantitatīvi noteiktu iekšaudzēšanas (inbrīdinga) fenotipisko ietekmi uz ekonomiski nozīmīgām pazīmēm šajā populācijā.

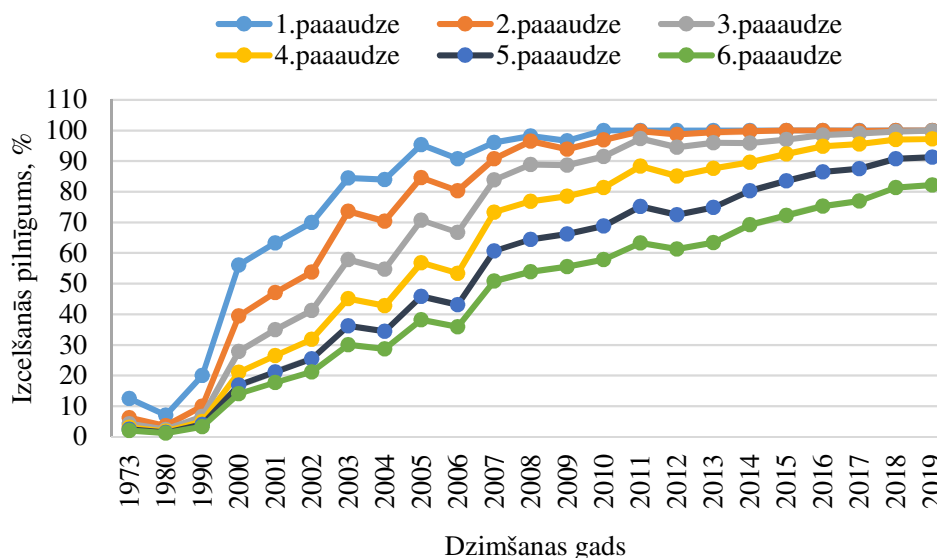
4.2. Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku populācijas analīze

Dzīvnieku vietējo apdraudēto ģenētisko resursu pārvaldībai, lai mazinātu ģenētiskās daudzveidības samazināšanos šķirnēs, paaudzes laikā jāveic populācijas ģenētiskās struktūras analīze. Tālākajās nodaļās tā veikta LZ šķirnes dzīvnieku populācijā.

4.2.1. Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku izcelšanās kvalitātes analīze

Aprēķini par dzīvnieku inbrīdēšanas pakāpi lielā mērā atkarīgi no tā, cik pilnīga ir informācija par priekšteču paaudzēm.

LZ šķirnes govju ciltsrakstu komplektējums jeb pilnīgums dots 4.9. attēlā.

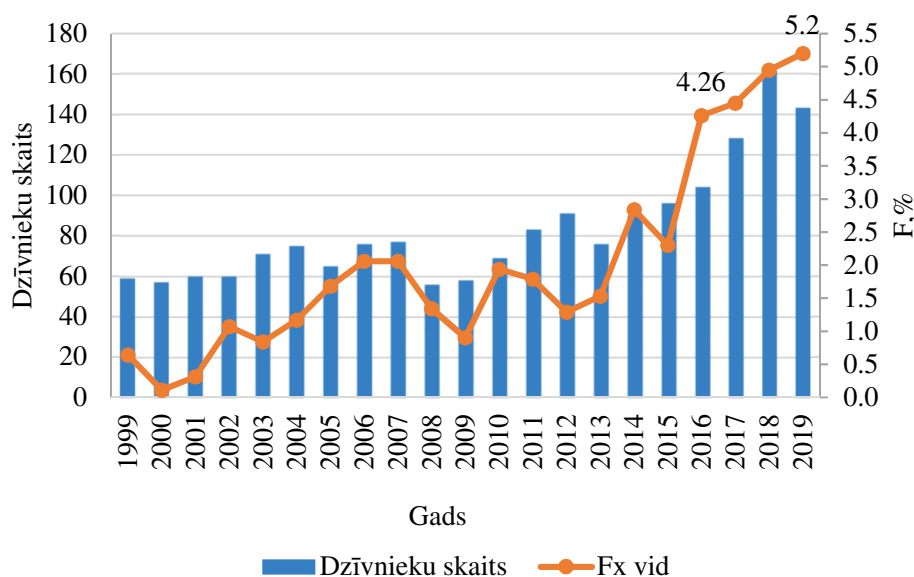


4.9.att. LZ šķirnes dzīvnieku vidējais ciltsrakstu pilnīgums (*pedigree completeness*,%) pēc dzimšanas gada no 1. līdz 6. paaudzei.

Informācija par dzīvnieku izcelšanos iegūta no 1973. gada. Sākot ar 2010. gadu 1. paaudzē dzīvniekiem, ir 100% izcelšanās informācija. Pilnīgas ziņa par 2. paaudzi uzkrātas no 2015. gada. Trešajā paaudzē sākot ar 2010. gadu izcelšanās, informācija pārsniedz 90%. Ceturtajā paaudzē izcelšanās informācija 90% un vairāk atrodama sākot ar 2015. gadu

4.2.2. Inbrīdings Latvijas zilajā šķirnē

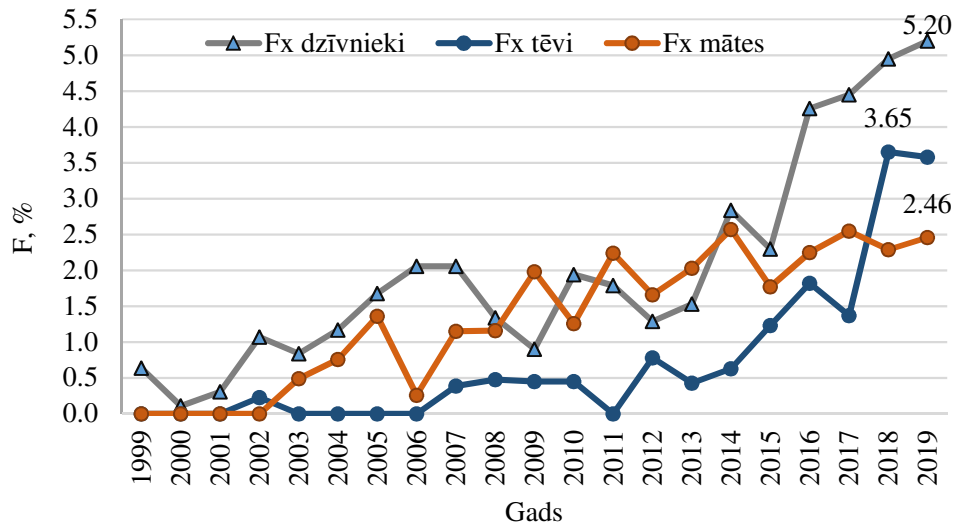
Latvijas zilajā šķirnē dati par dzīvnieku inbrīdīgu parādās sākot ar 1999. gadu. No 1999. gada līdz 2019. gadam gadā dzimušo dzīvnieku skaits bija robežās no 59 līdz 161 dzīvniekam. Vidējais inbrīdīnga koeficients LZ populācijā bija no 0.11% līdz 5.20% (4.10. att.).



4.10. att. LZ šķirnes dzīvnieku skaits un vidējais inbrīdīnga koeficients (F) pa gadiem.

Lielākais vidējais inbrīdīngs koeficients novērots 2018. un 2019. gadā attiecīgi 4.95 un 5.20%.

Inbrīdīngs koeficients (%) pa dzīvnieku dzimšanas gadiem, kā arī to mātēm un tēviem redzams 4.11.attēlā.



4.11. att. Analizēto LZ šķirnes dzīvnieku un to priekšteču vidējais inbrīdīngs koeficients pa gadiem.

Inbrīdīngs koeficients pa indivīdu dzimšanas gadiem mainās. Inbrīdēti tēvi atlasē tiek izmantoti, sākot ar 2002. gadu, kad viena inbrīdētā tēva $F_x=0.23\%$. Sākot ar 2015. gadu tēvu, inbrīdīngs koeficients pārsniedza 1% ($F_x=1.23\%$). Tēviem augstākais inbrīdīngs koeficients novērots 2018. gadā -3.65%. Šajā gadā no 13 tēviem inbrīdēti bija 8. Mātēm analizētajos gados kopumā inbrīdīngs koeficienti ir bijuši zemāki. Inbrīdīngs mātēm parādās 2005. gadā kad inbrīdētas ($F_x=1.36\%$) ir 9 no kopā 63 mātēm. Laika gaitā inbrīdīngs procents mātēm palielinās līdz 2.46% 2019. gadā. Galvenais, ka arī inbrīdēto māšu skaits pieaug (2019. gadā no 141 mātes inbrīdētas 99). Inbrīdīngs pēcnācējiem ir palielinājies, sākot ar 2015. gadu un 2019. gadā $F_x=5.20\%$. No kopā dzimušajiem 143 pēcnācējiem vairāk vai mazāk inbrīdēts bija 141.

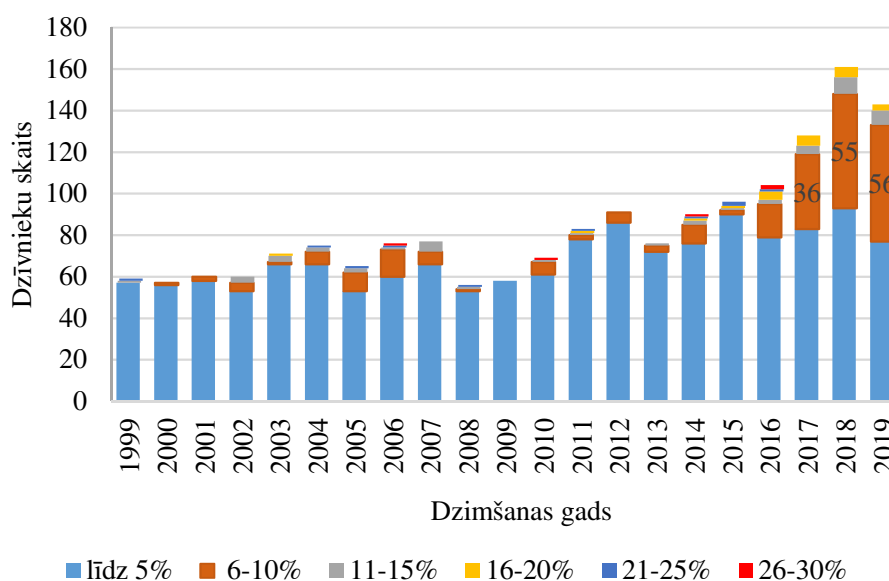
Kopā datu bāzē sākot ar 1999. gadu iekļauti 3785 dzīvnieki, no kuriem 1755 dzīvnieki (46.4%) bija iekļaudzēti un 2030 dzīvnieki (53.6%) nebija inbrīdēti (4.3.tabula). Lielākais iekšaudzēto dzīvnieku īpatsvars – 38.1% jeb 1441 dzīvnieks ir ar iekšaudzēšanas koeficientu līdz 5%. Iegūtie dati liecina, ka no 6 līdz 10% inbrīdīngs bija 233 dzīvniekiem, jeb 6.2%. Inbrīdīngs koeficients, kas lielāks par 10%, var radīt jūtamu inbrīdīngs depresiju. LZ populācijā šāds inbrīdīngs koeficients novērots 81 dzīvniekam (2.1%).

LZ šķirnes govju sadalījuma pēc inbrīdīngā koeficienta

| Fx | Skaitis | % |
|---------|---------|------|
| 0% | 2030 | 53.6 |
| līdz 5% | 1441 | 38.1 |
| 6-10% | 233 | 6.2 |
| 11-15% | 45 | 1.2 |
| 16-20% | 21 | 0.6 |
| 21-25% | 10 | 0.3 |
| 26-30% | 5 | 0.1 |
| Kopā | 3785 | 100 |

Vērtējot LZ šķirnes iekšaudzēto dzīvnieku sadalījumu pēc dzimšanas gada (4.12. att.) tiek novērota tendence, ka inbrīdēto dzīvnieku skaits, kuriem Fx bijis robežās no 6 līdz 10% straujāk pieaug no 2017. gada, kad šādu dzīvnieku skaits bija 36. Bet 2018. un 2019. gadā jau 55 un 56 dzīvnieki.

Pēdējos piecos gados dzimuši 19 dzīvnieki, kuriem inbrīdīngā koeficients bija no 11 līdz 15% un 7 dzīvnieki, kuriem inbrīdīngs bijis lielāks par 16%.



4.12. att. LZ šķirnes iekšaudzēto dzīvnieku sadalījums pēc gada (1999-2019) un iekšaudzēšanas koeficienta.

Kā izpētījuši zinātnieki, selekcionāram ieteicams izvairīties no tādu dzīvnieku pārošanas, kuras rezultātā pēcnācēju inbrīdīngā koeficients ir lielāks par 6.25% (Van der Westhuizen, Mostert, 1998).

Apkopota informācija par pēdējo desmit gadu laikā dzimušajiem un inbrīdētajiem LZ šķirnes dzīvniekiem (4.4.tab.).

LZ šķirnes dzimušo un inbridēto dzīvnieku skaits un īpatsvars no 2010. līdz 2019. gadam

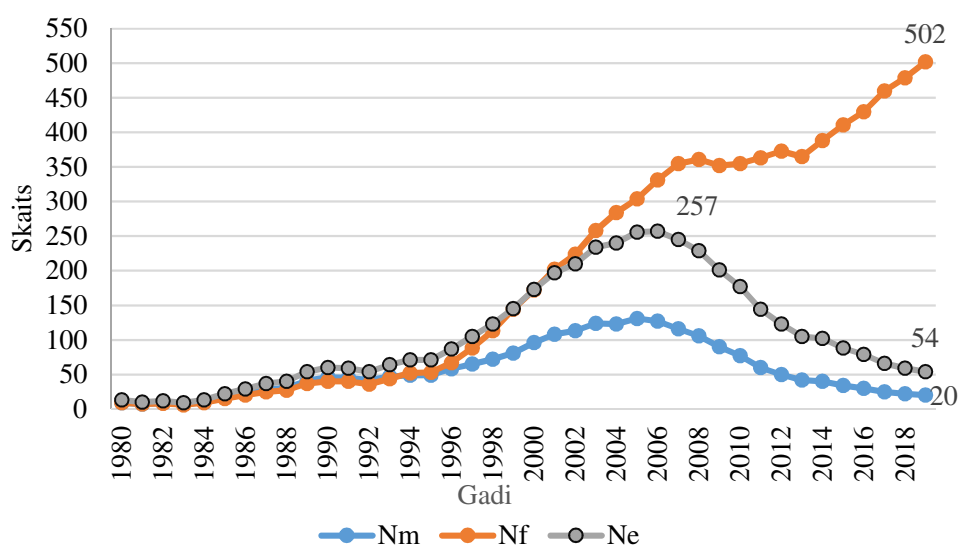
| Gads | Dzimušo skaits | | Inbridētie % no dzimušajiem | F vidējais, % | |
|------|----------------|------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
| | visi | inbridētie | | visiem | inbridētajiem |
| 2010 | 69 | 34 | 49.3 | 1.94 | 3.93 |
| 2011 | 83 | 48 | 57.8 | 1.79 | 3.10 |
| 2012 | 91 | 52 | 57.1 | 1.29 | 2.26 |
| 2013 | 76 | 50 | 65.8 | 1.53 | 2.32 |
| 2014 | 90 | 62 | 68.9 | 2.84 | 4.13 |
| 2015 | 96 | 69 | 71.9 | 2.30 | 3.20 |
| 2016 | 104 | 87 | 83.7 | 4.26 | 5.10 |
| 2017 | 128 | 118 | 92.2 | 4.45 | 4.83 |
| 2018 | 161 | 157 | 97.5 | 4.95 | 5.07 |
| 2019 | 143 | 141 | 98.6 | 5.20 | 5.27 |

LZ šķirnes populācijā pēdējos gados palielinās inbridēto dzīvnieku skaits no visiem dzimušajiem. 2019. gadā tikai divi no dzimušajiem dzīvniekiem nebija inbridēti. Pie šāda neinbridēto dzīvnieku īpatsvara jāveic pārdomāta pāru atlase lai nepalielinātu vidējo inbrīdinga koeficientu populācijā nākamās paaudzes dzīvniekiem.

4.2.3. Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums

Efektīvās populācijas lielums ir atkarīgs no pāru atlasē izmantojamo vīrišķo un sievišķo īpatņu skaita.

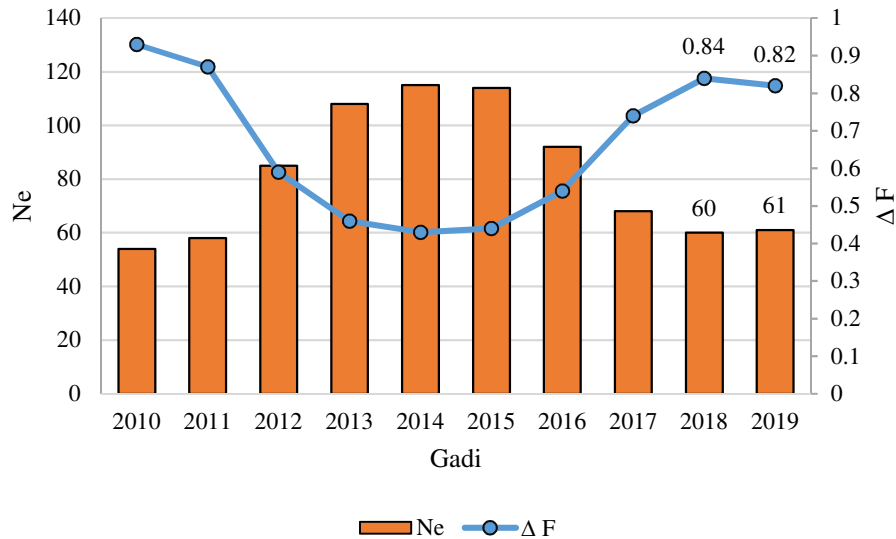
Efektīvās populācijas (3. formula) lielums zinot vaislai, paaudzes laikā izmantoto pēcnācēju skaitu dots 4.13. attēlā.



4.13. att. Efektīvās populācijas lielums N_e LZ šķirnē, izmantoto sievišķo N_f un vīrišķo N_m īpatņu skaitu pa gadiem.

Latvijas zilās šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums pēdējos gados ir strauji samazinājies no 257 dzīvniekiem 2006. gadā līdz 54 dzīvniekiem 2019. gadā. Pēdējos gados Ne samazinās, lai arī pieaug sievišķo īpatņu skaits, tomēr samazinās vīrišķo īpatņu skaits, kuri piedalās pēcnācēju radīšanā.

Efektīvās populācijas lielums LZ šķirnē izmantojot vecāku, un pēcnācēju inbrīdīga koeficients konkrētajā gadā (4. formula) dots 4.14. attēlā.

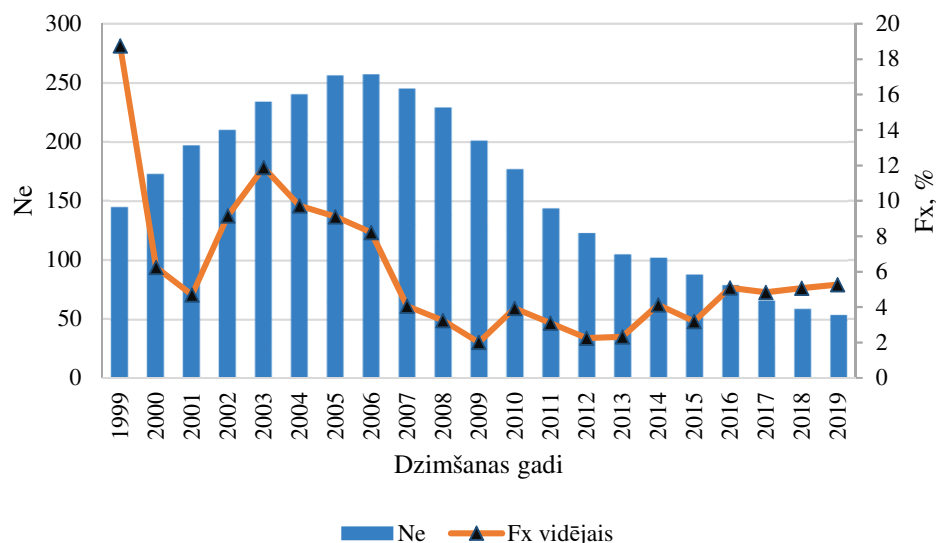


4.14.att. LZ šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums un inbrīdīga pieaugums (ΔF) paaudzes laikā.

Aprēķinot inbrīdīga pieaugumu paaudzes laikā LZ šķirnes dzīvniekiem, efektīvās populācijas lielums 2019. gadā ir 61 dzīvnieks, kas ir par 7 dzīvniekiem vairāk nekā aprēķinot pēc sievišķo un vīrišķo īpatņu skaita, kas bija 54 dzīvnieki.

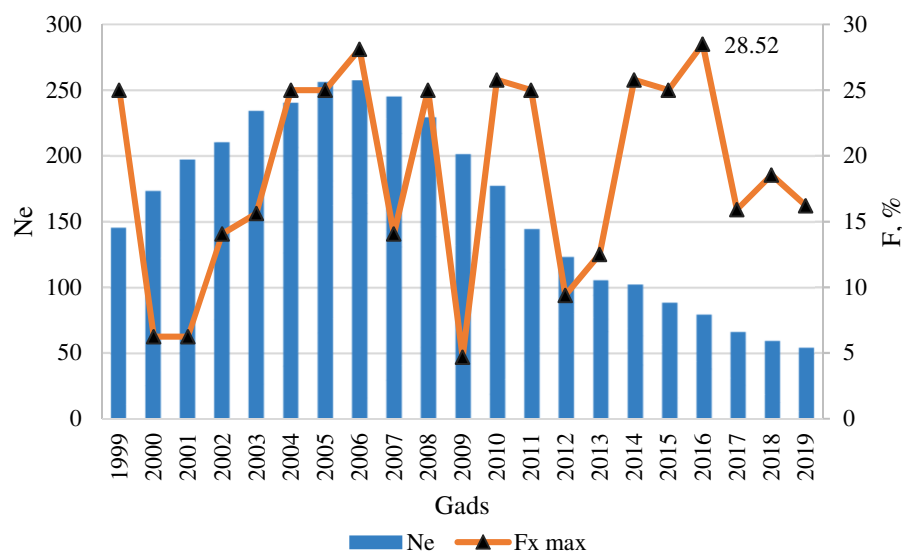
LZ šķirnes dzīvnieku populācijā efektīvās populācijas lielums ir neliels, Ne samazināšanās izraisa inbrīdīga pieaugumu populācijā. Pie tik neliela ($N_e=54$; $N_e=61$) efektīvās populācijas lieluma ļoti liela uzmanība jāpievērš pāru atlasei.

Pēdējo gadu laikā (no 2015. gada) LZ šķirnes efektīvās populācijas lielums ir samazinājies zem 100 dzīvniekiem un 2019. gadā bija 54 dzīvnieki (4.15. att.).



4.15. att. LZ šķirnes efektīvās populācijas lielums N_e un populācijas vidējais iekšaudzēšanas koeficients F_x inbrīdētajiem dzīvniekiem pa gadiem

Samazinoties efektīvās populācijas lielumam, 2019. gadā ir palielinājies vidējais iekšaudzēšanas koeficients – 5.20%, bet inbrīdētajiem dzīvniekiem 2019. gadā $F = 5.27\%$. Maksimālie inbrīdīga koeficienti atsevišķiem dzīvniekiem doti 4.16.attēlā.



4.16. att. LZ šķirnes efektīvās populācijas lielums N_e un populācijā sastopamais maksimālais iekšaudzēšanas koeficients F_x pa gadiem.

LZ šķirnē lielākais F novērots 2016. gadā dzimušam dzīvniekam 28.52%. Arī 2018. un 2019. gadā atsevišķiem dzīvniekiem ir novēroti augsti inbrīdīga koeficienti – 18.55 un 16.21%. LZ šķirnes populācijas vidējais iekšaudzēšanas koeficients 2019. gadā bija 5.20% un tas nepārsniedz 6.25%, kas tiek uzskatīts par robežu, kuru pārsniedzot var sākt novērot inbrīdīga depresiju, tomēr atsevišķiem dzīvniekiem ir bijuši augsti inbrīdīga koeficienti. Turpmāk šādu dzīvnieku pēcnācējus nevajadzētu izmantot, kā vaislas dzīvniekus.

Lai ierobežotu inbrīdīga līmeni un nodrošinātu, ka populācijā saglabājas ilgtspējīgs ģenētiskās mainības līmenis, svarīgi precīzi reģistrēt dzīvnieku izcelšanos. Lai saglabātu LZ šķirnes liellopu ģenētisko sastāvu nākotnē, varētu izveidot kriokonservētu embriju rezervi, ko vajadzības gadījumā varētu izmantot šķirnes atjaunošanai.

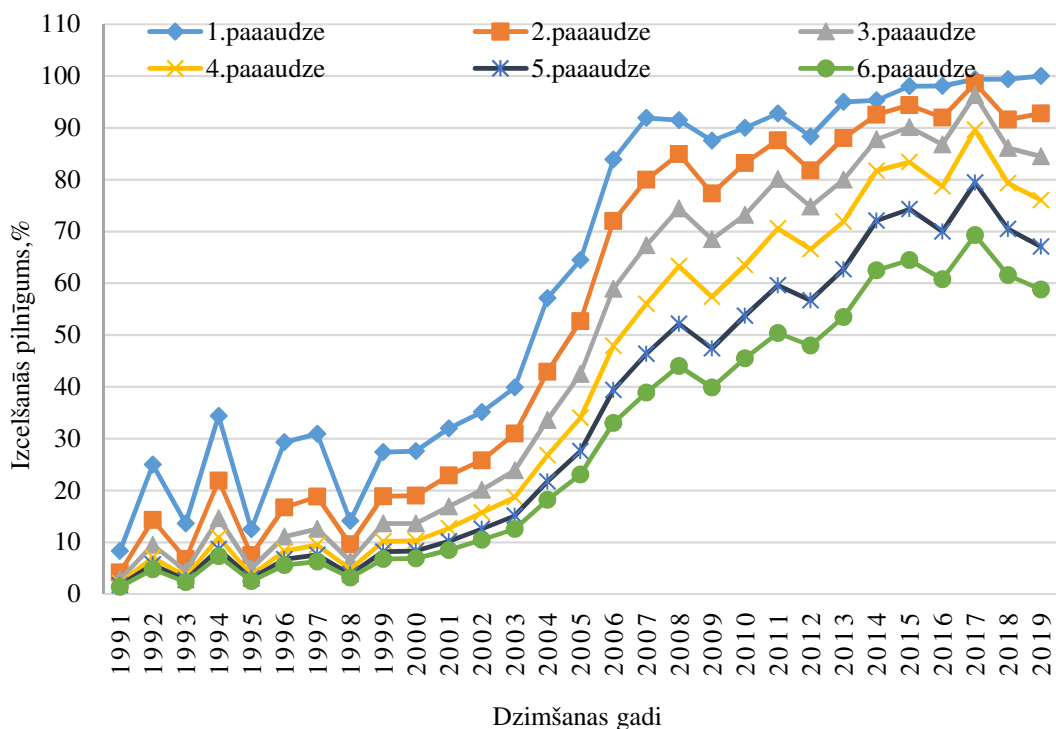
LZ šķirnē efektīvās populācijas lielums ir samazinājies un tuvā nākotnē var pārsniegt kritiski zemu līmeni, kad populācijā sākas inbrīdīga depresija.

4.3. Latvijas vietējās šķirnes kazu populācijas analīze

Latvijas Vietējās šķirnes kazu populācijas dinamika un inbrīdings analizēts nodaļās 4.31 līdz 4.3.3.

4.3.1. LVK šķirnes kazu izcelšanās kvalitātes analīze

LVK šķirnes dzīvnieku izcelšanās informācijas pilnīgums sākot ar 1991. gadu dots 4.17. attēlā.



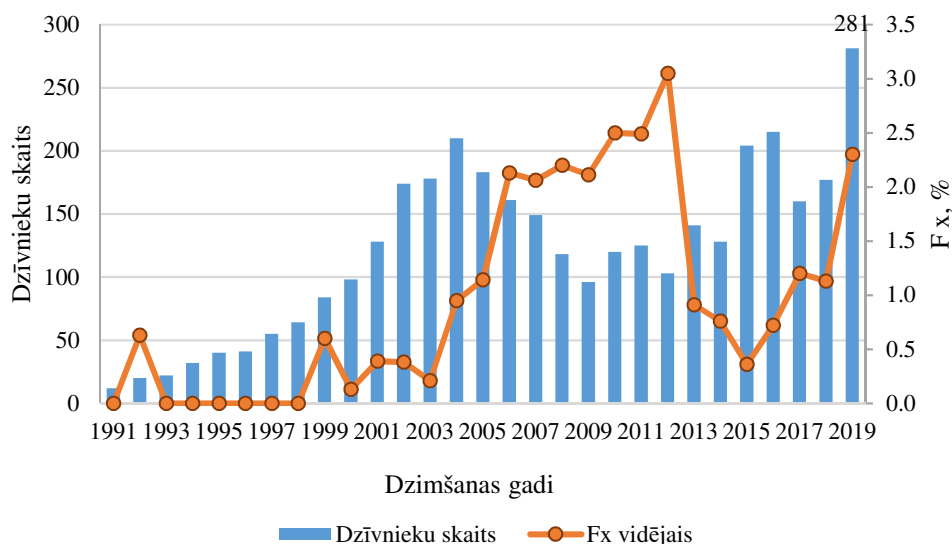
4.17. att. LVK šķirnes dzīvnieku izceļšanās informācijas pilnīgums pa gadiem (pedegree completeness).

Dzīvniekiem, kuri ir dzimuši sākot ar 2007. gadu, izceļšanās informācija ir nokomplektēta no 80% līdz 100% pirmajā paaudzē. Zināmo priekšteču īpatsvars nākamajās paaudzēs pakāpeniski samazinās un sasniedza minimālo vērtību sestajā paaudzē.

4.3.2. Inbrīdings LVK šķirnes kazu populācijā

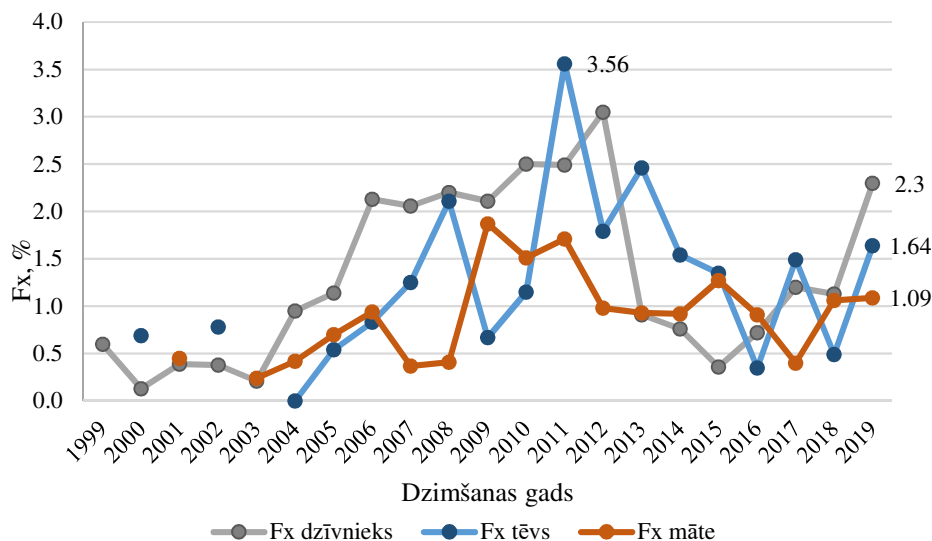
Latvijas vietējās šķirnes kazu populācijā dzimušo dzīvnieku skaits pa gadiem bijis mainīgs. Sākot ar 2001. gadu dzimušo dzīvnieku skaits pārsniedza 100, izņemot 2009. gadu, kad piedzima 96 dzīvnieki. No 2015. gada ir vērojams dzīvnieku skaita pieaugums, lielākais LVK šķirnes vīrišķo un sievišķo dzīvnieku skaits piedzima 2019. gadā – 281 (4.18. att.).

Līdz 2004. gadam vidējais inbrīdīga inbrīdīga koeficients LVK šķirnes kazu populācijā bija mazāks par 1%. 2005. gadā vidējais inbrīdīga koeficients bija 1.14%. No 2008. gada līdz 2014. gadam vidējais inbrīdīga koeficients populācijā bija no 2.11% līdz 3.05%. No 2015. gada ir vērojams dzīvnieku skaita pieaugums, līdz ar to populācijā ir vērojama vidējā iekšaudzēšanas koeficienta samazināšana, kaut gan populācijā, bija dzīvnieki ar maksimālo iekšaudzēšanas koeficientu no 12.50% līdz pat 44.53%.



4.18. att. Dzimušo dzīvnieku skaits un to vidējais iekšaudzēšanas koeficients pa gadiem LVK šķirnes kazām.

Vidējais inbrīdīga koeficients populācijā atkarīgs no veiktās pāru atlasē. LVK šķirnē inbrīdīga koeficients kazu mātēm, āžiem un to dzimušajiem pēcnācējiem dots 4.18. attēlā.



4.19. att. Analizēto LVK šķirnes dzīvnieku un to priekšteču vidējais iekšaudzēšanas koeficients pa gadiem.

Analizējot inbrīdīga koeficientu kazu mātēm un āžiem, redzams, ka kopumā āžiem inbrīdīga koeficients pa bijis lielāks nekā kazu mātēm, lai gan pa gadiem tas samērā strauji mainījies. Arī pēcnācēju inbrīdīga koeficients ir mainīgs, lai gan no 2017. gada tam ir tendence palielināties un 2019. gadā dzimušajiem pēcnācējiem $F_x=2.3\%$.

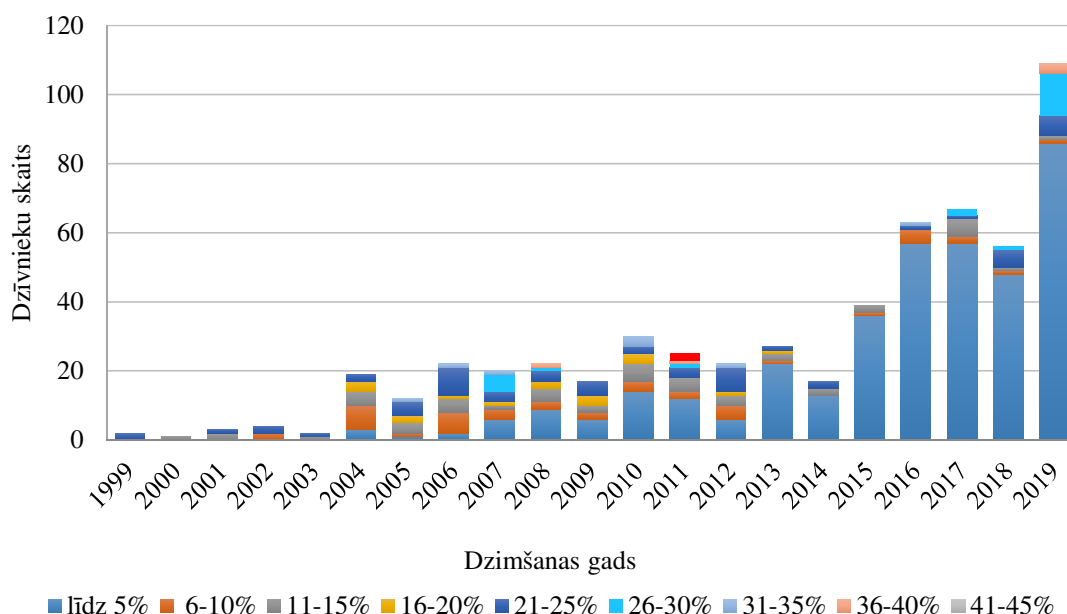
Kopā tika analizēti 3547 dzīvnieki, no kuriem 580 dzīvnieki (16.35%) bija iekšaudzēti, un 2967 dzīvnieki (83.65%) nav iekšaudzēti (4.5. tabula).

LVK šķirnes dzīvnieku sadalījuma pēc inbrīdīngā koeficienta

| Fx | Skaitis | % |
|---------|---------|--------|
| 0% | 2967 | 83.65 |
| līdz 5% | 378 | 10.66 |
| 6-10% | 42 | 1.18 |
| 11-15% | 48 | 1.35 |
| 16-20% | 17 | 0.48 |
| 21-25% | 58 | 1.64 |
| 26-30% | 22 | 0.62 |
| 31-35% | 8 | 0.23 |
| 36-40% | 5 | 0.14 |
| 41-45% | 2 | 0.06 |
| Kopā | 3547 | 100.00 |

Lielākais iekšaudzēto dzīvnieku īpatsvars – 378 dzīvnieki (10.66%) ir ar iekšaudzēšanas koeficientu līdz 5%. Izcelšanās failā 160 dzīvnieki (5.7%) ir dzīvnieki ar augstu iekšaudzēšanas koeficientu (> 11%).

Vērtējot iekšaudzēto dzīvnieku sadalījumu pēc dzimšanas gada (4.20. att.) tiek novērota tendence, ka iekšaudzēto dzīvnieku skaita pieaugums ir no 2015. gada.



4.20. att. Iekšaudzēto LVK šķirnes dzīvnieku sadalījums pēc dzimšanas gada (1999-2019) un iekšaudzēšanas koeficienta.

Iekšaudzēto dzīvnieku skaits strauji pieauga 2019. gadā, un tajā piedzima 109 iekšaudzētie dzīvnieki, kas norāda uz to, ka ganāmpulkos ir jāpievērš lielāka uzmanība, veicot dzīvnieku pāru atlasī. No 109 dzīvniekiem 12 dzīvnieki bija ar iekšaudzēšanas koeficientu robežās no 26 līdz 30%, 6 dzīvnieki ar iekšaudzēšanu 21 – 25% un 3 dzīvnieki ar iekšaudzēšanu 36 – 40%.

Apkopota informācija par pēdējo desmit gadu laikā dzimušajiem un inbrīdētajiem LVK šķirnes dzīvniekiem (4.6.tab.).

4.6.tabula

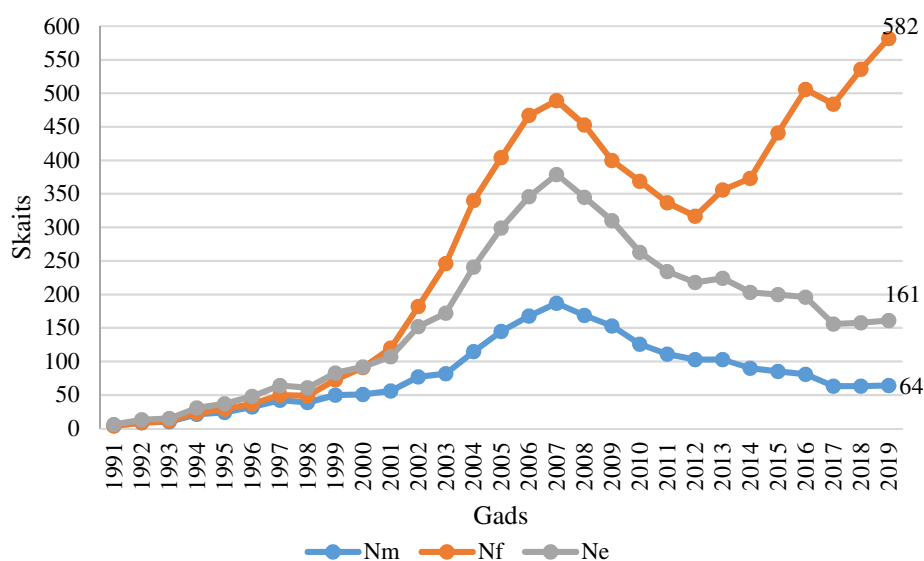
LVK šķirnes dzimušo un inbrīdēto dzīvnieku skaits un īpatsvars no 2010. līdz 2019. gadam

| Gads | Dzimušo skaits | | Inbrīdētie % no dzimušajiem | F vidējais, % | |
|------|----------------|------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
| | visi | inbrīdētie | | visiem | inbrīdētajiem |
| 2010 | 120 | 30 | 25.0 | 2.50 | 9.98 |
| 2011 | 125 | 25 | 20.0 | 2.49 | 12.45 |
| 2012 | 103 | 22 | 21.4 | 3.05 | 14.28 |
| 2013 | 141 | 27 | 19.1 | 0.91 | 4.73 |
| 2014 | 128 | 17 | 13.3 | 0.76 | 5.75 |
| 2015 | 204 | 39 | 19.1 | 0.36 | 1.89 |
| 2016 | 215 | 63 | 29.3 | 0.72 | 2.47 |
| 2017 | 160 | 67 | 41.9 | 1.20 | 2.87 |
| 2018 | 177 | 56 | 31.6 | 1.13 | 3.58 |
| 2019 | 281 | 109 | 38.8 | 2.30 | 5.94 |

LVK šķirnes kazu populācijā pēdējo desmit gadu laikā arī pieaug inbrīdēto dzīvnieku skaits no dzimušajiem, tomēr 2019. gadā tas nepārsniedz pusi dzimušajiem (38.8%). Tiem dzīvniekiem, kuri ir inbrīdēti, vidējais inbrīdīngas koeficients ir būtiski lielāks nekā visiem dzimušajiem.

4.3.3. Latvijas vietējās šķirnes kazu efektīvās populācijas lielums

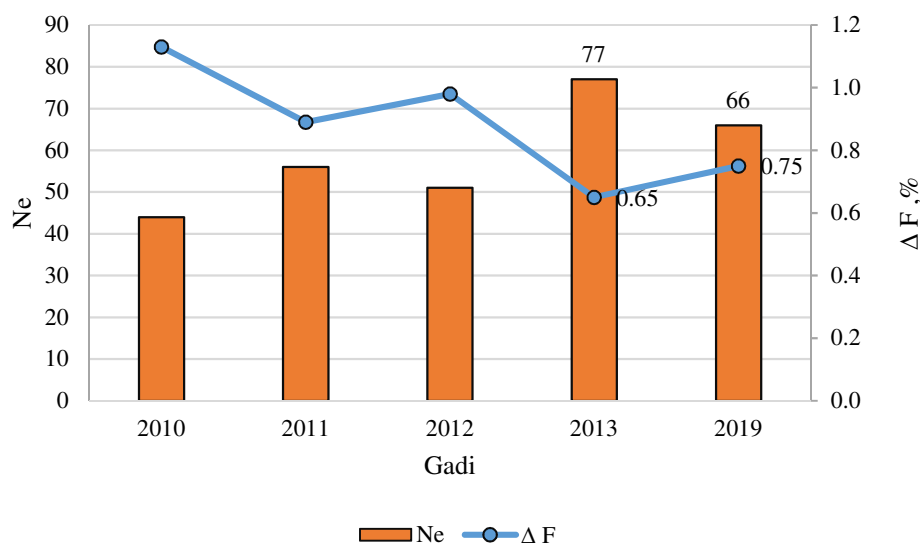
Efektīvās populācijas lielums ir atkarīgs no pāru atlasē izmantojamo vīrišķo un sievišķo īpatņu skaita. Piemēram, 2007. gadā efektīvās populācijas lielums bija visaugstākais un sastādīja $N_e=379$ ar izmantoto sievišķo īpatņu skaitu $N_f=489$ un vīrišķo īpatņu skaitu $N_m=187$ (3. formula, 4.21.att.).



4.21. att. LVK šķirnes kazu efektīvās populācijas lielums N_e , izmantojot sievišķo N_f un vīrišķo N_m īpatņu skaitu pa gadiem.

Kopš 2008. gada novēro efektīvās populācijas samazinājumu no 345 uz 161, kaut gan kopš 2012. gada vērojams sievišķo Nm īpatņu pieaugums no 317 līdz 582, tomēr šajā pašā laika posmā populācijā izmantoto pārošanai vīrišķo īpatņu skaits samazinās un pēdējos trīs gadus ir 63 līdz 64 vaislinieki.

Efektīvās populācijas lielums LVK šķirnē izmantojot vecāku, un pēcnācēju inbrīdīga koeficients konkrētajā gadā dots 4.22. attēlā (4. formula).



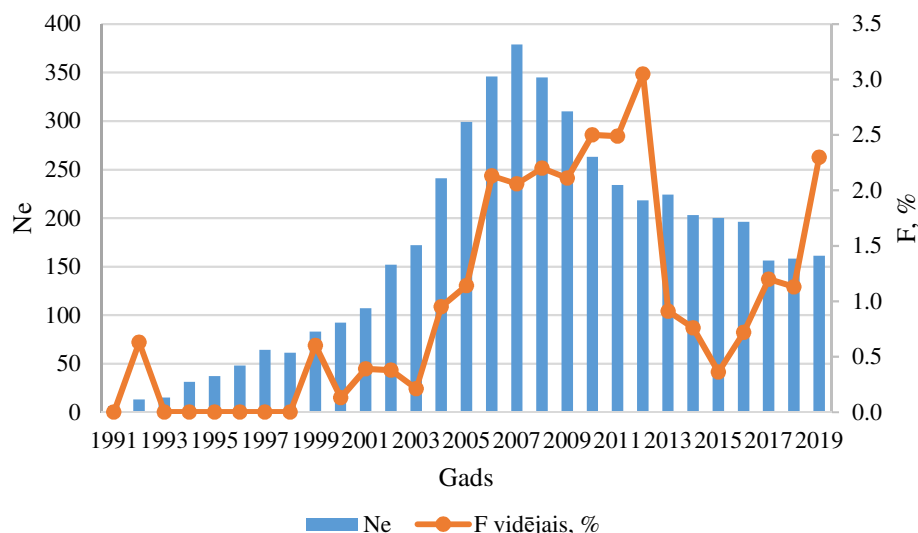
4.22. att. LVK šķirnes dzīvnieku efektīvās populācijas lielums un inbrīdīga pieaugums (ΔF) paaudzes laikā.

Aprēķinot inbrīdīga pieaugumu paaudzes laikā LVK šķirnes dzīvniekiem, efektīvās populācijas lielums 2019. gadā ir 66 dzīvnieki. Efektīvās populācijas lielumu pēc inbrīdīga koeficienta vecākiem un pēcnācējiem LVK šķirnē neizdevās korekti aprēķināt no 2014. līdz 2018. gadam, datu masīvā iztrūkstot informācijai par izcelšanos.

Samazinoties efektīvās populācijas lielumam, LVK šķirnes kazu populācijā palielinās inbrīdings. Inbrīdīga pieauguma sekas var būt produktivitātes samazināšanās un reprodiktīvo pazīmju pasliktināšanās, jo tuvradniecība veicina recesīvo gēnu uzkrājumu populācijā, kas var būt saistīti ar ģenētiskām slimībām.

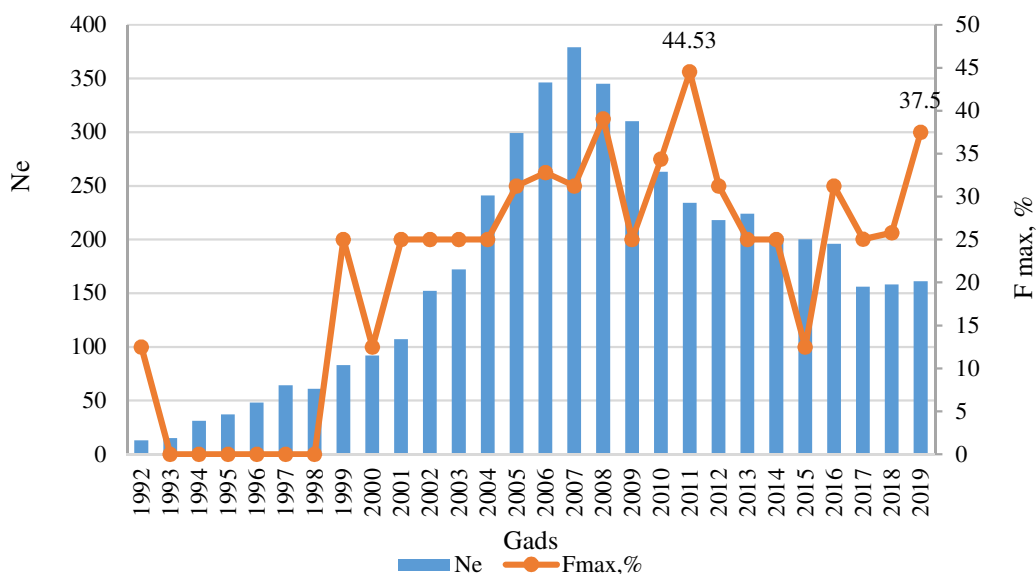
LVK šķirnes kazu efektīvās populācijas lielums un vidējais inbrīdīga koeficients pa gadiem redzams 4.23. attēlā.

Efektīvās populācijas lielums 100 dzīvniekus pārsniedza 2001. gadā ($N_e=107$). Līdz 2007. gadam sasniedzot maksimāli efektīvās populācijas lielumu ($N_e=379$). Turpmākajos gados efektīvās populācijas lielums ir samazinājies, jo samazinājās vaislas āžu skaits. Pēdējos trīs gados efektīvās populācijas lielums ir stabils no 156 līdz 161 dzīvniekam. Attēlā redzama efektīvās populācijas lieluma un inbrīdīga koeficienta sakarība. Vidējais inbrīdīga koeficients 2019. gada ir palielinājies līdz 2.3%, tomēr tas ir pieļaujamās robežās.



4.23.att. Efektīvās populācijas lielums N_e un populācijas vidējais iekšaudzēšanas koeficients F pa gadiem.

Tomēr populācijā sastopami atsevišķi dzīvnieki ar ļoti augstu inbrīdīga koeficientu (vairāk par 12.5%; 4.24. att.).



4.24. att. Efektīvās populācijas lielums N_e un populācijā sastopamais LVK šķirnes dzīvnieku maksimālais iekšaudzēšanas koeficients F pa gadiem.

LVK šķirnes dzīvniekiem augstākais inbrīdīga koeficients bijis 44,53%, kas novērots 2011. gadā dzimušam dzīvniekam. Arī 2019. gadā dzimušam dzīvniekam $F = 37.5\%$, kas liecina, ka ne tikai pats dzīvnieks, bet arī viņa vecāki iegūti radniecīgajā pārošanā. No šāda dzīvnieka nevajadzētu izvēlēties pēcnācējus vaislai, īpaši vaislas āžus.

Inbrīdīga koeficients lielāks par 6.25% rada gēnu homozigotību, ģenētiskās mainības samazināšanos populācijā, kas noved pie inbrīdīga depresijas, kas izpaužas kā dzīvnieku vitalitātes, rezistences un produktivitātes samazināšanās (Furst, C., Furst - Wajtl, B., 2009).

Efektīvās populācijas lielums ir ģenētiskās daudzveidības mērs populācijā. Tāpēc tas ir svarīgs parametrs mājas dzīvnieku audzēšanā un apdraudēto dzīvnieku sugu uzturēšanas plānošanas stratēģijās.

SECINĀJUMI

1. Veiktajā pētījuma noskaidrots, ka vietējās, apdraudētajās šķirnēs pēcnācēju skaits ir neliels tomēr pēdējo gadu laikā (no 2014. līdz 2019. gadam) tas ir palielinājies:
 - Latvijas brūnās šķirnes populācijā vaislai izmantoja no 16 līdz 20 vaisliniekiem un no 41 līdz 71 vaisliniecei. Iegūto pēcnācēju skaits ir palielinājies no 41 dzīvnieka līdz 71 dzīvniekam.
 - Latvijas zilās šķirnes populācijā izmantoto vaislinieku skaits bijis no 7 līdz 15, vaislinieces no 90 līdz 141 un pēcnācēju skaits palielinājies no 90 līdz 143 dzīvniekiem.
 - Latvijas vietējā šķirnes kazu populācijā vērojama līdzīga tendence. Vaislas āžu skaits palielinājies no 19 līdz 23, vaislas kazu mātes no 111 līdz 229 un iegūto pēcnācēju skaits no 128 līdz 281 dzīvniekam.
2. Vietējo apdraudēto govju un kazu populācijās vaislai izmantoto vīrišķo un sievišķi dzīvnieku vidējais vecums pēdējo piecu gadu laikā bijis atšķirīgs:
 - Latvijas brūnās šķirnes populācijā izmantoto vaislas bulļu vidējais vecums pēcnācēja dzimšanas gadā bija lielāks par 20 gadiem. Pēcnācēju mātes bijušas vidēji 4.8 gadus vecas ar tendenci vecumam samazināties.
 - Latvijas zilās šķirnes populācijā izmantoto vaislinieku vidējais vecums bija 7.9 gadi. Mātes pēcnācēja dzimšanas gadā bijušas vidēji 4.7 gadus vecas.
 - Latvijas vietējā šķirnes kazu populācijā vaislas āžu vidējais vecums pēcnācēja dzimšanas gadā bija 3.2 gadi, bet kazu mātes vidējais vecums 4.3. gadi.
3. Govju populāciju 1. paaudzes dzīvnieku izcelšanās informācija (ciltsraksti) pēdējos 10 gados ir pilnīga (100%), 2. paaudzei no 96.4 līdz 100. Tālākajās paaudzēs līdz pat 5. paaudzei izcelšanās pilnīgums bija no 80 līdz 99.9%. Latvijas vietējās šķirnes kazu populācijā 1. paaudzes dzīvniekiem izcelšanās informācija, sākot ar 2014. gadu, pārsniedza 95% un 2019. gadā bija 100%. 2. paaudzes izcelšanās informācija bija no 91.6 līdz 98.6%. Trešās un ceturtās paaudzes izcelšanās informācija bija zināma 80 līdz 95%.
4. Vidējai inbrīdīga koeficients (F) analizētajās populācijās pa gadiem dzimušajiem dzīvniekiem ir bijis mainīgs, tomēr ar tendenci palielināties pēdējo piecu gadu laikā:
 - Latvijas brūnās šķirnes populācijā 2019. gadā $F=2.61\%$.
 - Latvijas zilās šķirnes populācijā 2019. gadā $F=5.20\%$.
 - Latvijas vietējā šķirnes kazu populācijā 2019. gadā $F=2.30\%$.
5. Analizētajās šķirnēs vidējie inbrīdīga koeficienti ir pieļaujamās robežās, tomēr pēdējo desmit gadu laikā palielinās dzimušo inbridēto dzīvnieku īpatsvars.
 - Latvijas brūnās šķirnes populācijā 2019. gadā visi dzimušie ir vairāk vai mazāk inbridēti.
 - Latvijas zilās šķirnes populācijā 2019. gadā tikai 2 dzīvnieki no dzimušajiem nebija inbridēti.
 - Latvijas vietējā šķirnes kazu populācijā 2019. gadā 38.8% nodzimušajiem bija inbridēti.

6. Efektīvās populācijas lielums (N_e) analizētajās vietējās govju un kazu populācijās ņemot vērā vecāku skaitu pa gadiem samazinās:
 - Latvijas brūnās šķirnes populācijā 2019. gadā $N_e=166$.
 - Latvijas zilās šķirnes populācijā 2019. gadā $N_e = 54$.
 - Latvijas vietējā šķirnes kazu populācijā 2019. gadā $N_e=161$.
7. Efektīvā populācijas lielums (N_e) un inbrīdīga pieaugums (ΔF) paaudzē, kas iegūts zinot dzīvnieku, pēcnācēju un pēcteču inbrīdīga koeficientus (F) paaudzē noskaidrots:
 - Latvijas brūnās šķirnes populācijā 2019. gadā $N_e=76$.
 - Latvijas zilās šķirnes populācijā 2019. gadā $N_e = 61$
 - Latvijas vietējā šķirnes kazu populācijā 2019. gadā $N_e=66$.Samazinoties N_e palielinās F un ΔF . Efektīvās populācijas lieluma samazināšanos galvenokārt veicina neliels vaislinieku skaits, kuri piedalās pēcnācēju radīšanā.

IETEIKUMI

- Latvijas brūnās, arī Latvijas zilās un arī šķirnes Latvijas vietējo kazu populācijās nepieciešams pievērst uzmanību jaunu vaislas bulļu izaudzēšanai, kuri nebūtu inbrīdēti, vai to inbrīdīga koeficients nepārsniegtu 5%.
- Analizētajās populācijās veikt rūpīgu izcelšanās informācijas reģistrēšanu, lai ciltsrakstu pilnīgums piecās, līdz sešās paaudzēs būtu 95 līdz 100%.
- Pie ierobežota efektīvās populācijas lieluma veikt pārdomātu pāru atlasī, lai populācijās izvairītos no ģenētiskās mainības samazināšanās.
- Šķirnes dzīvnieku audzētāju organizācijām periodiski (vienu reizi paaudzes laikā) veikt apdraudēto šķirņu populāciju struktūras, inbrīdīga un efektīvās populācijas lieluma analīzi, lai varētu ierobežot ģenētiskās daudzveidības samazināšanos vaislas dzīvnieku populācijā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Falconer, D.S., Mackay, T., F., C (1996). Introduction to Quantitative Genetics. 4th Edition. Longman London and New York, NY. P. 438.
2. Ferenčakovič M., Solkner J., Kapš M. et al. (2017). Genome-wide mapping and estimation of inbreeding depression of semen quality traits in a cattle population. *Journal of Dairy Science*, No. 100, p. 4721–4730.
3. Furst, C., Furst- Walzl, B. (2009): Inzucht & Co- Aktuelle Auswertungen zur genetischen Vielfalt. Seminarunterlagen der Zentralen Arbeitsgemeinschaft osterreichischer Rinderzuechter (ZAR), Wien.
4. Goszczynski D., Molina A., Teran E. et al. (2018). Runs of homozygosity in a selected cattle population with extremely inbred bulls: descriptive and functional analyses revealed highly variable patterns. *Open Access Journal*. 24 p.
5. Gulisija D., Gianola D., Weigel K. A. (2007). Nonparametric Analysis of the Impact of Inbreeding on Production in Jersey Cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 90, Issue 1, p. 493–500.
6. Leory G. (2014). Inbreeding depression in livestock species: Review and meta-analysis. *Animal Genetic*, Vol. 45, p. 618–628.
7. Margulis S. W., Walsh A. (2002). The effects of inbreeding on testicular sperm concentration in *Peromyscus polionotus*. *Reproduction, Fertility and Development*, Vol. 14, p. 63–67.
8. Martikainen K., Sironen A., Uimari P. (2018). Estimation of intrachromosomal inbreeding depression on female fertility using runs of homozygosity in Finnish Ayrshire cattle. *Journal of Dairy Science*, Vol. 101, Issue 12, p. 11097–11107.
9. Meuwissen, T.H.E., 1999. Operation of conservation schemes, in Genebanks and the Conservation of Farm Animal Genetic Resources. Ed. Oldenbroek, K.K., DLO Institute for Animal Science and Health, Lelystad, The Netherlands. pp. 9-112.
10. Sorensen, A.C., Sorensen, M.K. & Berg, P., 2005. Inbreeding in Danish Dairy cattle breeds. *J. Dairy Sci.* 88, 1865-1872.
11. Swartz A. Massey J. (2007). Inbreeding: Its Meaning, Uses and Effects on Farm Animals. *Extension University of Missouri*. 7 p.