



Een duurzaam fokprogramma voor het Lakenvelder rund

Inteelt en verwantschap binnen de Nederlandse Lakenvelder populatie en adviezen voor de toekomst

Mira Schoon, Jack Windig, Anouk Schurink

Rapport 49



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Een duurzaam fokprogramma voor het Lakenvelder rund

Inteelt en verwantschap binnen de Nederlandse Lakenvelder populatie en adviezen voor de toekomst

Mira Schoon, Jack Windig en Anouk Schurink

Dit onderzoek is uitgevoerd door CGN, in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), in het kader van WOT-03 Genetische Bronnen (projectnummer WOT-03-003-056)

Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN), Wageningen University & Research
Wageningen, mei 2020

CGN rapport 49

Schoon, M.A., J.J. Windig, A. Schurink, 2020. *Een duurzaam fokprogramma voor het Lakenvelder rund; Inteelt en verwantschap binnen de Nederlandse Lakenvelder populatie en adviezen voor de toekomst*. Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen University & Research, CGN rapport 49. 22 blz.; 9 fig.; 2 tab.; 4 ref.

Samenvatting – Het Lakenvelder rund behoort tot de Nederlandse zeldzame landbouwhuisrassen. Voor het in stand houden van een zeldzaam ras is het van groot belang om de trend in het aantal fokdieren en de inteelttoename van de populatie te monitoren. In 2019 heeft het Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN) een genetische populatie analyse uitgevoerd voor de Nederlandse Lakenvelder runderen. Hierbij kwam naar voren dat de inteelttoename in de afgelopen decennia boven de door de FAO gestelde norm van 0,5% per generatie lag en dat er gericht fokbeleid nodig is om de inteelttoename in de toekomst te verlagen. In een tweede deel van het onderzoek zijn met computersimulaties verschillende maatregelen geanalyseerd om vast te stellen hoe een verlaging van de inteelttoename kan worden bereikt. De simulaties lieten zien dat de inzet van meer fokstieren en een gelijkmatigere verdeling van de inzet per stier zal leiden tot een verlaging van de inteelttoename. Ook bleek uit de simulaties dat selectie van fokdieren die het minst verwant zijn aan de totale populatie (lage mean kinship) leidt tot een verwachte inteelttoename binnen de veilige grens (FAO norm). Een combinatie van beide maatregelen zal het meest gewenste effect hebben.

Summary – Dutch Belted cattle is one of the rare native livestock breeds in the Netherlands. Monitoring trends in the number of breeding animals and the rate of inbreeding is essential for the conservation of rare breeds. In 2019, the Center for Genetic Resources, the Netherlands (CGN) carried out a population genetic analysis for the Dutch Belted cattle breed. One of the main results was that the rate of inbreeding in the past decennium exceeded the FAO standard of 0.5% per generation and results showed that there is a need to take precautions to limit the rate of inbreeding in the future. In the second part of the study, various measures were simulated to determine which measures can decrease the expected rate of inbreeding. The simulations showed that the use of a higher number of breeding bulls and a more even distribution of the matings per bull will lead to a decrease in the expected rate of inbreeding. More precisely, selection for a low Mean Kinship (average relationship of an individual to the whole population) could lead to the lowest expected rate of inbreeding. In practice, a combination of different measures is expected to keep the rate of inbreeding for the Dutch Belted population below the safe standard.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/524925> of op www.wur.nl/cgn onder CGN rapporten.

© 2020 Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen University & Research
E cgn@wur.nl

Wageningen University & Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 onderstreept ons kwaliteitsniveau.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Woord vooraf | 5 |
| | Samenvatting | 7 |
| 1 | Introductie | 8 |
| | 1.1 Verwantschap, inteelt en inteelttoename | 8 |
| | 1.1.1 Verwantschap | 8 |
| | 1.1.2 Inteelt | 8 |
| | 1.1.3 Inteelttoename | 8 |
| | 1.1.4 Inteelttoename per generatie | 9 |
| 2 | De huidige stand van zaken | 10 |
| | 2.1 Onderzoeksvragen | 10 |
| | 2.2 Materiaal en methodes | 10 |
| | 2.2.1 Dataset | 10 |
| | 2.2.2 Analyse | 10 |
| | 2.3 Resultaten | 10 |
| | 2.3.1 Volledigheid van stambomen | 10 |
| | 2.3.2 Populatiegrootte en inzet als fokdier | 11 |
| | 2.3.3 Bijdrage stieren | 12 |
| | 2.3.4 Generatie interval | 13 |
| | 2.3.5 Inteelt en verwantschap | 13 |
| | 2.4 Discussie | 14 |
| 3 | Verlagen van de inteelttoename | 15 |
| | 3.1 Onderzoeksvragen | 15 |
| | 3.2 Materiaal en methode | 15 |
| | 3.2.1 Populatie | 15 |
| | 3.2.2 Biologische gegevens | 16 |
| | 3.2.3 Fokbeleid, populatie structuur en selectie | 16 |
| | 3.3 Resultaten | 16 |
| | 3.3.1 Standaard, de huidige situatie | 16 |
| | 3.3.2 Inzet van het aantal fokstieren en totaal aandeel topstieren | 16 |
| | 3.3.3 Selectie op inteelt of verwantschap | 17 |
| | 3.4 Discussie | 18 |
| 4 | Conclusies en aanbevelingen | 20 |
| | Literatuur | 21 |

Woord vooraf

Het Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN) geeft op aanvraag adviezen aan rasverenigingen en stamboeken over het behoud van genetische diversiteit binnen rassen, en over strategieën voor duurzame instandhouding van rassen. Daarbij ligt de nadruk op de ontwikkeling en evaluatie van fokstrategieën en fokprogramma's met behoud van genetische diversiteit.

Op verzoek van de Vereniging Lakenvelder Runderen is de inteelttoename in de Nederlandse Lakenvelder populatie door CGN geanalyseerd. Vervolgens is door middel van simulaties gekeken naar de (mogelijke) effecten van verschillende maatregelen om de verwachte inteelttoename in de toekomst te verlagen.

Hierbij willen wij graag het bestuur van de Vereniging Lakenvelder Runderen bedanken voor de samenwerking en het aanleveren van de data.

Samenvatting

Lakenvelders zijn één van de meest herkenbare runderen in Nederland en behoort tot de zeldzame Nederlandse landbouwhuisdierrassen. Voor het in stand houden van zeldzame rassen is het van groot belang om de populatiegrootte (aantal fokdieren) en de toename in inteelt en verwantschap in de populaties te monitoren. In 2019 heeft het Centrum voor Genetische bronnen Nederland (CGN) een populatie genetisch onderzoek uitgevoerd voor de Nederlandse Lakenvelder runderen. Hierbij is gekeken naar de trend (stijging of daling) van het aantal beschikbare fokdieren, het aantal geboortes, de inteelttoename en de gemiddelde verwantschap binnen de populatie. Uit de resultaten van dit onderzoek kwam naar voren dat de inteelttoename in de afgelopen decennia boven de door de FAO (Wereldvoedselorganisatie van de Verenigde Naties) gestelde norm van 0,5% per generatie lag. De conclusie van het eerste deel van het onderzoek luidde dat het voor de toekomst van de Nederlandse Lakenvelder populatie van belang is om beleid op te stellen voor het verlagen van de inteelttoename. In een vervolgonderzoek zijn door middel van computersimulaties verschillende maatregelen geanalyseerd om vast te stellen hoe een verlaging van de verwachte inteelttoename zou kunnen worden bereikt. Als eerste is gekeken naar de verwachte inteelttoename op basis van het huidige fokbeleid en de gegevens uit de genetische populatie analyse. Wanneer het huidige fokbeleid wordt voortgezet zal dat de komende jaren leiden tot een inteelttoename die boven de door de FAO gestelde veilige grens ligt. Vervolgens is er onderzocht wat het effect zou zijn van de beschikbaarheid van meer fokstieren en daarbij ook een gelijkmatigere verdeling van het aantal dekkingen per stier. Uit deze simulaties is gebleken dat de inzet van meer fokstieren en een gelijkmatigere verdeling van de inzet per stier zal leiden tot een verlaging van de verwachte inteelttoename. Als laatste is er gekeken welke selectiemethode tot de sterkste verlaging van de verwachte inteelt zou leiden. Hierbij kwam naar voren dat selectie van fokdieren die het minst verwant zijn aan de totale populatie van fokdieren de laagste verwachte inteelttoename zal opleveren. Fokkers moeten er bij de keuze van fokdieren op letten dat de verwantschap van het fokdier met de rest van de populatie niet te hoog is. Het stamboek wordt geadviseerd om per fokdier de verwantschap met de populatie te publiceren. In de praktijk kan door een combinatie van maatregelen, zoals de inzet en beschikbaarheid van een groter aantal fokstieren met een gelijkmatigere spreiding van de dekkingen per stier samen met het publiceren van de gemiddelde verwantschappen per fokstier, de inteelttoename beneden de FAO norm gehouden worden.

1 Introductie

Het Nederlandse Lakenvelder rund is één van de meest herkenbare runderrassen in Nederland, met het kenmerkende witte laken rond de middenhand en de zwart of rood gekleurde voor- en achterhand. Het ras behoort met 2.500 (Rassenlijst, 2019) volwassen vrouwelijke dieren ingeschreven in het stamboek tot één van de zeldzame landbouwhuisdierrassen.

Voor het in stand houden van zeldzame rassen is het van groot belang om de populatiegrootte en de toename in inteelt en verwantschap in de populaties te monitoren. In 2019 heeft het Centrum voor Genetische bronnen Nederland (CGN) een populatie genetisch onderzoek uitgevoerd voor de Nederlandse Lakenvelder runderen. Hierbij is gekeken naar huidige stand van zaken, het gaat hierbij om het aantal dieren, de inteelttoename en de verwantschap binnen de populatie. Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat de inteelttoename in de afgelopen decennia boven de door de FAO (Wereldvoedselorganisatie van de Verenigde Naties) gestelde norm lag en is er een vervolgonderzoek ingezet. Op basis van computersimulaties zijn verschillende maatregelen vergeleken om vast te stellen welke maatregelen een verlaging van de verwachte inteelttoename teweeg zouden kunnen brengen.

In dit eerste hoofdstuk zijn de relevante begrippen uitgewerkt die van toepassing zijn op de resultaten van het onderzoek. In hoofdstuk 2 volgen de resultaten van het eerste deel, de huidige stand van zaken. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van het vervolgonderzoek uitgewerkt en worden toekomstperspectieven voor de Nederlandse Lakenvelder populatie geschetst.

1.1 Verwantschap, inteelt en inteelttoename

Vaak wordt er gesproken over inteelt, of het inteeltpercentage bij een individueel dier. Voor een duurzame instandhouding van een ras of fokpopulatie is het echter vooral belangrijk om naar de inteelttoename per generatie op populatieniveau te kijken. (Oldenbroek en van der Waaij, 2015).

1.1.1 Verwantschap

Twee dieren zijn verwant wanneer zij één (of meerdere) voorouder(s) delen. Bijvoorbeeld, koe Bertha is verwant aan haar neef Bertus omdat zij dezelfde grootouders hebben, de grootouders zijn hun gemeenschappelijke voorouders. Omdat zij gemeenschappelijke voorouders hebben, hebben Bertha en Bertus deels hetzelfde DNA afkomstig van dezelfde gemeenschappelijke voorouder(s). Verwantschap kan gezien worden als het percentage DNA dat twee individuen beide bezitten en wat afkomstig is van één gemeenschappelijke voorouder.

1.1.2 Inteelt

Inteelt is het resultaat van het paren van verwante dieren, zoals Bertha en Bertus. Zij zijn genetisch meer hetzelfde dan onverwante dieren omdat ze voor een deel hetzelfde DNA delen. Wanneer dieren meer genetisch hetzelfde worden, meer homozygoot, neemt de genetische diversiteit af. Hoe minder variatie er in een populatie aanwezig is, hoe groter de kans wordt op een opeenstapeling van erfelijke gebreken. De kans dat een dier hetzelfde allel van beide ouders ontvangt wordt uitgedrukt in een cijfer, de inteelt coëfficiënt. De inteeltcoëfficiënt heeft een waarde tussen 0 (geen inteelt) en 1 (volledige inteelt) en geeft de mate van inteelt van een individueel dier weer. De inteeltcoëfficiënt zegt iets over een individueel dier.

1.1.3 Inteelttoename

Om op populatieniveau inteelt te kunnen monitoren en zo iets te zeggen over de risicostatus van een ras wordt gebruik gemaakt van de inteelttoename. Voor de inteelttoename wordt de gemiddelde

inteeftcoëfficiënt van alle op dat moment levende dieren in de populatie vergeleken met de gemiddelde inteeftcoëfficiënt van alle levende dieren in voorgaande jaren. Deze inteefttoename zegt iets over de trend (stijging of daling) van de gemiddelde inteeftcoëfficiënt in de populatie van het desbetreffende ras.

1.1.4 Inteefttoename per generatie

De inteefttoename per generatie maakt het mogelijk om de inteeltrisico's tussen diersoorten te vergelijken. De ene diersoort plant zich veel sneller voort dan andere diersoorten, zo kan een konijn in één jaar al meerdere nieuwe generaties hebben gecreëerd en is het rund net vruchtbaar. Doordat het konijn al meerdere generaties verder is, is de kans ook groter dat daar de inteeft sneller toeneemt dan bij een dier dat nog geen nieuwe generatie nakomelingen heeft.

Een te hoge inteefttoename per generatie heeft een directe relatie met de kans op het optreden van erfelijke aandoeningen. Voor de beoordeling van deze risico's heeft de FAO een referentiekader vastgesteld (FAO, 2013), voor een samenvatting zie tabel 1.1.

Tabel 1.1 Inteefttoename per generatie in relatie tot de kans op erfelijke gebreken.

| Inteefttoename per generatie | Beoordeling risico's |
|------------------------------|---|
| >1% | Uitsterven door opeenstapeling erfelijke gebreken |
| 0,5% - 1% | Erfelijke gebreken gaan vrijwel zeker voorkomen |
| 0,25% - 0,5% | Er kunnen erfelijke gebreken optreden |
| < 0,25% | Kleine kans op erfelijke gebreken |

2 De huidige stand van zaken

Nederlandse Lakenvelders behoren met ongeveer 2.500 volwassen vrouwelijke dieren (Rassenlijst 2019) ingeschreven in het stamboek tot één van de zeldzame runderrassen. Voor kleine populaties is het van belang om deze goed te monitoren en periodiek de populatie in het geheel te analyseren en te kijken of er maatregelen nodig zijn voor de toekomst. In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van de genetische populatie analyse uitgevoerd in 2019.

2.1 Onderzoeksvragen

Om de status van de Nederlandse Lakenvelder populatie goed te kunnen beoordelen is het onderzoek en de hoofdvraag opgesplitst in deelvragen.

Hoofdvraag

Wat is de huidige risicostatus van de Nederlandse Lakenvelder populatie en zijn maatregelen noodzakelijk voor het behoud van een gezonde populatie in de toekomst?

Deelvragen

- I. Hoeveel kalveren worden er jaarlijks geboren en wat is de verdeling in het aantal mannelijke en vrouwelijke fokdieren?
- II. Hoe staat het met het huidige inteeltniveau, met de gemiddelde verwantschap en wat was de inteelttoename in de afgelopen generaties?
- III. Zijn maatregelen noodzakelijk voor het behoud van een gezonde populatie in de toekomst?

2.2 Materiaal en methodes

2.2.1 Dataset

Voor de analyse zijn alle stamboomgegevens van alle Lakenvelders uit ZooEasy (stamboekregistratiesysteem) aangeleverd door de Vereniging Lakenvelder Runderen. In totaal waren er gegevens beschikbaar van 23.640 runderen geboren tussen 1950 en 2019. Hiervan was 63,6% vrouwelijk en 36,4% mannelijk.

2.2.2 Analyse

Met behulp van het computerprogramma *Inteeltmonitor* zijn de stambomen van de Lakenvelders doorgerekend om inteelt en verwantschap van de runderen vast te stellen, evenals de trend in deze parameters. Gezien een te snelle stijging van inteelt en verwantschap is de kans op het optreden van erfelijke gebreken, zoals een verminderde vruchtbaarheid of een verkorte levensduur vergroot. De algemeen aanvaarde maximum inteelttoename per generatie ligt op 0,5% per generatie (zie tabel 1.1).

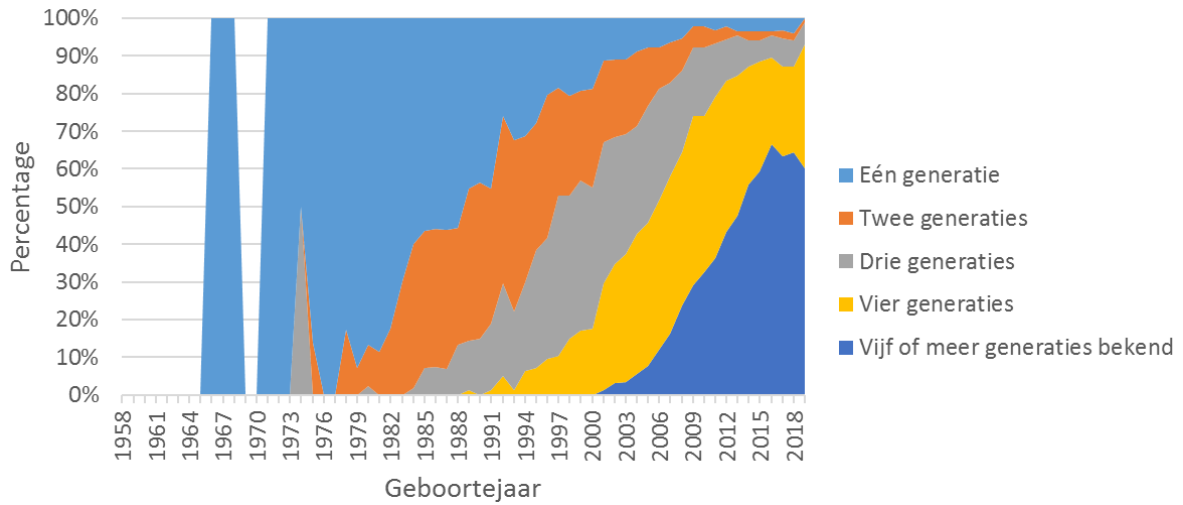
2.3 Resultaten

2.3.1 Volledigheid van stambomen

Met de volledigheid van de stambomen worden het aantal generaties en voorouders die in een stamboom bekend zijn bedoeld. Het aantal generaties aan gegevens heeft invloed op het berekende inteeltpercentage, bij beperkte gegevens over de voorouders zullen er minder gemeenschappelijke voorouders gevonden worden en zal het inteeltpercentage eerder worden onderschat. Het is daarom van belang om inzicht te hebben in de volledigheid van de stambomen van de Lakenvelders. Uit de

analyse kwam naar voren dat de volledigheid van de stambomen van de dataset voldoende was om berekeningen op uit te voeren.

Voor 65% van de kalveren geboren in 2018 waren vijf of meer generaties bekend. Eén generatie terug is dit percentage reeds gedaald naar circa 45% van de geboren kalveren (Figuur 2.1).

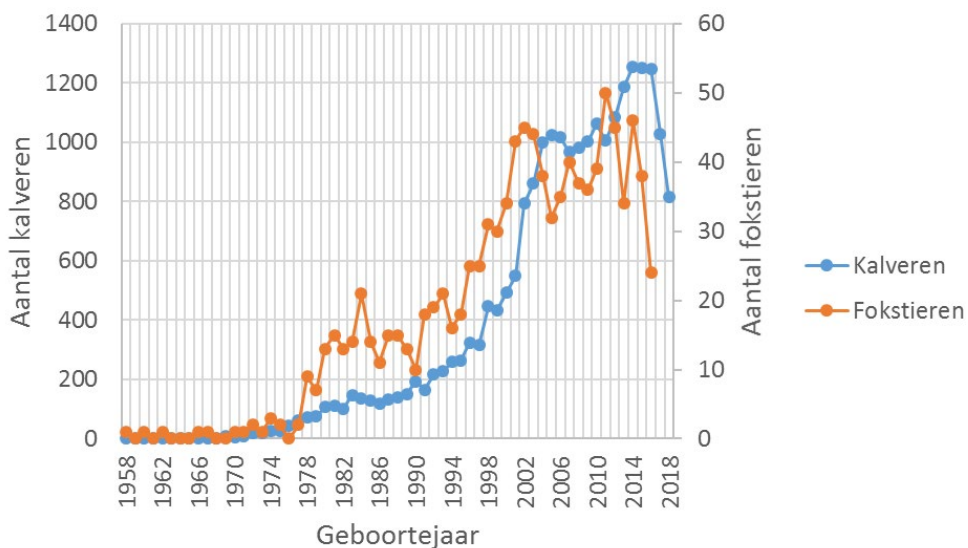


Figuur 2.1 Volledigheid van stambomen. Het aantal generaties waarvan voorouders in de stambomen bekend zijn, per geboortejaar.

2.3.2 Populatiegrootte en inzet als fokdier

Het geboortejaar van de geregistreerde Lakenvelder runderen varieerde van 1958 tot 2019 (Figuur 2.2). Tussen 2014 en 2016 werden de meeste kalveren per jaar geregistreerd, circa 1.250 per jaar. In 2017 werden 1.027 kalveren geregistreerd. Het aantal daalde verder, naar 815 in 2018. Dit duidt op een afname van het aantal geboren kalveren per jaar. Maar, mogelijk dat begin 2019 de registratie van alle kalveren in 2018 nog niet was afgerond en dat het aantal geboren kalveren in 2018 nog niet volledig is.

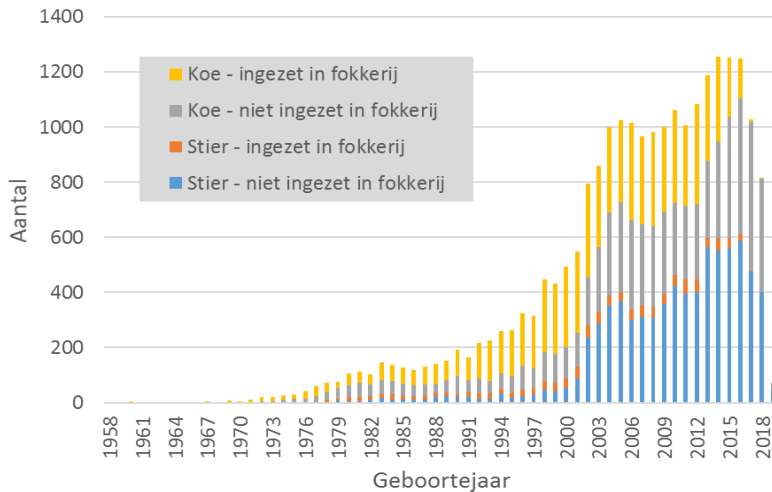
Gedurende de laatste jaren werden gemiddeld 40 van de stierkalveren per geboortejaar op volwassen leeftijd ingezet in de fokkerij (Figuur 2.2). In geboortejaar 2016 lag dit aantal aanzienlijk lager, namelijk 24 stieren. Dit betreft stieren die destijds, in 2019, drie jaar oud waren. Het is aannemelijk dat het aantal stieren geboren in 2016 en alsnog is ingezet in de fokkerij en dit aantal nog is gestegen of nog zal stijgen.



Figuur 2.2 Het aantal kalveren en fokstieren met nakomelingen per geboortejaar.

Het aantal en het percentage koeien dat op latere leeftijd werd ingezet in de fokkerij (en dus nakomelingen voortbrengt) lag veelal boven de 50%, maar daalde naar 47% in 2014, 33% in 2015 en 22% in 2016 (zie Figuur 2.3). Deze resultaten duiden erop dat er minder koeien worden ingezet in de fokkerij.

Het aantal en het percentage stieren dat op latere leeftijd wordt ingezet in de fokkerij (en dus nakomelingen voortbrengt) lag, zoals verwacht, een stuk lager dan bij de koeien. Ook bij de stieren lijkt eveneens een afname te worden geobserveerd in het aantal stieren dat wordt ingezet in de fokkerij (Figuur 2.3).

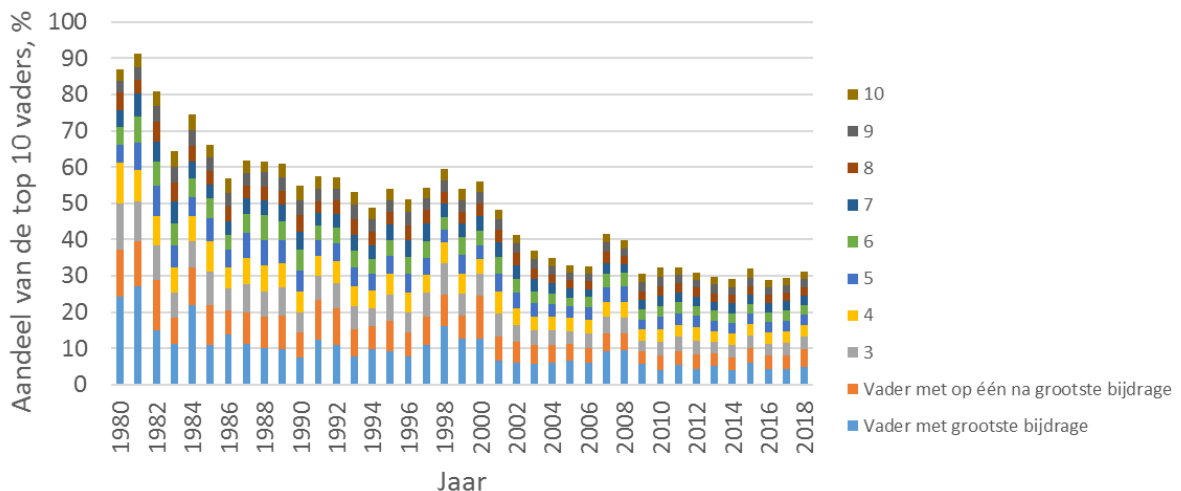


Figuur 2.3 Het aantal kalveren (uitgesplitst naar geslacht) per geboortjaar dat op latere leeftijd wel of geen nakomelingen heeft voortgebracht.

2.3.3 Bijdrage stieren

Het totale aandeel van de top tien stieren met de grootste bijdrages per jaar is met de tijd afgenomen (zie figuur 2.4). De tien topstieren met de grootste bijdrages hadden gedurende de afgelopen twee generaties een totaal aandeel van rond de 30%. De overige 70% van de geboren kalveren per jaar stamden af van andere fokstieren, met elk een beperkte bijdrage.

De bijdrage van de topstieren met de grootste bijdrage per jaar, lag gedurende de afgelopen twee generaties op circa 5% per stier, wat als beperkt kan worden geïdentificeerd. Een aantal van de topstieren stonden meerdere jaren achter elkaar in de top tien. De totale bijdrage van deze stieren werd elk jaar dan ook met 5% vergroot. Een stier met een grote bijdrage zorgt voor vele nakomelingen. Aangezien al deze nakomelingen aan elkaar verwant zijn, is de kans aanzienlijk dat daarmee de toekomstige inteelt zal toenemen.



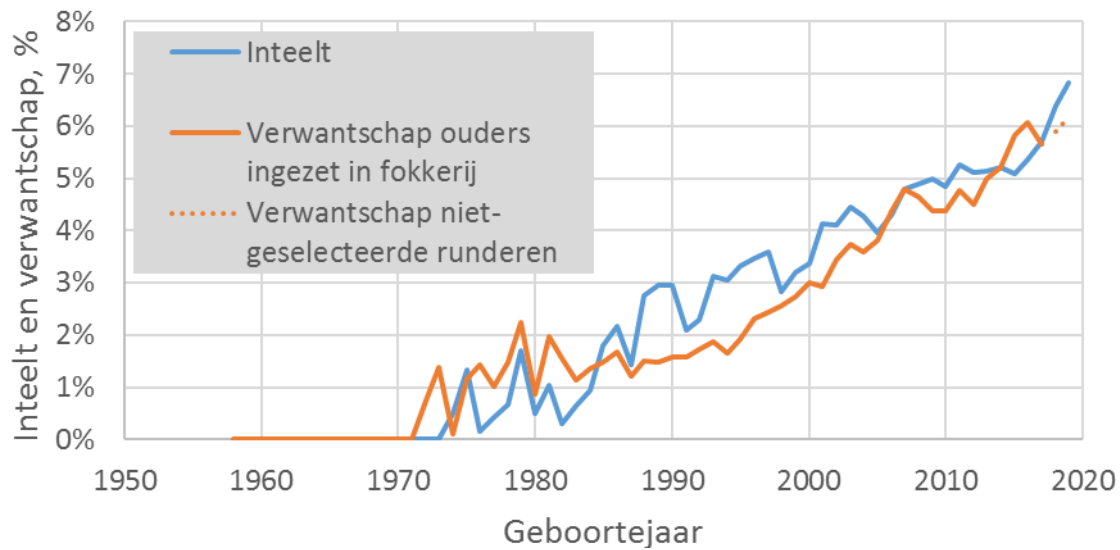
Figuur 2.4 Het totale aandeel (in percentages) van de tien topstieren die de meeste kalveren per jaar voortbrachten.

2.3.4 Generatie interval

Het generatie interval, de gemiddelde leeftijd waarop ouders hun nakomelingen krijgen, bepaalt de snelheid van genetische vooruitgang door selectie in een populatie. Het berekende generatie interval in de populatie bedroeg 4,85 jaar, waarbij er geen verschil was tussen vaders' (4,87 jaar) en moeders' zijde (4,84 jaar). Dit generatie interval is vergelijkbaar met andere zeldzame runderrassen.

2.3.5 Inteelt en verwantschap

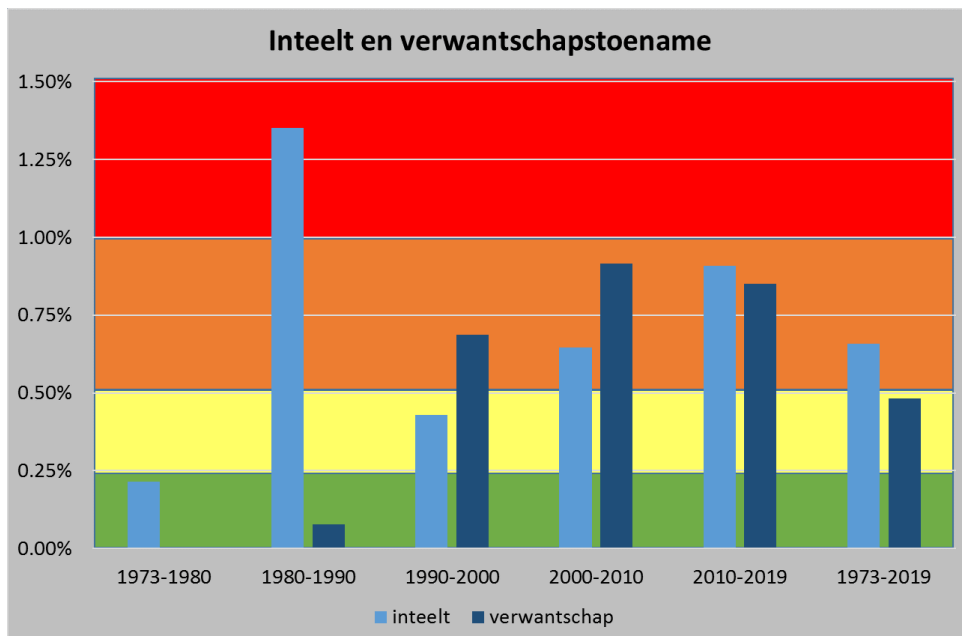
Het gemiddelde inteelt percentage was in de loop van de jaren toegenomen tot 6,83% voor alle kalveren geboren in 2019 (Figuur 2.5). De inteelttoename per generatie (ΔF) bedroeg 0,66% over de periode van 1973 tot 2019 en lag boven daarmee de door de FAO gestelde norm van 0,50% per generatie (FAO, 2013). De inteelttoename per generatie is berekend met inachtneming van de gemiddelde inteeltpercentages vanaf geboortjaar 1973. Vanaf dit jaar was het aantal geboren kalveren per jaar voldoende groot. Een beperkt aantal runderen geboren in een specifiek jaar, vaak geobserveerd in de beginjaren van de registratie van een populatie, kan leiden tot een vertekend beeld van de inteelttoename per generatie.



Figuur 2.5 De trend in het gemiddelde inteeltpercentage, de verwantschap tussen ouders die zijn ingezet in de fokkerij en verwantschap tussen niet-geselecteerde runderen (in procenten) per geboortjaar.

De verwantschap tussen ouders ingezet in de fokkerij is een voorspelling van de inteelt in de volgende generatie. De verwantschap bij de Lakenvelder tussen 1985 en 2012 lag echter duidelijk onder de inteelt. Dit duidt er op dat fokkers de meer verwante stieren meer dan gemiddeld hebben ingezet om hun koeien mee te dekken. In de loop van de tijd is het verschil tussen inteelt en verwantschap afgenomen. Dit duidt op meer uitwisseling binnen de populatie.

De inteelttoename en de toename in verwantschap per generatie verschilde per periode van tien jaar (Figuur 2.6). Zo steeg de inteelt sterk tussen 1980 en 1990 (1,35% per generatie) terwijl de verwantschap toen nauwelijks steeg (0,10% per generatie). In de daaropvolgende periodes lag de toename voornamelijk tussen de 0,50% en 1,00% per generatie (of net er onder voor de inteelttoename voor 1990). Een dergelijke toename is aan de hoge kant, met een zekere kans op erfelijke gebreken, vooral de inteelttoename van 0,91% per generatie voor de periode 2010-2019 is zeer hoog. Dit houdt in dat maatregelen noodzakelijk zijn en in het fokbeleid opgenomen dienen te worden om de inteelttoename in de toekomst te verlagen.



Figuur 2.6 De toename in inteelt (lichtblauw) en verwantschap (donkerblauw) in procent per generatie bepaald voor alle runderen voor periodes van 10 jaar en de gehele periode. De kleuren representeren de risico's in relatie tot de kans op erfelijke gebreken, deze lopen van groen met een laag risico tot rood met zeer hoog risico.

2.4 Discussie

De volledigheid van de stambomen van de Nederlandse Lakenvelder populatie was van voldoende kwaliteit om de analyse en de berekeningen op uit te voeren. Het generatie interval bedroeg 4,85 jaar en is vergelijkbaar met andere zeldzame runderrassen.

Het aantal geboren kalveren per jaar lijkt te dalen van circa 1.250 per jaar in de periode van 2014-2016, naar 1.027 in 2017 en 815 in 2018. Het percentage koeien dat op latere leeftijd wordt ingezet in de fokkerij lijkt de afgelopen jaren ook te dalen. Er worden minder koeien ingezet in de fokkerij en eenzelfde trend wordt geobserveerd voor de stieren. Doordat er minder verschillende dieren met verschillende genetische achtergronden worden ingezet voor het produceren van een volgende generatie, kan dit leiden tot een verlies van genetische diversiteit binnen de populatie.

Het totale aandeel van de tien topstieren met de grootste bijdrages aan de populatie lag in de afgelopen generaties rond 30% per jaar. De bijdrage per jaar per stier was meestal beperkt (~5% voor de stier met de grootste bijdrage). Echter, de totale bijdrage liep regelmatig op wanneer diezelfde stier gedurende meerdere jaren achtereen in de top tien van vaderdieren stond.

De inteelttoename lag sinds het jaar 2000 (ver) boven de door FAO vastgestelde veilige norm. Om de risico's van een opeenstapeling van erfelijke gebreken door de hoge inteelttoename te verlagen is het noodzakelijk om maatregelen op te nemen in het fokbeleid om de inteelttoename per generatie te verlagen.

3 Verlagen van de inteelttoename

Naar aanleiding van het genetische populatie onderzoek (hoofdstuk 2) en de noodzaak om de inteelttoename in de nabije toekomst te verlagen zijn in een vervolgonderzoek verschillende maatregelen vergeleken met behulp van computersimulaties. De Nederlandse Lakenvelder populatie is zo nauwkeurig mogelijk nagebootst op grond van de verzamelde gegevens uit hoofdstuk 2. Het mogelijke effect van de verschillende maatregelen op het verlagen van de inteelttoename wordt in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Onderzoeksvragen

Om inzicht te krijgen in welke maatregelen het meeste effect zouden hebben op het verlagen van de verwachte inteelttoename binnen de Nederlandse Lakenvelder populatie zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

Hoofdvraag

Welke maatregelen kunnen de inteelttoename het meest verlagen in de Nederlandse Lakenvelder populatie?

Deelvragen

- IV. Wat zal de verwachte inteelttoename over 50 jaar zijn op basis van het huidige fokprogramma?
- V. Wat is het effect van meer beschikbare fokstieren en een gelijkmatigere verdeling van de inzet per fokstier op de verwachte inteelttoename over 50 jaar?
- VI. Welke selectiemethode biedt het meest gunstige perspectief op verlaging van de verwachte inteelttoename over 50 jaar, selectie op basis van inteelt, verwantschap tussen ouderdieren of gemiddelde verwantschap met de gehele populatie?

3.2 Materiaal en methode

Met behulp van de software *GenManSim* (Windig en Oldenbroek, 2015) zijn verschillende computersimulaties uitgevoerd om inzicht te krijgen in de verwachte inteelttoenames bij verschillende vormen van fokbeleid. Alle simulaties zijn uitgevoerd voor de komende 50 jaar en op basis van 50 herhalingen. De simulaties zijn opgedeeld in drie onderdelen, als eerste de 'standaard' simulatie op basis van de gegevens uit de genetische populatie analyse (hoofdstuk 2). Deze simulatie geeft de verwachte inteelttoename weer wanneer het huidige beleid wordt vervolgd, zonder verdere maatregelen. Resultaten van alternatieve simulaties worden vergeleken met de standaard simulatie. In het tweede onderdeel van de simulatie is gekeken naar het effect van de inzet van meer of minder fokstieren en van de verdeling van de inzet per stier op de verwachte inteelttoename. Het derde onderdeel van de simulaties geeft inzicht in de verwachte inteelttoename bij drie selectiemethoden: i) maximalisatie van de inteelt bij een kalf, ii) het minimaliseren van de verwantschap tussen ouderdieren, en iii) op basis van de gemiddelde verwantschap van een fokdier met de totale populatie.

3.2.1 Populatie

Voor het aantal fokstieren in de simulaties is het aantal KI stieren ($N_{KI} = 25$) en natuurlijk dekkende stieren ($N_{natuurlijk} = 47$) opgeteld en afgerond ($N_{stier} = 70$). Voor de vrouwelijke fokdieren is het aantal vrouwelijke geregistreerde volwassen dieren gebruikt ($N_{koe} = 2.500$) van de CGN rassenlijst 2019 (Rassenlijst, 2019). Het aantal nakomelingen ($N_{kalf} = 1.085$) is gebaseerd op het gemiddelde aantal kalveren van de aflopen vier jaren (gemiddelde laatste 4 jaar: circa 1.250 per jaar in de periode van 2015-2016, 1.027 in 2017 en 815 in 2018 $(1.250+1.250+1.027+815)/4 = \pm 1.085$). Uit het

onderzoek van de stamboomgegevens bleek dat de laatste jaren de tien topstieren (meest gebruikte stieren) verantwoordelijk waren voor 30% van de kalveren.

3.2.2 Biologische gegevens

Uit de genetische populatie analyse kwam de gemiddelde leeftijd van ouderdieren uit op 4,85 jaar (voor stieren en koeien was dit ongeveer gelijk). De exacte verhouding tussen het aantal ouderdieren per leeftijdscategorie was niet bekend. Als basis voor deze verhouding is daarom gebruik gemaakt van gegevens van een eerder onderzoek met een zeldzaam Nederlands dubbeldoel runderras en aangepast om tot gemiddelde leeftijd tussen de 4,5 en 5 jaar te komen (tabel 1). De leeftijd van koe bij eerste keer afkalven is gezet op 24 maanden. Voor 99 procent van de geboortes is er één kalf berekend en 1 procent is op twee kalveren gezet.

Tabel 3.1 Indeling leeftijdscategorieën stier en koe.

| Leeftijd | Stier (%) | Koe (%) |
|----------|-----------|---------|
| 1 jaar | 0 | 0 |
| 2 jaar | 12 | 20 |
| 3 jaar | 17 | 15 |
| 4 jaar | 17 | 15 |
| 5 jaar | 17 | 15 |
| 6 jaar | 16 | 15 |
| 7 jaar | 13 | 13 |
| 8 jaar | 3 | 3 |
| 9 jaar | 1 | 3 |
| 10 jaar | 1 | 1 |
| 11 jaar | 1 | 0 |
| 12 jaar | 1 | 0 |
| 13 jaar | 1 | 0 |

3.2.3 Fokbeleid, populatie structuur en selectie

Voor de standaard simulatie is gebruik gemaakt van de standaard instellingen voor fokbeleid, populatiestructuur en selectie. Dit houdt in dat er geen restricties zijn ingevoerd voor het fokbeleid, geen subpopulaties zijn toegevoegd en geen selectie is toegepast.

3.3 Resultaten

3.3.1 Standaard, de huidige situatie

Het eerste deel van de simulaties bestond uit het simuleren van de verwachte inteelttoename op basis van de basispopulatiegegevens. Dit resulteerde in een inteelttoename (ΔF) van 0,60% per generatie voor de komende 50 jaar. Deze kwam overeen met de inteelttoename die eerder werd uitgerekend in de genetische populatie analyse voor de totale periode van 1973 tot 2019 (hoofdstuk 2, figuur 2.6). per generatie.

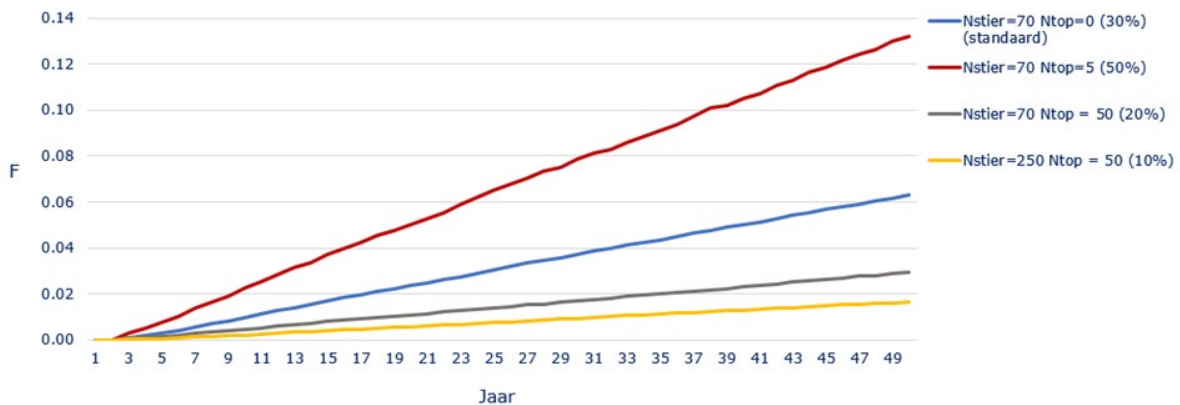
3.3.2 Inzet van het aantal fokstieren en totaal aandeel topstieren

In het tweede deel van de simulaties is gekeken naar het verschil in inteelniveau per jaar voor de komende 50 jaar op basis van meer of minder beschikbare fokstieren, meer of minder topstieren (de meest gebruikte stieren) en de totale procentuele bijdrage van de topstieren gezamenlijk aan de geboren kalveren per jaar (figuur 3.1).

Uit de populatie genetische analyse van 2019 is gebleken dat er tien topstieren ($N_{top}=10$) verantwoordelijk waren voor 30% van de kalveren per jaar (figuur 2.4), en het totaal aantal beschikbare fokstieren lag rond de 70. Dit komt overeen met de blauwe lijn in figuur 2.4 (standaard simulatie), waarbij het verwachte inteelniveau (F) na 50 jaar net boven de 0,06 uitkomt.

In het geval dat er nog een kleiner aantal topstieren ($N_{top} = 5$) verantwoordelijk zou zijn voor een nog groter aandeel van de geboren kalveren (50%) zal het verwachte inteelniveau meer dan twee keer zo hoog komen te liggen (rode lijn, $F=0,13$) en dit kan grote negatieve effecten hebben op de gezondheid van de populatie.

Wanneer het aantal topstieren verhoogd wordt ($N_{top}=50$) en het percentage kalveren waarvoor deze stieren gezamenlijk verantwoordelijk zijn verlaagd wordt naar 20% is er reeds een halvering van het verwachte inteelniveau te verwachten (grijze lijn, $F=0,03$). Dit was het resultaat op basis van de huidige 70 beschikbare fokstieren, er is ook gekeken of het verhogen van het totaal aantal beschikbare fokstieren een positief effect zou kunnen hebben. Bij een verhoging naar 250 beschikbare fokstieren (met $N_{top} = 50$, 10%) ligt het verwachte inteelniveau na 50 jaar nog lager dan één derde van de waarde van de standaard simulatie (gele lijn, $F=0,02$) en geeft hiermee het meest positieve effect weer op het verlagen van de inteelttoename binnen dit onderdeel van de simulaties.



Figuur 3.1 Verwachte inteelniveau (F) voor de komende 50 jaar weergegeven per simulatie met verschillende invoer voor: Inzet van het aantal fokstieren en de totale procentuele bijdrage aan dekkingen van de topstieren gezamenlijk. **Blaue lijn:** standaard simulatie, op basis van de huidige situatie en het huidige fokbeleid (70 stieren in totaal, waarvan 10 topstieren verantwoordelijk voor 30% van de kalveren geboren in dat jaar). **Rode lijn:** 70 fokstieren in totaal, 5 topstieren verantwoordelijk voor 50% van de geboren kalveren. **Grijze lijn:** 70 fokstieren in totaal, 50 topstieren verantwoordelijk voor 20% van de geboren kalveren. **Gele lijn:** 250 fokstieren in totaal, 50 topstieren verantwoordelijk voor 10% van de geboren kalveren.

3.3.3 Selectie op inteelt of verwantschap

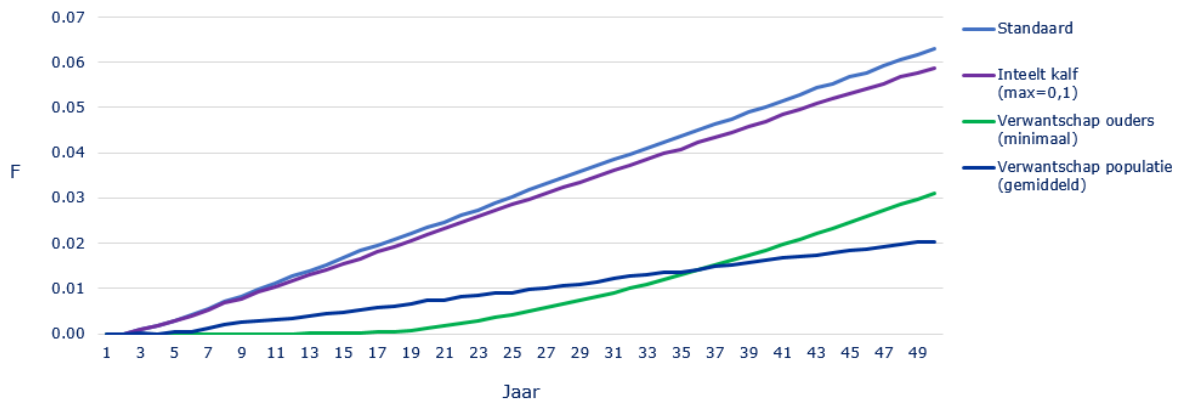
In deel 3 van de simulaties is er gekeken naar de effecten van verschillende selectiemethoden (Figuur 2).

De eerste maatregel was het beperken van de verwachte inteelt voor elke paring (maximaal toegestane inteelt voor kalf, $F=0,10$). Het verwachte inteelniveau over 50 jaar laat een minimale verlaging (paarse lijn, $F=0,06$) zien ten opzichte van de standaard simulatie. Het geheel uitsluiten van inteelt door alleen onverwante dieren te laten paren leidde tot het uitsterven van de populatie binnen de 50 jaar omdat er al snel geen onverwante koppels meer te vinden zijn (resultaten niet weergegeven).

Een andere methode die gebruikt kan worden om de inteelttoename te verlagen is het minimaliseren van de verwantschap tussen ouderdieren (f). Dit levert in de eerste helft van de simulatie (vanaf jaar 0 tot en met jaar 25) een positief resultaat op met een zeer lage inteelttoename per generatie ($\Delta F_{0-25} = 0,09$). Echter zullen er steeds minder onverwante dieren beschikbaar zijn. Dit is te zien in de tweede helft van de simulatie (vanaf jaar 26 tot en met jaar 50), waarbij de stijging van het inteelniveau per jaar uiteindelijk parallel loopt aan de standaard simulatie en de inteelttoename per generatie sterk verhoogd is ($\Delta F_{25-50} = 0,56$) ten opzichte van de eerste periode (groene lijn), en praktisch gelijk aan de standaard populatie zonder maatregelen. Dus het uitzoeken van de minst verwante stier voor elke

koe leidt op de korte termijn tot een sterke verlaging van de inteelt maar heeft op de lange termijn nauwelijks effect.

Een derde methode is het selecteren van fokdieren die het minst verwant zijn aan de totale populatie (=mean kinship (MK)). Bij dit fokbeleid wordt er bij elke paring gekeken welke dieren op dat moment de minste (nauwe) verwanten hebben in de hele populatie. Wanneer een stier al veel nakomelingen heeft binnen de populatie verhoogt dit zijn verwantschap met de gehele populatie en zal deze stier dus minder aantrekkelijk zijn om nogmaals in te zetten. In de simulatie werden de dieren met een lage gemiddelde verwantschap als ouderdieren geselecteerd. Het resultaat van de simulatie laat zien dat het verwachte inteelniveau over 50 jaar uitkomt op ongeveer één derde (donkerblauwe lijn, $F=0,02$) van de uitkomst bij de standaardsimulatie.



Figuur 3.2 Verwachte inteelniveau (F) voor de komende 50 jaar weergegeven per simulatie met verschillende selectiemethoden voor het beperken van inteelt, minimaliseren van verwantschap tussen ouderdieren of gemiddelde verwantschap met de populatie. **Blauwe lijn:** standaard simulatie, op basis van de huidige populatiegegevens en het huidige fokbeleid zonder vorm van inteeltbeheersing. **Paarse lijn:** maximale inteelt coëfficiënt van 0,10 voor nieuwgeboren kalveren. **Groene lijn:** Selectie fokdieren op basis van minimale verwantschap tussen twee ouderdieren. **Donkerblauwe lijn:** Selectie fokdieren op basis van minimale verwantschap van mogelijke ouderdieren in relatie met de totale populatie.

3.4 Discussie

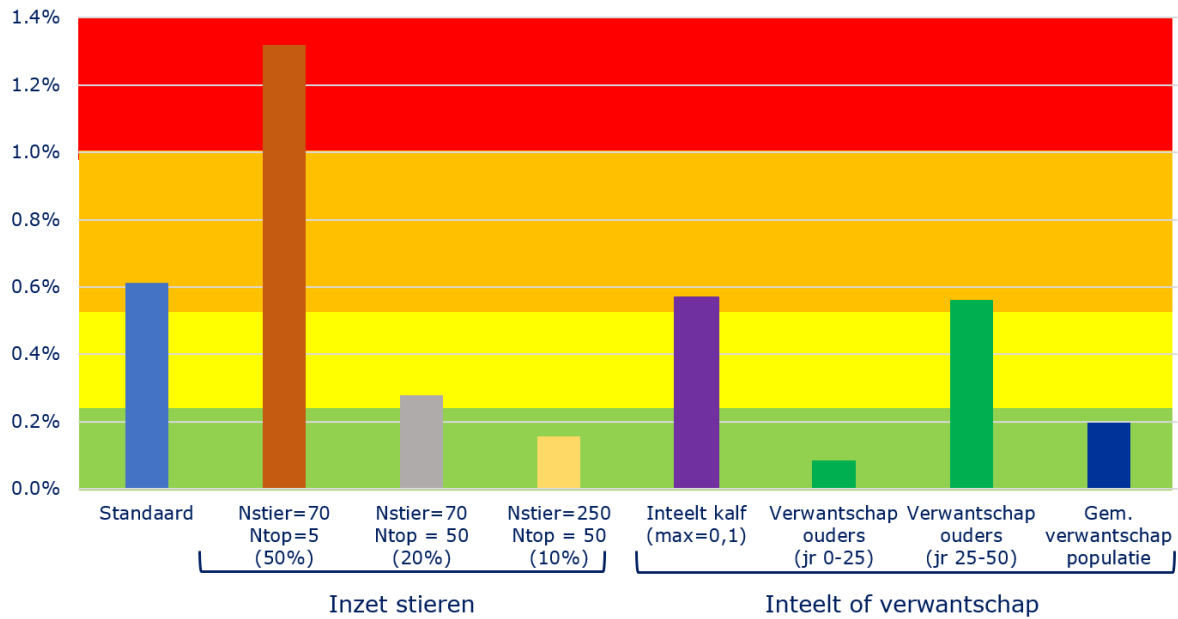
In 3.3 Resultaten is verwachte inteelniveau per jaar weergegeven. In figuur 3.3 is de verwachte inteelttoename uitgedrukt per generatie. Op basis van de verwachte inteelttoename per generatie kunnen de resultaten worden vergeleken met de door de FAO opgestelde risicoclassificatie (zie hoofdstuk 1.1.4. Inteelttoename per generatie).

De standaardsimulatie, op basis van de huidige populatiegegevens en het huidige fokbeleid, laat een verwachte inteelttoename zien van 0,60% en zit daarmee in het oranje vlak (blauwe kolom). Dit geeft aan dat er een verhoogde kans is op negatieve gevolgen van inteelt en het van belang is om in te zetten op het verlagen van de verwachte inteelttoename.

Vervolgens is er gekeken naar het effect van het verhogen of verlagen van het aantal topstieren, maar ook vooral naar de verdeling van het aandeel kalveren per stier. Deze resultaten laten duidelijk zien dat er mogelijkheden zijn om de verwachte inteelttoename te verlagen tot onder de veilige grenswaarde van 0,25% wanneer niet alleen het aantal beschikbare fokstieren wordt verhoogd, maar de inzet per fokstier gelijkmatiger over alle dekkingen wordt verdeeld (gele kolom).

Fokbeleid dat is gericht op het beperken van inteelt in individuele paringen leidt over 50 jaar niet tot een grote verlaging van de verwachte inteelttoename (paarse kolom). En ook al lijkt de selectie op minimale verwantschappen tussen ouderdieren in de eerste periode een positief effect te hebben, binnen kleine populaties is er op langere termijn geen positief effect te zien. (groene kolommen). Daarentegen komt duidelijk naar voren dat selectie van fokdieren die het minst verwant zijn aan de

totale populatie de meest positieve situatie oplevert voor de verwachte inteelttoename in jaar 50 (donkerblauwe kolom).



Figuur 3.3 Samenvatting simulaties: de verwachte inteelttoename per generatie (ΔF) over 50 jaar. ΔF is afgezet tegen de door de FAO vastgestelde risicoclassificatie, van het groene vlak met zeer lage kansen op erfelijke afwijkingen tot het rode vlak met zeer waarschijnlijke uitingen van erfelijke gebreken. **Blauw**: resultaat op basis van de huidige gegevens (standaard simulatie) ($\Delta F=0,61\%$). **Rood**: 70 fokstieren in totaal, 5 topstieren verantwoordelijk voor 50 % van de geboren kalveren ($\Delta F=1,32\%$). **Grijs**: 70 fokstieren in totaal, 50 topstieren verantwoordelijk voor 20 % van de geboren kalveren ($\Delta F=0,28\%$). **Geel**: 250 fokstieren in totaal, 50 topstieren verantwoordelijk voor 10 % van de geboren kalveren ($\Delta F=0,16\%$). **Paars**: maximale inteelt coëfficiënt van 0,1 voor nieuwgeboren kalveren ($\Delta F=0,57\%$). **Groen**: selectie fokdieren op basis van minimale verwantschap tussen twee ouderdieren, opgesplitst in twee periodes, jaar 0-25 ($\Delta F=0,09\%$) en jaar 25-50 ($\Delta F=0,56\%$). **Donkerblauw**: selectie fokdieren op basis van laagste gemiddelde verwantschap in relatie met de totale populatie ($\Delta F=0,20\%$).

4 Conclusies en aanbevelingen

De inteelttoename van de Nederlandse Lakenvelder populatie lag in de afgelopen tien jaar met 0,60% per generatie ruim boven de veilige grens van 0,25% (FAO norm). Het is daarom zeer aan te raden om maatregelen in het fokbeleid op te nemen om de inteelttoename in de toekomst omlaag te brengen.

Met behulp van computersimulaties zijn verschillende maatregelen geanalyseerd en zijn de mogelijke effecten op de verwachte inteelttoename met elkaar vergeleken. Eerst is er gekeken of de verwachte inteelttoename zou kunnen worden verlaagd door een verhoging van het aantal beschikbare fokstieren en een betere verdeling van het aantal nakomelingen per stier. De resultaten gaven duidelijk aan dat het inzetten van meer fokstieren, en vooral een gelijkmatigere verdeling van de inzet per stier, de verwachte inteelttoename zodanig kan verlagen dat deze onder de veilige grens zou kunnen komen te liggen.

Daaarnaast is er gekeken welke mogelijkheden selectie op het minimaliseren van inteelt of verwantschap biedt, om de verwachte inteelttoename in de toekomst te verlagen. Uit de simulaties blijkt dat selectie van fokdieren die het minst verwant zijn aan de totale populatie het meest positieve effect heeft op de verwachte inteelttoename.

Het stamboek kan per fokdier de gemiddelde verwantschap met de gehele populatie (mean kinship) publiceren en daarmee fokkers adviseren in hun fokkerijkeuzes. Bij het Friese paardenstamboek heeft deze methode reeds geleid tot een verlaging van de inteelttoename.

In de praktijk zal een combinatie van verschillende maatregelen het meest gunstige effect hebben en de inteelttoename in de toekomst het meest kunnen verlagen.

Literatuur

Rassenlijst 2019, Centrum voor Genetische bronnen Nederland:
<https://www.wur.nl/web/show/id=872562/langid=43>

FAO. 2013. In vivo conservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 14. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i3327e.pdf>

GenManSim: Windig JJ and Oldenbroek K 2015. Genetic management of Dutch golden retriever dogs with a simulation tool. Journal of Animal Breeding and Genetics 132, 428-440.
<https://www.genebankdata.cgn.wur.nl/software/GenManSim/GenManSim.html>

Oldenbroek, K. en L. van der Waaij, 2015. Leerboek Fokkerij en Genetica voor het HBO. Centrum voor Genetische Bronnen Nederland en Animal Breeding and Genomics Center (WUR). Groen Kennisnet:
<https://wiki.groenkennisnet.nl/display/LFH/>

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



CGN
Postbus 338
6700 AH Wageningen
cgn@wur.nl
www.wur.nl/cgn

Wageningen University & Research
CGN rapport 37

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

