



MR SHOTS

In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?

NIKKI SCHOUTEN
AERES HOGESCHOOL

Afstudeeronderzoek

“In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?”

Auteur

Nikki Schouten

Opleiding: Hippische bedrijfskunde

Major: Bedrijfskunde

E-mail: Nikkischouten@hotmail.com

Telefoon: 06-28985210

Opdrachtgever

Aeres Hogeschool Dronten

De Drieslag 4 8251 JZ, Dronten

Afstudeerdocent

Monique Kuypers

M.kuypers@aeres.nl

Dronten, november 2019

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt het vooronderzoek *“In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?”* Het vooronderzoek is geschreven door Nikki Schouten, student hippische bedrijfskunde in het kader van afstuderen. De aanleiding voor het onderwerp van deze scriptie is een afstudeerstage bij stoeterij Sollenburg. De uiteindelijke onderzoeksvraag is bedacht samen met mijn begeleidende afstudeerdocent Monique Kuypers.

Ik wil mijn afstudeerdocent, Monique Kuypers, dan ook bedanken voor alle begeleiding en inzet. Zonder had ik het niet gekund. Daarnaast wil ik Adri Zekveld bedanken voor alle verleende informatie betreft de paardenfokkerij en de koeienfokkerij, deze informatie heeft mijn scriptie vormgegeven en is essentieel voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Ook Patricia Brands wil ik bedanken, voor alle tips en feedback omtrent het schrijven van een scriptie.

Tot slot wens ik u veel leesplezier.

Nikki Schouten

Almere, 11 november 2019.

Inhoud

Samenvatting	5
Abstract	6
1. Inleiding	7
1.1 Evolutie van het werken met paarden	7
1.2 Internationale belangstelling voor Nederlands gefokte paarden	8
1.3 Selectie van merries en hengsten	8
1.4 Onderzoeksvraag	11
1.5 Doelstelling	11
2. Materiaal en methode	12
2.1 Materiaal	12
2.2 Methode	13
2.3 Deelvragen:	13
3. Resultaten	15
3.1 Hoe wordt erfelijke sport aanleg vastgesteld binnen het stamboek KWPN?	15
3.2 Op welke manier zou de moederlijn meer invloed kunnen hebben op de erfelijke aanleg van de nakomeling?	19
3.3 Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de vaderlijn, indien de moederlijn neutraal is?	22
3.3.1 Resultaten nakomelingen	23
3.3.1.1 Prestaties	23
3.3.1.2 Predicaten	23
3.4 Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de moederlijn, indien de vaderlijn neutraal is?	24
3.4.1 Resultaten nakomelingen	25
3.4.1.1 Prestaties	25
3.4.1.2 Predicaten	25
4. Discussie	26
5. Conclusie	29
5.1 Erfelijke sport aanleg vastgesteld door het KWPN	29
5.2 Invloed van moederdier op erfelijke sport aanleg	29
5.3 Invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de vaderlijn, indien de moederlijn neutraal is.	30
5.4 Invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de moederlijn, indien de vaderlijn neutraal is.	31
5.6 Gelijke invloed op erfelijke sport aanleg door de ouderdieren	32
6. Aanbeveling	33
6.1 Ervaringen van de auteur	33
Bibliografie	34
Bijlage 1: Overzicht aanlegtesten en predicaten.	38
Bijlage 2: Analyse invloed van vaderlijn op erfelijke aanleg als de moederlijn neutraal is.	40
Bijlage 3: Analyse invloed van moederlijn op erfelijke aanleg als de vaderlijn neutraal is.	42

Samenvatting

Het onderwerp van dit afstudeerwerkstuk is *“In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?”*.

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zijn er vier deelvragen opgesteld. De eerste twee deelvragen zijn door middel van een literatuuronderzoek beantwoordt. De laatste twee deelvragen zijn door middel van een kwantitatieve deskresearch beantwoordt. Er werd hier onderzoek gedaan naar secundaire data, verkregen uit de database van het KWPN en het KNHS

In theorie is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vaderlijn, echter lijkt het erop dat dit niet zo is. Door middel van het bestuderen van nakomelingen met een moederdier met hoge fokwaardes en een vaderdier met gemiddelde fokwaardes en het bestuderen van nakomelingen met een vaderdier met hoge fokwaardes en een moederdier met gemiddelde fokwaardes.

Het KWPN stelt de erfelijke sport aanleg vast door middel van fokwaardes en erfelijkheidsgraden, deze gegevens worden verwerkt in een genetisch profiel. Bij een minimale betrouwbaarheid van 30% wordt dit genetisch profiel gepubliceerd en toegevoegd aan de database van het KWPN.

Er zijn verschillende studies die aangetoond hebben dat een merrie op meerdere manieren invloed kan hebben op de nakomeling buiten het DNA om. Het gaat hierbij om maternale effecten, deze effecten beginnen vanaf het moment van bevruchting en eindigen bij het afspenen. Factoren als de voeding, stress, leeftijd, pariteit, bouw en het doorgeven van mitochondriën zien we hierin terug. Deze factoren hebben effect op de sport-, exterieur- en gezondheid-fokwaardes die de erfelijke sport aanleg van een nakomeling bepalen.

De vaderlijn met hoge fokwaardes heeft invloed gehad op de erfelijke sport aanleg van het veulen bij een neutrale moederlijn, het gaat hier met name om de sportprestaties het exterieur van de nakomelingen.

De moederlijn met hoge fokwaardes heeft invloed gehad op de erfelijke sport aanleg van het veulen bij een neutrale vaderlijn, het gaat hier met name om de maternale effecten tijdens en na de dracht. Deze maternale effecten hebben invloed op de fokwaardes die de sport aanleg van een nakomelingen vaststellen.

Dit afstudeerwerkstuk dient als pilot om een trend vast te stellen in de overerving van sportaanleg naar de nakomelingen, op zichzelf is dit onderzoek niet groot genoeg om een bewijs te leveren betreft de populatie KWPN-dressuurpaarden in Nederland.

De aanbeveling voor de belanghebbende van dit onderzoek, het stamboek KWPN en de fokkers, is om dit onderzoek op grotere schaal nog eens uit te voeren. Door het onderzoek op grotere schaal uit te voeren zal de betrouwbaarheid hiervan omhooggaan omdat er een groter deel van de populatie geanalyseerd kan worden. Daarnaast kunnen de contaminerende variabele hierbij gefilterd worden.

Abstract

The subject of this thesis is "To what extent is the hereditary sport predisposition of a foal equally influenced by the mother and father line?".

To answer the main question there are four sub-questions. The first two sub-questions have been answered using literature research. The last two sub-questions have been answered using a quantitative desk research. Research was done to secondary data from the KWPN and the KNHS. In theory the hereditary sport predisposition of a foal is equally influenced by the mother- and father line, however this thesis proved that to be wrong. By analysing offspring with a mother with high breeding values and a father with average breeding values and by analysing offspring with a father with high breeding values and a mother with average breeding values.

The KWPN determines the hereditary sport predisposition using breeding values and genetic degrees, the data is processed in a genetic profile. With a minimum reliability of 30% this genetic profile will be published and added to the database of the KWPN.

There are several studies that have proven that a mare can have influence on the offspring in multiple ways besides DNA. These are called maternal effects, these effects have influence from the moment of Fertilization till weaning. Factors like nutrition, stress, age, parity, stature and mitochondrial DNA play a part in the hereditary predisposition. These factors influence the sport-, exterior- and health- breeding values that determine the hereditary sport predisposition.

De father line with a high breeding value has had influence on the hereditary sport predisposition of the foal with a mother line with an average breeding value, in this case that were the sport performances and exterior of the offspring.

The mother line with a high breeding value had had influence on the hereditary sport predisposition of the foal with a father line with an average breeding value, in this case that were mostly the maternal effects during and after the gestation. These maternal effects have an influence on the breeding values that determine the hereditary sport predisposition.

This thesis serves as a pilot to determine a trend in the inheritance of the hereditary sport predisposition of the offspring. On itself this thesis is not big enough to prove something about the KWPN-dressage horse population in the Netherlands.

The recommendation for the interested party of this research, the KWPN studbook and the breeders, is to carry out this research more widely. Because the research will be carried out on a larger scale, its reliability will go up because a larger proportion of the population can be analysed. In addition, the contaminating variable can be filtered.

1. Inleiding

De Nederlandse paardensector telt ruim 500.000 actieve ruiters (KNHS, 2017), variërend van de wedstrijdruiter tot aan de recreant. Deze ruiters zijn in het bezit van een eigen paard of beoefenen de sport op een van de ruim 1000 maneges in Nederland (KNHS, 2017). In totaal zijn er naar schatting 450.000 paarden en pony's in Nederland, dit is ongeveer 6% van het totaal aantal paarden in Europa (Horsenl, 2016). De paarden sector heeft een omzet van €2 miljard euro per jaar. Met de hoogte van de omzet en 1,2 miljoen geïnteresseerden is de paardensport, na voetbal, de sport met de grootste economische waarde. (Jansen, 2019)

De paardensport telt meer dan 3000 verenigingen (KNHS, 2017), deze verenigingen organiseren samen 7300 evenementen. Deze evenementen bieden de ruimte voor 765.000 wedstrijdstarts voor 50.000 wedstrijdruiters (KNHS, 2017).

Deze wedstrijden worden verreden binnen de verschillende disciplines, de verschillende disciplines die erkent zijn door de KNHS luiden als volgt:

1. Dressuur
2. Springen
3. Eventing
4. Endurance
5. Mennen + para
6. Horseball
7. Reining
8. Voltige
9. TREC
10. Aangespannen sport (KNHS, sd).

De meest bekende disciplines in Nederland zijn de dressuur, het springen en de eventing. Dit zijn dan ook de drie disciplines die terug te zien zijn op de Olympische spelen (Tekstschrijvert, 2016). Op de Paralympische spelen wordt alleen de dressuur verreden.

1.1 Evolutie van het werken met paarden

Het beoefenen van de verschillende disciplines is tegenwoordig heel normaal, echter was dit vroeger niet zo. Voor de eerste wereldoorlog werden paarden ingezet bij het voeren van een oorlog, de afloop van een oorlog was voornamelijk afhankelijk van de kwaliteit van paard en ruiter. De partij die over de beste paarden en ruiters beschikte won in de meeste gevallen de oorlog. Tijdens de eerste wereldoorlog veranderde dit, de eerste wereldoorlog was een loopgravenoorlog waarbij paarden niet ingezet konden worden. De paarden werden vanaf dat moment alleen nog ingezet voor het overbrengen van boodschappen (Vereniging eigen paard, sd). Tevens werd een paard gebruikt om te helpen bij het bewerken van de grond op boerderijen, de zogeheten werkpaarden. In Nederland werden hiervoor sterke warmbloedpaarden gefokt, het Groninger paard of het Gelders paard. Na de tweede wereldoorlog werden de paarden vervangen door machines (Priester, 2000).

De mechanisatie heeft ervoor gezorgd dat de paarden op het land vervangen werden door tractoren, maar de band tussen boer en paard bleef. In deze tijd is de ruitersport ontstaan, de sport en het werk van toen gingen niet samen. Er werden andere eisen gesteld aan het paard en daarom werd er een ander fokdoel ontwikkeld. Door het inzetten van Franse-, Engelse- en Duitse volbloedhengsten in de fokkerij werd het landbouwpaard omgevormd tot het sportpaard dat we nu kennen. Het selecteren op het gewenste exterieur en bewegingsmechanisme werd hier geïntroduceerd.

Vanaf 2006 vond er een specialisatie plaats in de rijpaarden, daarmee ontstonden naast de verschillende takken in de paardensport ook het discipline gericht fokken. De vier fokrichtingen binnen het KWPN zijn:

1. Het springpaard
2. Het dressuurpaard
3. Het tuigpaard
4. Het Gelders paard (KWPN, sd).

1.2 Internationale belangstelling voor Nederlands gefokte paarden

Het Nederlandse sportpaard is zeer gewild, dit komt onder andere door de vele successen die behaald zijn in de sport. Charlotte Dujardin behaalde samen met Valegro goud bij de discipline dressuur op de Olympische spelen van Londen en heeft daarmee opnieuw het Nederlandse paard in de kijker gezet. Valegro is een Nederlands gefokt paard (AD, 2013). Naast de vele overwinningen door Nederlands gefokte paarden, trekken ook de kwaliteiten de aandacht van internationale ruiters en fokkers. Nederland exporteert vooral veel paarden naar Noord-Amerika, Zuid-Amerika en China (Dekker, 2015). In China is Nederland vanaf 2010 zelfs de marktleider op het gebied van de paardenexport (Kruis, 2017).

Een voordeel voor de internationale klant is dat er in Nederland veel goede paarden te vinden zijn op een kleine oppervlakte, daarnaast beschikt Nederland over veel kennis van de paardensport en fokkerij (VH, 2019).

Dat de Nederlands gefokte paarden zeer gewild zijn is terug te zien in de cijfers. Nederland behaalt een omzet van €273 miljoen euro aan de export van Nederlands gefokte paarden zoals het Koninklijk Warmbloed Paard Nederland (KWPN) en de Friezen (KFPS) (Ritzen, 2015).

Naast de vele successen van Nederlands gefokte paarden op het wereldtoneel is de belangstelling ook te wijten aan de manier waarop Nederland zijn sport paarden produceert. Wanneer men kijkt naar het stamboek KWPN, is te zien dat ouder dieren van de sport paarden van nu door een strenge selectie gaan. Hier wordt onderscheidt gemaakt in hengsten- en merrie selecties. Uit de resultaten van deze selecties kan een potentiële koper veel nuttige informatie halen. De selecties wijzen uit of een paard voldoende aanleg voor de sport heeft, daardoor wordt het duidelijk of het paard interessant is om mee te fokken of de sport mee te bedrijven. Naast het feit dat het interessante informatie is voor de potentiële koper is het ook een bewijs dat Nederland streeft naar kwaliteit en gezondheid voor zijn paarden.

1.3 Selectie van merries en hengsten.

Het fokdoel van het KWPN-dressuurpaard is het fokken van een dressuurpaard dat op Grand Prix-niveau kan presteren, hierop worden de paarden dan ook geselecteerd. Er zijn voor zowel merrie als hengst predikaten te behalen, deze predikaten geven het onderscheid in kwaliteit aan. Daarnaast zijn er ook aanlegtesten, deze aanlegtesten geven de natuurlijke aanleg van het paard aan. De aandachtspunten en vereisten voor merrie en hengst zijn in tabel 2 beschreven, de overeenkomsten en verschillen tussen merrie- en hengsten selectie komen hierin naar voor. (Tabel 2 is te vinden in bijlage 1).

Zoals in het tabel te lezen is zijn er voor de merrie meer predicaten te behalen dan voor de hengst, de goedkeuring om te functioneren als fokdier is echter strenger voor een hengst. Deze is strenger vanwege het feit dat een hengst een sterkere invloed heeft op de kwaliteit van de populatie nakomelingen, omdat een hengst honderden nakomelingen per jaar kan produceren (Andronida, 2014), wel geldt dat het aantal nakomelingen afhankelijk is van de kwaliteit van het sperma en de hoeveelheid porties die hiermee gemaakt kunnen worden. Een merrie heeft per jaar maar 1 nakomeling van eigen dracht, als de fokker meer nakomelingen van dezelfde merrie wil produceren in dat jaar kan er gekozen worden voor embryotransplantatie, waarbij het aantal nakomelingen meestal niet meer dan 10 is per jaar. Daarnaast is het voor een hengst verplicht goedgekeurd te zijn vóór dat hij geregistreerd mag worden als dekhengst in de fokkerij bij het KWPN. Bij de merries is dit niet zo en daarom is het dan ook vrijwillig om een merrie op te geven voor de selecties.

Deze uitgebreide selectieprocedures van zowel hengst als merrie vormen een ondersteuning voor de fokkers, de resultaten geven een duidelijk inzicht in de kwaliteiten van erfelijke aanleg en gezondheid van een paard. Het kiezen van ouderdieren wordt hiermee eenvoudiger gemaakt. Als het paard niet kan voldoen aan het fokdoel valt hij af.

In theorie bestaat het DNA van een nakomeling voor 50% uit DNA van het moederdier en 50% van het DNA van het vaderdier (Maurice-van Eijndhoven, 2015). Echter is hier geen rekening gehouden met de staat en gezondheid van het follikel, de baarmoeder en de dracht. Deze hebben ook effect op de kenmerken van de embryo en dus op de nakomeling. De vraag is welk effect het follikel, de baarmoeder en dracht precies hebben op de overerving naar de nakomeling, dit is nog niet bekend. Bij de runderen is uit onderzoek gebleken dat er wel antwoord gegeven kan worden op de vraag of één van de twee ouder dieren meer invloed heeft op bepaalde kenmerken.

Volgens onderzoek van Huizinga is bij runderen gebleken dat de maternale effecten invloed hebben op de productie van melk en de reproductiekenmerken. Voorbeelden hiervan zijn de hoeveelheid liters melk en de vetverhouding in het melk. Het moederdier heeft in deze dus meer invloed in de overerving naar de nakomeling dan het vaderdier (Huizinga, 1986).

Uit het onderzoek, Impacts of cytoplasmic inheritance on production traits of dairy cattle geschreven door Boettcher in 1995, blijkt dat het de vaars is die haar mitochondriën door geeft aan de nakomeling. De mitochondriën (mtDNA) zorgen voor energievoorziening in de cellen. De lactatie van een melkkoe kost heel veel energie, doordat de energievoorziening verkregen wordt door de mtDNA (van het moederdier) kan er gezegd worden dat de vaars in deze meer invloed heeft op de overerving naar de nakomeling dan de stier (Boettcher, 1995).

Schutz heeft in 1994 aangetoond dat de mitochondriën in het DNA, effect hebben op de melkproductie en het vetgehalte dat teruggevonden wordt in de melk van de nakomeling. In dit onderzoek wordt opnieuw bevestigd dat het de vaars is die meer invloed heeft op productie kenmerken in de overerving naar de nakomeling (Schutz, 1994).

Uit de hierboven besproken onderzoeken is dus te concluderen dat het moederdier meer invloed heeft op de nakomeling dan het vaderdier bij de runderen voor bepaalde kenmerken. Deze eigenschappen zijn de productie van melk en de daarbij behorende vetgehaltes, dit komt door het energieniveau dat bepaald wordt door de mitochondriën die door het moederdier zijn vererfd.

Bij de schapen is er aangetoond dat het moederdier zelfs nog meer invloed heeft op de nakomelingen dan bij de runderen. Dit komt doordat er een grotere variatie zit in de worpgrootte bij schapen. De lammeren delen de ruimte en voedingsstoffen die de baarmoeder aanbiedt met het aantal lammeren dat het schaap op dat moment draagt. Afhankelijk van de bouw en doorbloeding van de baarmoeder betekent het, dat de lammeren na de geboorte een inhaalslag moeten maken in de groei. Er moet voldoende energie en voedingsstoffen in de moedermelk zitten om van te groeien. Ook geldt dat een lam zijn slachtgewicht moet bereiken met de door de moeder aangeboden melk omdat het lam bij zijn moeder blijft tot dat hij naar de slacht gebracht wordt. Bij een kalf is het slachtgewicht niet afhankelijk van het moederdier, een kalf gaat na enkele dagen over op poedermelk en hier is geen invloed van het moederdier aanwezig (Bradford, 1972).

Aangezien de maternale effecten invloed hebben op de individuen, hun levensloop en de reproductieve levenskenmerken bij verschillende diersoorten zal de populatie en de evolutie hiervan veranderen (Fouqueray, 2013). Indien aangetoond wordt dat de merrie meer invloed heeft op de overerving van bepaalde kenmerken naar de nakomeling, kan deze kennis meegenomen worden in de fokkeuze van de moederdieren. Als er meer aandacht besteed wordt aan de invloed van de merrie lijn en de specifieke kenmerken die door vererfd worden, zal er een evolutie in de fokkerij en de populatie daarvan ontstaan. Deze evolutie zal er mogelijk voor zorgen dat het fokdoel sneller bereikt wordt.

Kan er bij de paarden ook gezegd worden dat de merrie meer invloed heeft op de kenmerken van een nakomeling dan de hengst en zo ja, welke kenmerken zijn dit?

Om hierachter te komen is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *“In hoeverre is de erfelijke aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn”*

Erfelijke aanleg gaat over de eigenschappen die overdraagbaar zijn van de ene generatie naar de volgende generatie, dit gebeurt door overerving van de genen.

Een eerdere studie “Potential role of maternal lineage in the thoroughbred breeding strategy”, heeft aangetoond dat de kwaliteit van de merrie een belangrijke rol speelt in de fokkerij van renpaarden. In dit onderzoek is de invloed van beide ouderdieren op de kwaliteit van de nakomeling uitgelicht, hierbij is de focus gelegd op het atletisch vermogen bij renpaarden. De resultaten van dit onderzoek suggereren dat de merrie in deze een belangrijke rol speelt in het fokken van een atletisch kwalitatief goede nakomeling. Dit komt doordat de nakomeling de mitochondriën van het moederdier mee krijgt, die mitochondriën dragen bij aan het energieniveau en uithoudingsvermogen. Dit zijn twee belangrijke aspecten voor een renpaard. Een renpaard moet snel zijn, genoeg energie hebben en een goed uithoudingsvermogen hebben om de wedstrijd te kunnen winnen (Xiang Lin, 2015). De grotere invloed van de merrie lijn is hierbij aangetoond voor een kenmerk, het atletisch vermogen in de rensport.

Bij andere disciplines in de paardensport is er nog niet bekend welke kenmerken van de nakomeling er voor een hoger percentage beïnvloed worden door de merrie lijn. De discipline die hierbij onderzocht wordt is de dressuur. Komt het atletisch vermogen ook in deze discipline terug en zo ja, is dat aan te tonen met de resultaten van aanlegtesten en prestaties?

De onderzoeksvraag zal aan de hand van 4 deelvragen beantwoord worden:

1. Hoe wordt erfelijke sport aanleg vastgesteld binnen het stamboek KWPN?
2. Op welke manier zou de moederlijn meer invloed kunnen hebben op de erfelijke sport aanleg van de nakomeling?
3. Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de vaderlijn, indien de moederlijn neutraal is?
4. Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de moederlijn, indien de vaderlijn neutraal is?

1.4 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag van deze scriptie, *“In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?”*, is voortgekomen uit de discussie of de invloeden van ouderdieren op de nakomelingen gelijk zijn, of dat er één van de twee ouderdieren overheerst in de overerving van bepaalde eigenschappen.

Op dit moment zijn de selectieprocedures voor een hengst strenger dan voor een merrie, dat een hengst meer invloed heeft op de populatie van de nakomelingen is correct. Echter is er niet aangetoond of de hengst ook een grotere invloed heeft op de erfelijke aanleg van de individuen, dan de merrie. Als het daadwerkelijk de hengst is die meer invloed heeft op de erfelijke aanleg van een nakomeling, zijn de procedures en de eisen die aan een hengst gesteld worden correct. Als het toch de merrie is die meer invloed heeft op de erfelijke aanleg van een nakomeling, zouden de selectieprocedures van de merrie aangescherpt moeten worden om mogelijk sneller het fokdoel te bereiken.

1.5 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is onderzoeken of de merrie lijn meer invloed heeft op de erfelijke aanleg van de nakomeling dan de hengsten lijn en zo ja, welke kenmerken zouden dit mogelijk kunnen zijn? De doelstelling hierbij is mogelijk sneller het fokdoel bereiken. Het fokdoel van het KWPN is het fokken van een paard dat op Grand Prix niveau kan presteren. Uit onderzoek van N. Roefs is gebleken dat slechts 19% van de goedgekeurde hengsten uit 2007, 2008, 2009 en 2010 op Grand Prix niveau loopt. Deze 19% van de goedgekeurde hengsten heeft het fokdoel bereikt (Roefs, 2019). De overige 81% niet, daar is ruimte voor verbetering. De belanghebbende van dit onderzoek zijn het stamboek KWPN en de fokkers van het KWPN-paard. Met de kennis over de invloed van de merrie in de overerving van erfelijke aanleg naar de nakomelingen kan het fokdoel mogelijk sneller bereikt worden.

Als er aangetoond kan worden op welke kenmerken een merrie meer invloed heeft, kunnen er betere adviezen en voorlichtingen gegeven worden door het stamboek KWPN over de keuze van een merrie lijn aan de fokker. Er kan een betere selectie gemaakt worden in de merries die gebruikt zullen worden voor de fokkerij omdat er wordt gelet op de overerving van bepaalde kenmerken, kenmerken die bijdragen aan het behalen van het fokdoel van het KWPN.

Dit onderzoek kan een inspiratiebron zijn voor andere stamboeken om ook voor dat stamboek onderzoek te doen naar de overerving van de moederlijn naar de nakomelingen en de specifieke kenmerken hierbij.

2. Materiaal en methode

In dit hoofdstuk wordt toegelicht welke variabelen er onderzocht worden en op welke manier deze variabelen onderzocht worden. Dit zal per deelvraag gebeuren.

2.1 Materiaal

Het onderzoek richt zich op een vergelijking tussen ouderdieren en hun fokwaardes en de nakomeling en zijn aanleg. Een fokwaarde geeft aan in welke mate het dier waarde zal geven aan de volgende generatie. Het is een schatting van de natuurlijke aanleg van het paard waarbij er gelet wordt op de externe invloeden zoals training, voeding en omgeving (KWPN, sd).

In dit geval gaat het om de overerving van de merrie in vergelijking met de hengst en de waardes van deze ouderdieren. Er wordt hier gekeken naar verschillende combinaties van ouderdieren, hierbij zullen de ouderdieren wisselende waardes hebben. Om ervoor te zorgen dat het onderzoek niet te groot wordt en betrouwbaar blijft, is er een afbakening gemaakt. In dit onderzoek zullen de warmbloedpaarden onderzocht worden die ingeschreven staan bij het KWPN. Er is gekozen om de discipline dressuur te gebruiken voor de benodigde analyses.

Per merrie/ hengst combinatie zullen er nakomelingen bestudeerd worden, deze ouderdieren hebben hun fokwaarde als uitgangspunt. Deze fokwaardes zijn vastgesteld door het KWPN. De focus wordt gelegd op de behaalde predikaten en prestaties. Door nakomelingen te bestuderen van ouderdieren met verschillende fokwaardes kan er wellicht aangetoond worden of één van de twee ouder dieren meer invloed heeft dan de ander.

Bij de individuele prestaties gaat het om de natuurlijke aanleg voor de sport maar is er wel invloed van de ruiter kwaliteit. Door naar de prestaties van de nakomeling te kijken wordt duidelijk of het fokdoel van het KWPN is behaald, de vraag hierbij is of de sport aanleg door de invloed van de hengst of de merrie komt.

Combinaties van ouderdieren:

- Een relatief slechte merrie met een goede hengst.
- Een relatief slechte hengst met een goede merrie.

Onder een “slecht” ouderdier vallen merries en hengsten met een lage fokwaarde, omdat hengsten met een te lage fokwaarde niet geregistreerd worden zullen de neutrale gemiddeldes van de populatie gebruikt worden. Een fokwaarde van ongeveer 100 voor dressuur, dit is het gemiddelde van de populatie. Onder een “goed” ouderdier vallen merries en hengsten met een hoge fokwaarde, een fokwaarde hoger dan 140. Per categorie zullen er 25 nakomelingen bestudeerd worden. Dit zijn wellicht in verhouding tot de populatie weinig paarden maar dit onderzoek kan een trend vaststellen en daarmee als pilot dienen voor een groter onderzoek naar de invloed van de merrie lijn.

Door de nakomelingen te bestuderen kan opgemaakt worden welke invloed beide ouderdieren hebben op de prestaties van de nakomelingen en of er een verschil te zien is in de invloed van de merrie en hengst in vergelijking met elkaar. De fokwaardes, predikten en prestaties worden hierbij als referentiepunten gebruikt.

Het onderzoek wordt gedaan aan de hand van de gegevens uit de database van het KWPN en de uitslagen van de Koninklijke Nederlandse Hippische Sportfederatie (KNHS). De KNHS registreert de behaalde prestaties van een combinatie. De KNHS werkt met een officieel winstpunten systeem, dit betekend dat een prestatie alleen geregistreerd wordt als deze middels het officiële winstpunten systeem op een bij het KNHS aangemelde wedstrijd behaald is. De wedstrijden worden beoordeeld door onafhankelijke jury's. Eind 2018 wordt als laatste meetpunt van de prestaties gebruikt, dan is er zekerheid betreft de volledigheid van de informatie die geregistreerd moet worden door de KNHS. Ditzelfde geldt voor de database van het KWPN.

De benodigde gegevens voor dit onderzoek zijn de fokwaardes, de predikten en de prestaties, deze worden bij elk paard vermeld in de database van zowel het KWPN als de KNHS.

Er wordt een kwantitatieve deskresearch uitgevoerd waarbij er wordt gekeken naar secundaire data. Dit betekent dat de data al verzameld zijn door een ander, in dit geval het KWPN en KNHS.

In dit onderzoek zal alleen naar de invloed van de moederlijn gekeken worden bij dressuur geregistreerde paarden die bij het KWPN staan ingeschreven. De paarden worden op leeftijd uitgekozen, het enige punt van criteria hierbij is dat de nakomeling oud genoeg is om de mogelijkheid te hebben gehad prestaties en predikten te behalen. Hierbij wordt een huidige leeftijd van minimaal 8 jaar gehanteerd, dit omdat een paard op de leeftijd van 8 jaar 100% uitgegroeid is (Bennet, 2008). Daarbij heeft het paard dan de mogelijkheid gehad om in elke klasse tot aan de zware tour te starten omdat het leeftijdsminimum van de desbetreffende klasse dan behaald is (KNHS, sd).

2.2 Methode

Om de onderzoeksvraag *“In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?”* te beantwoorden zal er een kwantitatieve deskresearch uitgevoerd worden naar secundaire data. Deze secundaire data wordt onder andere verkregen door het KWPN te raadplegen. Er zal gezocht worden naar fokwaardes, erfelijkheidsgraden en onderzoeken betreft de maternale effecten op de nakomelingen van zowel paarden als andere landbouwhuisdieren. Verschillende deelvragen zullen onderzocht worden om zo een antwoord te geven op de onderzoeksvraag.

2.3 Deelvragen:

1. Hoe wordt erfelijke sport aanleg vastgesteld binnen het stamboek KWPN?

Bij deze deelvraag gaat het om een literatuuronderzoek, er wordt gezocht naar informatie over de erfelijke aanleg. Voor het verkrijgen van deze informatie worden er zoveel mogelijk bronnen en artikelen geanalyseerd. Het KWPN en vakbladen met artikelen betreft het KWPN kunnen geraadpleegd worden. Daarnaast zal voor de algemene informatie wetenschappelijke bronnen opgezocht worden via Google scholar, de Wageningen Universiteit, Wiley, science direct en Greeni. De zoektermen “erfelijke aanleg”, “natuurlijke aanleg”, “overerving naar nakomelingen”, “overerving van kenmerken”, “aanleg KWPN-paarden”, “Sport aanleg”, “KWPN-sport aanleg”, “overerving van sport kwaliteit”, “erfelijkheid bij KWPN-paarden”, “fokwaardes”, “erfelijkheidsgraad”, “sport fokwaardes”, “erfelijkheid dressuur”, “erfelijke kenmerken” zullen gebruikt worden.

2. Op welke manier zou de moederlijn meer invloed kunnen hebben op de erfelijke aanleg van de nakomeling?

Bij deze deelvraag gaat het om een literatuuronderzoek, er wordt gezocht naar informatie over de erfelijke aanleg. Voor het verkrijgen van deze informatie worden er zoveel mogelijk wetenschappelijke bronnen en artikelen geanalyseerd. Google scholar, de Wageningen Universiteit, Wiley, science direct en Greeni zijn bronnen die geraadpleegd kunnen worden. De zoektermen “Maternale effecten”, “invloed moederdier op nakomeling”

“overeenkomsten DNA van moederdier en nakomeling”, “erfelijke aanleg nakomeling”, “invloed moederlijn”, “erfelijke kenmerken” en “overerving van moederdier”, “Maternal effects”, “DNA inheritance”, “influence of mother animal on offspring”, “maternal effect on offspring animals”, “hereditary traits”, “influence of mtDNA”, “Dressage traits”, zullen gebruikt worden.

3. Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de vaderlijn, indien de moederlijn neutraal is?

Voor het beantwoorden van deze deelvraag zullen er 25 nakomelingen geanalyseerd worden, dit gebeurt aselekt. De paarden die bestudeerd worden zullen een vader hebben met een hoge fokwaarde, een fokwaarde van 140 of hoger. De fokwaarde van de moeder is hierbij neutraal, de gemiddelde fokwaarde van de populatie is 100. Er wordt gekeken naar de behaalde prestaties van de nakomelingen die minimaal 8 jaar of ouder zijn. Het aantal merries en ruinen/hengsten zal hierbij gelijk blijven. De gegevens worden opgehaald uit databases en uitslagen van het KWPN en de KNHS.

4. Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de moederlijn, indien de vaderlijn neutraal is?

Voor het beantwoorden van deze deelvraag zullen er 25 nakomelingen geanalyseerd worden, dit gebeurt aselekt. De paarden die bestudeerd worden zullen een moeder hebben met een hoge fokwaarde, een fokwaarde van 140 of hoger. De fokwaarde van de vader is hierbij neutraal, de gemiddelde fokwaarde van de populatie is 100. Er wordt gekeken naar de behaalde prestaties van de nakomelingen die minimaal 8 jaar of ouder zijn. Het aantal merries en ruinen/hengsten zal hierbij gelijk blijven. De gegevens worden opgehaald uit databases en uitslagen van het KWPN en de KNHS.

3. Resultaten

Om de onderzoeksvraag “In hoeverre is de erfelijke sport aanleg van een veulen gelijk beïnvloed door de moeder- en vader lijn?” te kunnen beantwoorden, wordt er gebruik gemaakt van de 4 opgestelde deelvragen. Om deze deelvragen uit te werken zijn er gegevens verzameld, hieronder vallen zowel de uitslagen van de aanlegtesten en wedstrijden als de literatuur betreft erfelijke aanleg.

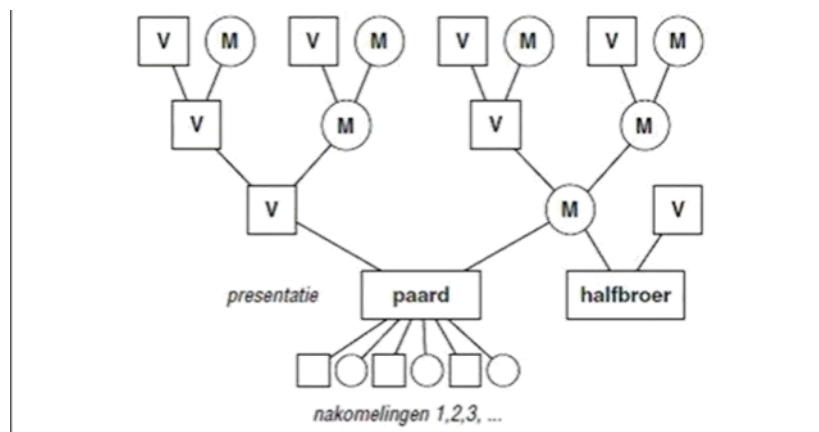
3.1 Hoe wordt erfelijke sport aanleg vastgesteld binnen het stamboek KWPN?

Het KPWN heeft als voornaamste doel paarden te fokken die op het hoogste niveau in de sport kunnen presteren, de Grand Prix. Het doel van fokkers is snelle genetische verbetering, om dit doel te bereiken is er niet alleen veel tijd en geld nodig voor training maar moeten de paarden ook gezond zijn. Het KWPN werkt met fokwaardes voor sport-, exterieur- en gezondheidskenmerken. De sport-fokwaardes gaan over de vererving van dressuur of spring aanleg, de exterieur-fokwaardes gaan over de vererving van exterieurkenmerken door merrie of hengst en tot slot gaan de gezondheid-fokwaardes over de vererving van OC. Een fokwaarde is een schatting van de erfelijke aanleg van een dier. Door middel van de fokwaardes kan er aangegeven worden hoeveel beter de genetische aanleg van een bepaald dier is, in vergeleken met de populatie en zijn gemiddelde. Een fokwaarde wordt door zowel genetische verschillen als milieu-invloeden vastgesteld (Mulder, 2013).

Omdat er niet met 100% zekerheid gezegd kan worden wat de genetische aanleg voor een bepaald kenmerk is, wordt er een schatting gemaakt. Dit wordt de fokwaarde schatting genoemd. De fokwaarden worden vastgesteld door middel van het diermodel in combinatie met de erfelijkheidsgraden. Hierbij wordt alle denkbare informatie meegenomen in de schatting. Het diermodel is te zien in afbeelding 1. Er worden 3 groepen van informatie gebruikt:

1. De ouders van het dier.
2. Het paard zelf.
3. De nakomelingen van het paard.

Doordat er naar de ouderdieren van het paard worden gekeken worden automatisch alle verwanten meegenomen in de analyse. Bijvoorbeeld een volle zus, als een volle zus van het desbetreffende paard op Grand Prix niveau presteert wordt dit meegenomen in de fokwaarde van de moeder en daarmee automatisch in de fokwaarde van het desbetreffende paard (KWPN, 2018).



Afbeelding 1: Het diermodel.

Omdat er gebruik wordt gemaakt van een schatting is het belangrijk dat deze schatting een hoge betrouwbaarheid heeft. De betrouwbaarheid is gebaseerd op de hoeveelheid beschikbare informatie voor het berekenen van de fokwaarde. De fokwaarde wordt alleen gepubliceerd bij een minimale betrouwbaarheid van 30% (Vries, 2014). Bij een lage betrouwbaarheid zal nieuwe informatie betreft de fokwaarde van grote invloed zijn, echter geldt dit bij een hoge betrouwbaarheid niet. Dan zal de betrouwbaarheid niet snel beïnvloed worden door kleine schommelingen. Een betrouwbaarheid rond de 60% is voornamelijk gebaseerd op de informatie van de nakomelingen, de eigen prestaties van het desbetreffende paard spelen dan geen grote rol meer (KWPN, 2018). De interpretatie van de betrouwbaarheid van de fokwaardes is hieronder te zien in afbeelding 2.

Betrouwbaarheid	Interpretatie
minder dan 30 %	nog weinig betrouwbaar
30-55 %	matig betrouwbaar
55-65 %	voldoende betrouwbaar
65-75 %	behoorlijk betrouwbaar
75-90 %	goed betrouwbaar
meer dan 90 %	zeer betrouwbaar

Afbeelding 2: Interpretatie van de betrouwbaarheid van een fokwaarde.

De sportaanleg van een nakomeling wordt vastgesteld door middel van fokwaardes gebaseerd op erfelijkheidsgraden.

De erfelijke aanleg van een nakomeling kan opgedeeld worden in verschillende kenmerken van het paard, deze kenmerken worden toegelicht in het tabel van afbeelding 3.

De mate van erfelijkheid wordt ook wel erfelijkheidsgraad (h^2) genoemd, de erfelijkheidsgraad geeft de verschillen tussen dieren aan die veroorzaakt zijn door het genotype of door het fenotype. 50% wordt bepaald door het genotype (genetische aanleg) en 50% wordt bepaald door het fenotype (milieu-invloeden). Onder het fenotype vallen onder andere training en huisvesting. Hoe hoger de erfelijkheidsgraad, hoe meer je terugziet van het genotype (KWPN, sd). Genetische verschillen geven een erfelijkheidsgraad van 1 en milieu-invloeden geven de erfelijkheidsgraad 0. Het is ook mogelijk dat de erfelijkheidsgraad ertussenin ligt, bijvoorbeeld 0,5. Een erfelijkheidsgraad van 0,2 of lager wordt gezien als erg laag, een erfelijkheidsgraad van 0,21-0,40 wordt gezien als gemiddeld en tot slot wordt een erfelijkheidsgraad vanaf 0,4 gezien als hoog (Bailey, 2013).

In afbeelding 3 is een voorbeeld te zien van een tabel waarin de erfelijkheidsgraad voor verschillende kenmerken van de paardensport wordt weergegeven.

De kenmerken staan links in het tabel onder het kopje trait, er wordt hierbij beoordeeld op de gangen van het paard aan de hand en onder het zadel en op een paar exterieur matige kenmerken zoals de correctheid van de benen. De erfelijkheidsgraad is in 3 verschillende periodes gemeten. Periode 1 duurt van 1973 tot 1987, periode 2 duurt van 1988 tot 1995 en periode 3 duurt van 1996 tot 2003. Door het meten in verschillende periodes worden mogelijke contaminerende variabelen gefilterd.

Trait	h^2		
	P1	P2	P3
Conformation & gaits at hand			
Type	0.33	0.33	0.38
Head-neck-body	0.25	0.21	0.21
Correctness of legs	0.15	0.09	0.08
Walk at hand	0.26	0.31	0.29
Trot at hand	0.28	0.36	0.40
Gaits under rider			
Walk under rider	0.27	0.38	0.35
Trot under rider	0.28	0.45	0.46
Canter under rider	0.22	0.39	0.37
Temperament for gaits under rider	0.13	0.39	0.39
Jumping traits			
Jumping, technique & ability	0.15	0.24	0.23
Jumping, temperament	0.09	0.16	0.20

^aPeriod 1: 1973 to 1987, Period 2: 1988 to 1995, Period 3: 1996 to 2003.

Afbeelding 3: Erfelijkheidsgraad voor de paardensport.

Het onderzoek naar genetisch bepaalde bewegingen in dressuur- en springpaarden concludeert dat een selectie op deze verschillende kenmerken op een positieve manier zal bijdragen aan de fokwaarde schatting van sportprestaties (B.J. Ducro, 2007).

Naast de fokwaardes en de erfelijkheidsgraden van verschillende kenmerken werkt het KWPN ook met aanlegtesten en predicaaten voor het vaststellen van de sportaanleg. Deze aanlegtesten en predicaaten vormen een ondersteuning bij het vaststellen van de sportaanleg doordat de betreffende kenmerken in de praktijk getoond en beoordeeld kunnen worden. Er wordt hierbij specifiek gelet op de volgende kenmerken:

1. Exterieur
2. Bewegingen in het algemeen
3. Zuiverheid in de gangen
4. Takt en ruimte in stap
5. Ruimte, souplesse en kracht houden
6. Het dragend vermogen in draf en galop.

Om de verwachte erfelijke sportaanleg en bijbehorende fokwaarde weer te geven wordt er bij elke door het KWPN goedgekeurde hengst een genetisch profiel weergegeven. In dit genetisch profiel staat alle informatie die voor een fokker bruikbaar is bij het streven naar genetische vooruitgang. Een fokker kan hiermee in één oogopslag zien of de desbetreffende hengst een goede keus is voor zijn merrie. Daarnaast biedt het genetisch profiel de mogelijkheid om de goedgekeurde hengsten gemakkelijk met elkaar te vergelijken.

De exterieur-fokwaardes hebben meer invloed op de sportaanleg dan vaak gedacht, dit komt doordat een functioneel exterieur een voordeel kan bieden in de sport. Elke discipline heeft zijn eigen exterieurmatige voorkeuren en richtlijnen. Het beoogde KWPN-dressuurpaard is dan ook beschreven aan de hand van een aantal exterieurmatige kenmerken. Hierbij komen kenmerken naar voor zoals opwaarts gebouwd, hoogbenig en lang gelijnd, een groter gebouwd paard lijkt wenselijk. Deze kenmerken zijn wenselijk omdat een opwaarts gebouwd paard dat in een rechthoekmodel staat makkelijker kan onder treden en de achterhand kan gebruiken. Dit wordt veel gevraagd in de hogere dressuur.

Er wordt verwacht van een correct gebouwd paard dat het in de sport kan presteren. De overige exterieurmatige kenmerken van een beoogd KWPN-dressuurpaard worden hieronder weergegeven. Het beoogde dressuurpaard:

- staat in het rechthoeksmodel;
- is langgelijnd en evenredig gebouwd;
- heeft een opwaarts gerichte romp;
- is hoogbenig;
- heeft een lichte hoofd-halsverbinding
- heeft een opwaarts gerichte, lange hals met welving en bespiering in de bovenlijn;
- heeft een sterk gebouwde en sterk gespierde rug-lendenpartij;
- heeft een correct gesteld en hard fundament
- heeft uitstraling.

Tot slot wordt er ook gekeken naar de overerving van gezondheid, hierbij ligt de focus op OC. OC is een stoornis in de ontwikkeling van kraakbeen in de gewrichten, het begint met een scheur maar kan ook losse fragmenten veroorzaken (Jeffcott, 1996). In het geval van losse fragmenten wordt het osteochondrose dissecans (OC-D) genoemd (Distl, 2013). Bij OC wordt er een inschatting gegeven de genetische kwaliteit van het individu in vergelijking met het gemiddelde de KWPN-populatie. Hieruit kan informatie gehaald worden waaruit blijkt of het paard een hoge of lage kans heeft op het doorgeven van OC naar de nakomelingen (Distl, 2013). Naast OC wordt er ook een PROK-keuring uitgevoerd, hierbij wordt gekeken naar de botkwaliteit. De gezondheid-fokwaardes dragen bij aan de sportaanleg omdat een paard met een correcte botkwaliteit minder snel zal uitvallen in de sport als resultaat van bot-gerelateerde ongemakken of blessures.

3.2 Op welke manier zou de moederlijn meer invloed kunnen hebben op de erfelijke aanleg van de nakomeling?

In de theorie krijgt een nakomeling evenveel genen mee van beide ouderdieren, 50% van het moederdier en 50% van het vaderdier. Hierin is er dus niet 1 ouderdier die meer invloed heeft op de erfelijke aanleg van de nakomeling. Ondanks het feit dat beide ouders even veel genetisch materiaal geven, wordt de dracht van 11 maanden beïnvloed door het moederdier.

Het is duidelijk dat de erfelijke aanleg voor een groot deel uit DNA bestaat, echter zijn er ook andere factoren die een rol kunnen spelen in de erfelijke aanleg naar de nakomeling. Alles wat een merrie meer meegeeft aan de nakomeling tijdens en na de dracht wordt gezien als het maternale effect (Legates, 1972). Dit begint meteen na de bevruchting, het veulen ontwikkelt zich in de baarmoeder van het moederdier. Ditzelfde geldt voor andere landbouwhuisdieren.

De algehele conditie van de merrie tijdens voor en tijdens de dracht speelt een zekere rol in de ontwikkeling van de nakomeling. Als het moederdier in slechte conditie is tijdens de dracht is dit ook terug te zien bij het veulen, het veulen zal zich minder snel ontwikkelen en heeft een langere opstart periode van de groei nodig. Een deel van de algehele conditie is afhankelijk van het dieet van de merrie, ook wel de maternale voedingswaardes genoemd. Deze voedingswaardes hebben effect op de placenta tijdens de dracht. Indien de merrie de juiste voeding krijgt zal de placenta zwaarder worden en meer voedingsstoffen aanbieden aan het veulen, daarnaast kan de placenta door zijn zware gewicht verder uitrekken. Het veulen krijgt daarbij meer ruimte om te groeien waardoor het veulen groter geboren wordt. Zowel het aanbieden van de benodigde voedingsstoffen als het uitrekken van de placenta dragen bij aan de ontwikkeling van de nakomeling (Marcela Gonçalves Meirelles, 2017). De voeding heeft ook invloed op de melkproductie van de merrie, bij een goede melkproductie worden er belangrijke mineralen zoals calcium, fosfor, koper, mangaan, zink en tot slot magnesium doorgegeven. Deze mineralen dragen bij aan sterke botten, en verkleinen de kans op het ontwikkelen van OCD bij het veulen in het eerste levensjaar (Guillaume Counotte PhD, 2014).

Een tekort aan voedingsstoffen kan leiden tot genetische afwijkingen bij de nakomeling. Indien de merrie onvoldoende voedingsstoffen tot haar beschikking heeft gehad tijdens de dracht kan zij de genen van haar nakomeling aan- en uitzetten, dit wordt ook wel epi genetica genoemd. Epi genetica beïnvloedt de genexpressie van het te ontwikkelen veulen en heeft permanente invloed op de latere gezondheid van de nakomeling (A.E.Stout, 2016). Dit wordt ook wel genetische manipulatie of modificatie genoemd, hierbij wordt het genetische materiaal van een nakomeling aangepast. Dit gebeurt cel-specifiek en is erfelijk (Scott V.Dindot PhD, 2013). Een van deze genetische afwijkingen heeft met het aan- en uitzetten van de genen te maken. De merrie heeft ervoor gezorgd dat de beschikbare voedingsstoffen optimaal opgenomen en gebruikt worden. Het gevaar hiervan is dat de nakomeling de voedingsstoffen ook optimaal blijft opnemen als hij wel voldoende voeding tot zijn beschikking heeft, dit kan door het lichaam als te veel ervaren worden. Door deze genetische afwijking, ook wel Equine Metabolic Syndrome (EMS) genoemd, heeft de nakomeling op latere leeftijd een verhoogd risico op obesitas (Molly E. McCue, 2015). Daarnaast zal het veulen een laag geboortegewicht hebben en relatief klein zijn.

Ditzelfde geldt voor mensen, ook zij hebben een verhoogd risico op obesitas naast de verminderde orgaanontwikkeling die veroorzaakt wordt door een verminderde voedingstoestand (Michael E. Symonds). Bij een tekort aan voeding bij schapen kan dit leiden tot cardiovasculaire problemen van de lammeren op latere leeftijd (G. S. Gopalakrishnan, 2005).

Naast voeding behoort ook stress tot een van de factoren die bijdraagt aan de algehele conditie van de merrie. Stress tijdens de dracht kan zorgen voor permanente gedrags- en fysiologische veranderingen in het veulen. Zo kan de nakomeling angst gerelateerd gedrag laten zien en kunnen er leerstoornissen optreden. De nakomeling zal zich voorbereiden op een stressvol leven en daardoor later mogelijk sneller cortisol aanmaken (Dijk, 2017). Na de dracht kan de nakomeling het gedrag van de moeder in stressvolle situaties overnemen. De nakomeling zal dan zelf ook gestrest raken in soortgelijke situaties (Christensen, 2016). Indirect heeft de gemoedstoestand van zowel merrie tijdens de dracht, als nakomeling na geboorte, invloed op de rijdbaarheid. Paarden die veel stress ervaren zijn vaak sensibeler en minder makkelijk te trainen door het tekort aan ontspanning.

Niet alleen de algehele conditie maar ook de leeftijd, pariteit en bouw van een merrie hebben invloed op de nakomeling. Het aantal veulens dat een merrie heeft geproduceerd wordt ook wel pariteit genoemd, hoe ouder de merrie des te hoger de pariteit kan zijn. Merries die eerder een veulen hebben gehad produceren grotere veulens. Dit komt doordat de placenta zwaarder en sterker wordt, het veulen krijgt hierdoor meer ruimte om te groeien en zal groter geboren worden. Een veulen met een zwaarder geboortegewicht ontwikkelt zich sneller dan een veulen met een licht geboortegewicht en zal daarom op latere leeftijd groter zijn (Marcela Gonçalves Meirelles, 2017).

Naast placenta heeft ook de bouw (rompgrootte) invloed op de grootte van het veulen, als een grote merrie gedekt wordt door een kleine hengst zal het veulen alsnog groot van formaat maar daarentegen wel slap zijn. Als een kleine merrie gedekt wordt door een grote hengst heeft het veulen in de kleine romp van de merrie niet genoeg ruimte om te ontwikkelen tot een groot veulen. Het veulen zal dan ook niet zo groot geboren worden, dit compenseert het veulen in de rest van zijn levensjaren niet voor 100% (Kentucky Equine Research, 2015).

Bij schapen werkt dit hetzelfde, hoe groter de ooi des te meer beschikbare voedingsstoffen en ruimte voor de lammeren. Deze lammeren zullen groter zijn dan lammeren van kleine ooien (Lynne Clarke, 1997).

Tot slot heeft het moederdier invloed op de nakomeling via de mitochondriën. De moederlijn geeft de mitochondriën door aan de nakomeling, in deze heeft de moederlijn dan ook meer genetische invloed op de erfelijke aanleg van de nakomeling dan de vaderlijn. De mitochondriën worden alleen door de moederlijn doorgegeven, dit komt doordat de mitochondriën van de vaderlijn in de staart van de zaadcel zitten. De staart van de zaadcel blijft buiten de eicel tijdens de bevruchting en kan daardoor niet zijn mitochondriën doorgeven (Miyuki Sato, 2013).

Mitochondriën zijn in bijna elke lichaamscel te vinden. Mitochondriën zijn verantwoordelijk voor de energievoorziening in deze lichaamscellen en komen daardoor vooral voor in organen die veel energie nodig hebben, zoals de hersenen en het hart (Chinnery, 2003). Ook de melkproductie hangt af van de mitochondriën, de melkproductie vraagt veel energie. Deze energie wordt geleverd door de mitochondriën. Een eerdere studie (Xiang Lin, 2015) heeft aangetoond dat de mitochondriën invloed hebben op het atletisch vermogen van de nakomeling in de renpaardenpopulatie. Onder het atletisch vermogen van de renpaarden valt het uithoudingsvermogen en de algemene energie, dit zijn twee kenmerken die belangrijk zijn in deze discipline. Dit onderzoek gaat echter over dressuurpaarden, het KWPN heeft atletisch vermogen ook in de fokstandaarden staan. Het gaat hierbij om souplesse, kracht, uithoudingsvermogen, energie en balans, dit hebben de dressuurpaarden nodig om te presteren in de sport (KWPN, sd).

Het antwoord op deze deelvraag, Op welke manier zou de moederlijn meer invloed kunnen hebben op de erfelijke aanleg van de nakomeling? Kan gegeven worden aan de hand van bovenstaande onderzoeken.

Zoals in deelvraag 1 is toegelicht wordt de erfelijke sport aanleg van een nakomeling vastgesteld aan de hand van fokwaardes, Sport-fokwaardes, exterieur-fokwaardes en gezondheid-fokwaardes. De invloed van de moederlijn sluit hierop aan. De voeding van de merrie voor en tijdens de dracht bepaald de voedingsstoffen die de nakomeling binnenkrijgt, dit heeft effect op zowel de grootte van de nakomeling als de ontwikkeling van OCD. Hier zijn de exterieur-fokwaardes en de gezondheid-fokwaardes terug te zien. De stress die een merrie ervaart tijdens en na de dracht heeft indirect invloed op de rijdbaarheid van de nakomeling op latere leeftijd. Hierbij zijn de sport-fokwaardes te zien. De leeftijd, pariteit en bouw van de merrie hebben invloed op de ontwikkeling van de nakomeling en het geboortegewicht. De grootte van de nakomeling wordt hierdoor bepaald, ook hier zijn de exterieur-fokwaardes te zien. Tot slot hebben de mitochondriën van de moederlijn invloed op de energie en het atletisch vermogen van de nakomeling, hierbij zijn de sport-fokwaardes terug te zien.

In deze heeft kan de moederlijn dus meer invloed uit oefenen op de erfelijke aanleg van de nakomeling.

In tabel 1 wordt de invloed van de merrie gekoppeld aan de kenmerken van de nakomeling en de bijbehorende fokwaardes.

Invloed merrie	Kenmerken nakomeling
Voeding	Grootte en ontwikkeling van OCD (Exterieur-fokwaardes en Gezondheid-fokwaardes)
Stress	Rijdbaarheid (Sport-fokwaardes)
Leeftijd, pariteit en bouw	Grootte (Exterieur-fokwaardes)
Mitochondriën	Atletisch vermogen (Sport-fokwaardes)

Tabel 1: Invloed van merrie op de kenmerken van de nakomeling.

3.3 Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de vaderlijn, indien de moederlijn neutraal is?

Om de invloed van de vaderlijn aan te tonen als de moederlijn neutraal is, zijn er 25 nakomelingen bestudeert. De nakomelingen zijn allemaal minimaal 8 jaar of ouder, de leeftijd van minimaal 8 jaar is gekozen omdat de nakomelingen dan oud genoeg zijn om op alle niveaus te mogen starten. Hoge prestatie paarden worden hiermee geselecteerd, het presteren op hoog niveau kan mogelijk komen door de hoge sport aanleg.

De paarden zijn door middel van de KWPN-database gevonden, er is gezocht op fokwaardes van 140 en hoger. Hier werden alle hengsten met deze fokwaarde weergegeven, de hengsten werden op alfabetische volgorde voorgesteld en random gekozen. De resultaten werden hierdoor niet beïnvloed. Om de juiste nakomelingen te vinden werd als volgt gezocht:

1. Fokwaarde gelijk aan en hoger dan 140 invullen in de zoekcriteria van de hengsten database van de KWPN. > Random hengst kiezen.
2. Nakomelingen van gekozen hengst bekijken. > Nakomelingen van 8 jaar of ouder?
3. Fokwaarde van moederdier te hoog/laag? / Geen nakomelingen? > Nakomeling niet bruikbaar dus volgende hengst kiezen.
4. Nakomeling van moederdier met een fokwaarde van rond de 100? > Bruikbare nakomeling.
5. Kijken naar prestaties, predikten en genetisch profiel nakomeling. > Verwerken in tabel.
6. Indien de hengst geen bruikbare nakomelingen had werd er ook in de stambomen van andere moederdieren gezocht, eerdere generaties en nakomelingen konden daarmee ook bekeken worden.

Dit proces werd herhaald tot het aantal benodigde nakomelingen was behaald.

Voor de fokwaarde van gemiddeld 100 werd een afwijking tot max 90 en 115 aangehouden. Vanaf een fokwaarde van 121 wordt de fokwaarde gezien als gemiddeld tot hoog. Daarmee zitten de gekozen fokwaardes dus ruim binnen de grenzen van de gemiddeldes.

De resultaten worden weergegeven in tabel 4, in dit tabel worden de nakomeling, de ouderdieren en hun fokwaardes en de eigen prestaties en predikten van de nakomeling uitgewerkt. Het tabel is weergegeven in bijlage 2. Er wordt gekeken naar de prestaties en predikten van de nakomeling om zo de invloed van de vaderlijn te meten bij een neutrale moeder lijn.

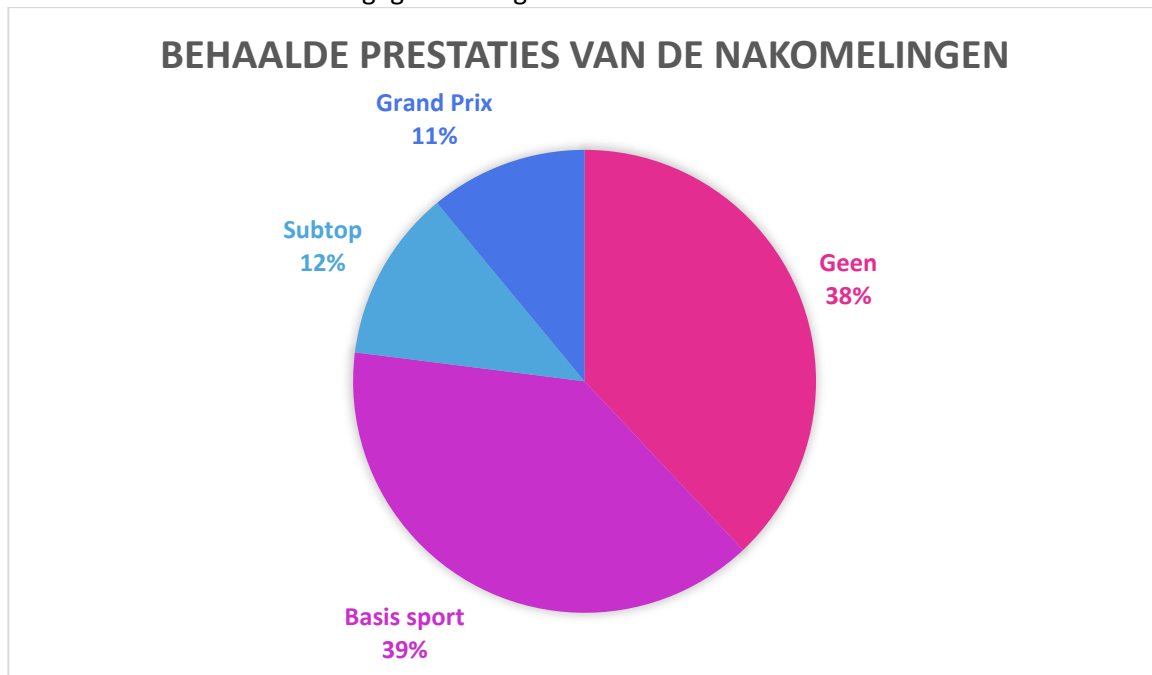
Onder eigen prestaties vallen de prestaties die behaald zijn in de dressuursport, deze prestaties zijn gemeten door de KNHS. De predikten geven een beeld van de sportaanleg van de nakomeling, de vererving van de sportaanleg naar de volgende nakomelingen en de bewezen nakomelingen. Deze predikten zijn uitgereikt door het KWPN na het succesvol afronden van keuringen en aanlegtesten.

3.3.1 Resultaten nakomelingen

3.3.1.1 Prestaties

Door het bestuderen van de nakomelingen kan opgemaakt worden dat slechts 11% van de nakomelingen met een hengst met hoge fokwaarde en een merrie met neutrale fokwaardes heeft gepresteerd op Grand Prix niveau en daarmee het fokdoel hebben behaald. Van de overige nakomelingen heeft 12% gepresteerd in de categorie subtop en 39% van de geanalyseerde nakomelingen heeft gepresteerd in de basis sport (B, L, M, Z). De laatste 38% van de geanalyseerde nakomelingen heeft zelf helemaal geen prestatie behaald in de sport.

De resultaten hieronder weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Prestaties van nakomelingen.

3.3.1.2 Predicaten

Door het bestuderen van de nakomelingen kan opgemaakt worden dat 40% van het totaal aantal nakomelingen een predicaat toegewezen heeft gekregen die de sportaanleg vaststelt. Bij 24% van die nakomelingen is het predicaat mede verkregen door exterieur. 10% van de nakomelingen heeft het PROK-predicaat en het OC-predicaat. Tot slot heeft 21% van de geanalyseerde nakomelingen het ververvingspredicaat gekregen, hieruit blijkt dat de nakomelingen zelf ook bewezen nakomelingen hebben en dus de sportaanleg goed ververven.

3.4 Wat is de invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de moederlijn, indien de vaderlijn neutraal is?

Om de invloed van de moederlijn aan te tonen als de vaderlijn neutraal is, zijn er 25 nakomelingen geanalyseerd. De nakomelingen zijn allemaal minimaal 8 jaar of ouder, de leeftijd van minimaal 8 jaar is gekozen omdat de nakomelingen dan oud genoeg zijn om op alle niveaus te mogen starten.

De paarden zijn door middel van de KWPN-database gevonden, aangezien er geen merrie database bestaat is er via de hengsten naar merries gezocht. Er is gezocht op verschillende fokwaardes. Hier werden alle hengsten met deze fokwaardes weergegeven, de hengsten werden op alfabetische volgorde voorgesteld en random gekozen. De resultaten werden hierdoor niet beïnvloed. Om de juiste nakomelingen te vinden werd als volgt gezocht:

1. Fokwaarde van gemiddeld 100 invullen in de zoekcriteria van de hengsten database van de KWPN. > Random hengst kiezen.
2. Nakomelingen van gekozen hengst bekijken. > Nakomelingen van 8 jaar of ouder?
3. Fokwaarde van moederdier te hoog/laag? / Geen nakomelingen? > Nakomeling niet bruikbaar dus volgende merrie kiezen.
4. Nakomeling van moeder met een fokwaarde van 140 of hoger? > Bruikbare nakomeling.
5. Kijken naar prestaties, predikten en genetisch profiel nakomeling. > Verwerken in tabel.
6. Indien de merrie geen bruikbare nakomelingen had werd er ook in de stambomen van eerdere generaties en nakomelingen gezocht.

Dit proces werd herhaald tot het aantal benodigde nakomelingen was behaald.

Voor de fokwaarde van gemiddeld 100 werd een afwijking tot max 90 en 115 aangehouden. Vanaf een fokwaarde van 121 wordt de fokwaarde gezien als gemiddeld tot hoog. Daarmee zitten de gekozen fokwaardes dus ruim binnen de grenzen van de gemiddeldes.

De resultaten worden weergegeven in tabel 6, in dit tabel worden de nakomeling, de ouderdieren en hun fokwaardes en de eigen prestaties en predikten van de nakomeling uitgewerkt. Er wordt gekeken naar de prestaties en predikten van de nakomeling om zo de invloed van de moederlijn te meten bij een neutrale vaderlijn.

Onder eigen prestaties vallen de prestaties die behaald zijn in de dressuursport, deze prestaties zijn gemeten door de KNHS. De predikten geven een beeld van de sportaanleg van de nakomeling, de vererving van de sportaanleg naar de volgende nakomelingen en de bewezen nakomelingen. Deze predikten zijn uitgereikt door het KWPN na het succesvol afronden van keuringen en aanlegtesten.

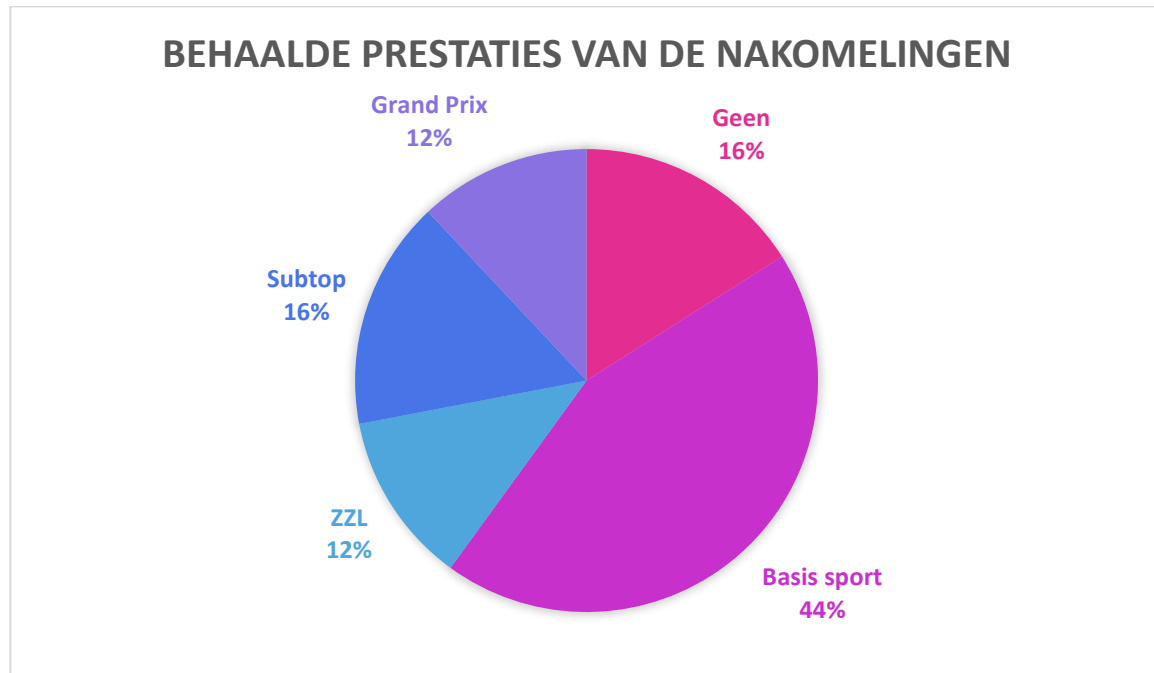
Wegens de grote omvang van het tabel met de analyse van de nakomelingen, is dit tabel te vinden in de bijlage van dit onderzoek.

3.4.1 Resultaten nakomelingen

3.4.1.1 Prestaties

12% van de nakomelingen met een moederdier met hoge fokwaarde en een vaderdier met neutrale fokwaardes presteerde op Grand Prix niveau en behaalde daarmee het fokdoel van het KWPN. 16% presteerde in op subtopniveau (ZZZ, LT, PSG, ZT), 12% presteerde op ZZL-niveau. Het ZZL-niveau ligt tussen de basissport en de subtop in. 44% en daarmee bijna de helft van de geanalyseerde nakomelingen is actief geweest in de basissport (B, L, M, Z). Tot slot heeft de laatste 16% helemaal geen prestatie in de sport behaald.

De resultaten zijn hieronder weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Prestaties van nakomelingen.

3.4.1.2 Predicaten

Door het bestuderen van de nakomelingen kan opgemaakt worden dat 46% van het totaal aantal bestudeerde nakomelingen een predicaat toegewezen heeft gekregen die de sportaanleg vaststelt. Bij 22 procent van die nakomelingen is het predicaat mede verkregen door het exterieur. 19% van de nakomelingen heeft het gezondheidspredicaat gekregen. Tot slot heeft 8% van de bestudeerde nakomelingen het verervingspredicaat gekregen, hieruit blijkt dat de nakomelingen zelf ook bewezen nakomelingen hebben en dus de sportaanleg goed vererven.

4. Discussie

Het fokdoel van het KWPN is het fokken van een paard dat op Grand Prix niveau kan presteren in de dressuur- of springsport, echter werd dit fokdoel nog niet volledig behaald. Daar komen de resultaten van dit onderzoek van pas, als er aangetoond kan worden op welke kenmerken een merrie meer invloed heeft, kunnen er betere adviezen en voorlichtingen gegeven worden door het stamboek KWPN over de keuze van een merrie lijn aan de fokker. Er kan een gericht selectie gemaakt worden in de merries die gebruikt zullen worden voor de fokkerij omdat er wordt gelet op de overerving van specifieke kenmerken die bijdragen aan het behalen van het fokdoel van het KWPN. Met de kennis over de invloed van de merrie in de overerving van erfelijke aanleg naar de nakomelingen kan het fokdoel mogelijk sneller bereikt worden.

Uit de literatuur is gebleken dat het stamboek KWPN de erfelijke aanleg van de paarden populatie net als bij andere zoogdieren vaststelt door middel van fokwaardes en erfelijkheidsgraden. Deze gegevens worden verwerkt en in genetische profielen weergegeven, de genetische profielen worden bij het profiel van de paarden gevoegd. De fokkers kunnen hiermee paarden snel en gemakkelijk vergelijken en de juiste partner voor zijn of haar paard vinden.

Studies van onder anderen (J. E. Legates, 1972), (Marcela Gonçalves Meirelles, 2017) en (A.E.Stout, 2016) hebben aangetoond dat de merrie op meerdere manieren invloed heeft op de nakomeling. Een merrie heeft invloed op de nakomeling vanaf het moment van bevruchting en tijdens de hele 11 maanden van de dracht. Dit kan door middel van de algehele conditie tijdens de dracht maar ook door externe factoren zoals de omgeving. De merrie is verantwoordelijk voor het vererven van de mitochondriën, het doorgeven van de benodigde mineralen via de melkproductie en door middel van de maternale effecten. Ook de voeding, pariteit, leeftijd en rompgrootte hebben invloed op de nakomeling. Al deze invloeden dragen bij aan de erfelijke sport aanleg van de nakomeling.

Kijkend naar de nakomelingen met een vaderdier met een hoge fokwaarde, heeft 11% van de nakomelingen gepresteerd op Grand Prix niveau en behaalde daarmee het fokdoel van het KWPN. Van de overige nakomelingen heeft 12% gepresteerd in de categorie subtop en 39% van de nakomelingen heeft gepresteerd in de basis sport (B, L, M, Z). De laatste 38% van de nakomelingen heeft zelf helemaal geen prestatie behaald in de sport. Door het bestuderen van de nakomelingen kan opgemaakt worden dat 31% van de nakomelingen opgenomen is in het stamboek. 40% van het totaal aantal nakomelingen heeft een sport gerelateerd predicaat behaald, 10% van de nakomelingen hebben een gezondheidspredicaat toegewezen gekregen. Tot slot heeft 21% van de nakomelingen een vererving gerelateerd predicaat gekregen.

Kijkend naar de nakomelingen met een moederdier met een hoge fokwaarde, heeft 12% van de geanalyseerde nakomelingen gepresteerd op Grand Prix niveau en behaalde daarmee het fokdoel van het KWPN. 16% presteerde op subtopniveau (ZZZ, LT, PSG, ZT), 12% presteerde op ZZL-niveau, de grootste groep nakomelingen van 44% en daarmee bijna de helft van de nakomelingen is actief geweest in de basissport (B, L, M, Z). Tot slot heeft de laatste 16% helemaal geen prestatie in de sport behaald. Door het bestuderen van de nakomelingen kan opgemaakt worden dat 27% van de nakomelingen opgenomen is in het stamboek. 46% van het totaal aantal nakomelingen heeft een sport gerelateerd predicaat behaald, 19% van de nakomelingen hebben een gezondheidspredicaat toegewezen gekregen. Tot slot heeft 8% van de nakomelingen een vererving gerelateerd predicaat gekregen.

Het proces is in grote lijnen verlopen zoals verwacht, echter is het wel zo dat er een paar dingen anders gelopen zijn. Voor het beantwoorden van de literatuur deelvragen is het stamboek KWPN telefonisch benaderd. Met als doel dat het stamboek zelf extra invulling kon geven aan de opgestelde deelvragen in het kader van verduidelijking, helaas heeft dit geen toegevoegde waarde

gehad. Het stamboek kon niet meer informatie verschaffen dan de informatie die op het internet ook te vinden was.

Daarnaast heeft het proces ook langer geduurd dan in eerste instantie verwacht was. Het bestuderen van de nakomelingen duurde langer doordat de fokwaardes van de merrie niet op zichzelf op te zoeken waren, er is niet net als voor de hengsten ook een database voor de merries. Daardoor moest er via de hengsten, gezocht worden naar merries in de stamboom. Via deze stambomen moest er dan weer gekeken worden naar de nakomelingen. Dit is niet een representatieve manier van onderzoeken en daarom niet gewenst. Daarom is er gekeken naar de uitslagen van het WK uit 2018 en 2019, echter werd snel duidelijk dat de nakomelingen die hier deelnamen al selecteert waren op kwaliteit. Beide ouderdieren hadden een hoge fokwaarde waardoor ook deze manier geen succes op leverde. Deze methode is eerder gebruikt bij een Frans onderzoek naar de maternale effecten in Franse springenpaarden (E. palmer, 2018). Helaas was dit geen mogelijkheid voor dit onderzoek.

Het KWPN en verschillende onderzoekers zijn geraadpleegd met het idee dat zij de beschikking hadden tot meer informatie betreft de fokwaardes en combinaties van ouderdieren. Met een duidelijk overzicht zou het bestuderen van de nakomelingen een stuk makkelijker en representatiever gaan. Helaas heeft ook dit geen resultaat gehad. Volledige beschikking tot de benodigde gegevens is een vereiste voor een onderzoek zoals deze.

De methode voor literatuur deelvragen 1 en 2 is gehanteerd zoals gepland, echter is hier minder wetenschappelijke literatuur over gevonden dan in eerste instantie verwacht. Dit komt onder andere doordat er is gewerkt met het stamboek KWPN als uitgangspunt i.p.v. de algemene literatuur. Wel is de algemene literatuur geraadpleegd voor vergelijking en verduidelijking van het onderwerp.

De methode van dit onderzoek is in zeker zin aangepast voor deelvraag 3 en 4, het was de bedoeling om de uitslagen van de EPTM testen te gebruiken bij het analyseren van de nakomelingen. Al snel is gebleken dat de merries die de EPTM test hebben gehaald afstammen van ouderdieren met beide een hoger dan gemiddelde fokwaarde. Omdat deze fokwaarde het onderzoek en de resultaten hiervan op ongewenste manier zouden beïnvloeden zijn de uitslagen van de EPTM testen niet meegenomen in de analyse. Doordat de EPTM-testuitslagen niet zijn meegenomen is de ruiterinvloed niet gefilterd, dit kan een vertekent beeld geven van de gevonden resultaten. Niet alleen de ouderdieren maar ook de kwaliteit van de ruiter van een nakomeling kan invloed hebben op de prestaties. Als het ene paard door een internationaal geklasseerde ruiter getraind wordt en het andere paard door een amateur ruiter geeft dit geen eerlijk beeld. Er zit ook invloed van de ruiter/ eigenaar in de behaalde prediëaten. Keuringen en aanlegtesten zijn vaak voor eigen keuze, doordat deze niet verplicht zijn zullen er ruiters/ eigenaren voor kiezen om deze keuringen en aanlegtesten niet te doen om zo geld te besparen. De ruiter/ eigenaar kan in deze gezien worden als contaminerende variabele voor zowel de prestaties als de prediëaten. Het filteren van contaminerende variabelen is een vereiste voor een onderzoek zoals deze.

Ook zijn de gemiddelde fokwaardes iets aangepast, bij een fokwaarde van 100 kwamen te weinig resultaten uit de database. Daarom is ervoor gekozen om de fokwaarde iets aan te passen om op die manier meer paarden te kunnen analyseren. Er is wel op gelet dat de fokwaardes niet dusdanig veranderden dat dit de resultaten konden beïnvloeden. Er is een max. van 90 en 115 opgesteld, met deze fokwaardes wordt er ruim binnen de gemiddelde fokwaardes gebleven. Vanaf een fokwaarde van 121 worden de fokwaardes gezien als gemiddeld tot hoog.

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van 50 nakomelingen, het onderzoek is daarmee te klein om een conclusie te kunnen geven over de totale populatie van het stamboek KWPN. Tevens was er niet voldoende informatie beschikbaar. Dit betekent dat dit onderzoek niet betrouwbaar genoeg is. Het kleine onderzoek aantal en de lage betrouwbaarheid zijn niet representatief. Het sterkte punt van dit onderzoek is daarentegen wel dat het een inspiratiebron kan zijn voor alle stamboeken om dit onderzoek op grote schaal uit te voeren en hiermee de invloed van de moederlijn met zekerheid aan te tonen. Met die kennis zullen er mogelijk meer fokdoelen bereikt worden en zal de populatie paarden op een positieve manier evalueren. Indien dit onderzoek uitgevoerd wordt door wetenschappers met de beschikking over de benodigde informatie kunnen ook de contaminerende variabelen gefilterd worden.

Omdat er gewerkt is met 2 literatuur gerelateerde deelvragen komen de eerste 2 deelvragen overeen met de literatuur. De literatuur is bestudeerd en daarmee zijn de deelvragen beantwoord.

Voor de overige 2 deelvragen betreft de gelijke invloed van de moeder- en vaderlijn op de erfelijke aanleg van het veulen is dit niet helemaal zo. De gebruikte informatie komt op zichzelf overeen met de literatuur. Echter is deze informatie in een ander verband gesteld, er is namelijk onderzoek gedaan naar manieren waarop het moederdier meer invloed op de erfelijke sport aanleg zou kunnen hebben.

Uit de literatuur blijkt dat de erfelijke aanleg van een veulen gelijk beïnvloed wordt door beide ouder dieren, 50% DNA van de moeder en 50% DNA van de vader. Echter heeft dit onderzoek aangetoond dat dit niet helemaal klopt. Doordat het moederdier grote invloed heeft op de sport aanleg van de nakomeling door middel van voeding (epi genetica), stress, leeftijd, pariteit en bouw voor en tijdens de dracht en tot slot de mitochondriën die doorgegeven worden.

5. Conclusie

Het fokdoel van het KWPN is het fokken van een paard dat op Grand Prix niveau kan presteren in de dressuur- of springsport, echter wordt dit fokdoel nog niet volledig behaald. Daar komen de resultaten van dit onderzoek van pas, als er aangetoond kan worden op welke kenmerken een merrie meer invloed heeft, kunnen er betere adviezen en voorlichtingen gegeven worden door het stamboek KWPN over de keuze van een merrie lijn aan de fokker. Er kan een betere selectie gemaakt worden in de merries die gebruikt zullen worden voor de fokkerij omdat er wordt gelet op de overerving van bepaalde kenmerken, kenmerken die bijdragen aan het behalen van het fokdoel van het KWPN. Met de kennis over de invloed van de merrie in de overerving van erfelijke aanleg naar de nakomelingen kan het fokdoel mogelijk sneller bereikt worden.

5.1 Erfelijke sport aanleg vastgesteld door het KWPN

De erfelijke aanleg wordt door het stamboek Koninklijk Warmbloed Paard Nederland vastgesteld door middel van fokwaardes en erfelijkheidsgraden. Tijdens keuringen en aanleg testen wordt er geselecteerd op zowel sportaanleg, de aanleg van gezondheid en exterieur aanleg. De mate van erfelijkheid wordt aangegeven met de erfelijkheidsgraad (h^2), de erfelijkheidsgraad geeft aan hoeveel invloed het kenmerk heeft op de vererving naar de nakomelingen. Omdat de fokwaarde een schatting blijft is het belangrijk dat de schatting betrouwbaar is, bij een betrouwbaarheid van 30% of hoger worden de fokwaardes gepubliceerd en toegevoegd aan het genetisch profiel van het paard. Naast de eigen prestaties en nakomelingen van een paard worden ook de gegevens van de verwanten meegenomen in de berekening van de fokwaarde.

Naast alle anatomische kenmerken wordt ook de erfelijke aanleg van osteochondrose onderzocht, hierbij wordt het individu in vergelijking gesteld met de populatie. Hieruit kan informatie gehaald worden waaruit blijkt of het paard een hoge of lage kans heeft op het doorgeven van osteochondrose naar de nakomelingen.

5.2 Invloed van moederdier op erfelijke sport aanleg

De moederlijn heeft meer invloed op de nakomeling vanaf het moment van bevruchting, de nakomeling ontwikkeld 11 maanden in de baarmoeder van de merrie. De moederlijn kan meer invloed uitoefenen op de erfelijke sport aanleg van de nakomeling door middel van voeding, stress, leeftijd, pariteit en bouw en tot slot door middel van de mitochondriën.

De algehele conditie tijdens de dracht wordt medebepaald door de aangeboden voeding aan de merrie en de mogelijke stress. Het rantsoen van de merrie bepaald hoeveel voedingsstoffen de nakomeling tot zijn beschikking heeft. De nakomeling heeft voldoende voedingsstoffen nodig om te groeien, de grote van de nakomeling is afhankelijk van het rantsoen van het moederdier. Daarmee heeft het moederdier invloed op de grootte van de nakomeling en dus op de exterieur-fokwaardes. Het rantsoen van de merrie heeft ook invloed op de melkproductie, indien er voldoende mineralen aangeboden worden in de moedermelk zal de nakomeling een lagere kans op het ontwikkelen van OC hebben in het eerste levensjaar, dit komt doordat de botgroei gestimuleerd wordt door de aangeboden mineralen. Daarmee heeft het moederdier invloed op de gezondheid-fokwaardes. De stress die een merrie ervaart tijdens de dracht kan ervoor zorgen dat de nakomeling op latere leeftijd snel cortisol aanmaakt en angstiger door het leven gaat. Daarnaast kunnen stressvolle situaties na de dracht ervoor zorgen dat de nakomeling het gedrag van zijn moeder kopieert in vergelijkbare situaties.

De leeftijd, pariteit en bouw van de merrie hebben invloed op de merrie door middel van de beschikbare ruimte in de romp en de placenta. Oudere merries met een hogere pariteit hebben zwaardere/ sterkere placenta's, deze placenta's bieden meer voeding en groeiruimte. Ook de bouw van de merrie heeft invloed door middel van de rompgrootte, hoe groter de romp des te groter het veulen bij de geboorte is. Hiermee heeft de merrie invloed op de exterieur-fokwaardes van de nakomeling.

Tot slot geeft de merrie tijdens de dracht mitochondriën door, mitochondriën zijn verantwoordelijk voor de energievoorziening in lichaamscellen. De mitochondriën hebben daarom invloed op alle organen en kenmerken die berust zijn op energie, zoals het atletisch vermogen en de melkproductie van en voor een nakomeling. Bij de melkproductie geldt dit natuurlijk alleen in het geval van een merrieveulen. Onder atletisch vermogen vallen kenmerken als uithoudingsvermogen, kracht, souplesse, balans en energie. Daarmee heeft het moederdier een duidelijke invloed op de sport-fokwaardes.

Zowel de sport-, exterieur- als gezondheid-fokwaardes bepalen de erfelijke sport aanleg van een nakomeling. Het moederdier heeft door middel van de dracht en de maternale effecten meer invloed op de erfelijke sport aanleg van een nakomeling.

5.3 Invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de vaderlijn, indien de moederlijn neutraal is.

De invloed van de vaderlijn op de kwaliteit van de nakomeling is terug te zien in zowel de prestaties als de prediaten. 11% van de nakomelingen heeft op Grand Prix niveau gepresteerd en hebben daarmee het fokdoel van het KWPN behaald. De andere 12% van de nakomelingen presteert op subtopniveau en komen hiermee wel in de buurt van het fokdoel. Weer een andere 39% van de nakomelingen is actief in de basissport en de laatste 38% van de nakomelingen heeft helemaal geen prestatie behaald. Deze groep nakomelingen voldoet lang niet aan het fokdoel van het KWPN.

Als er gekeken wordt naar de prediaten zien we meer terug van de invloed van de vaderlijn, bijna een derde van de nakomelingen is opgenomen in het stamboek. 40% van de nakomelingen heeft het predicaat voor sport aanleg toegewezen gekregen, 24% hiervan heeft het predicaat mede door het exterieur toegewezen gekregen. 10% van de nakomelingen hebben een gezondheidspredicaat toegewezen gekregen. De laatste 21% van de geanalyseerde nakomelingen hebben een vererving gerelateerd predicaat gekregen.

Dit betekent dat de vaderlijn in zekere zin invloed heeft gehad op deze groep nakomelingen op het gebied van prestaties en prediaten. Het gaat hier met name om de sportaanleg en het exterieur van de nakomelingen.

Er kan gezegd worden dat de doelstelling van het KWPN niet behaald is.

5.4 Invloed op de kwaliteit van de nakomeling, vanuit de moederlijn, indien de vaderlijn neutraal is.

De invloed van de moederlijn op de kwaliteit van de nakomeling is terug te zien in zowel de prestaties als de predikten. 12% van de nakomelingen heeft op Grand Prix niveau gepresteerd en hebben daarmee het fokdoel van het KWPN behaald. De andere 16% van de nakomelingen presteert op subtopniveau en komen hiermee wel in de buurt van het fokdoel. 12% van de nakomelingen presteert op ZZL-niveau, dit niveau kan gezien worden als de overstap van basissport naar subtop. Weer een andere 44% van de nakomelingen is actief in de basissport en de laatste 16% van de nakomelingen heeft helemaal geen prestatie behaald. Deze groep nakomelingen voldoet lang niet aan het fokdoel van het KWPN.

Als er wordt gekeken naar de invloed van de moederlijn op de predikten wordt duidelijk dat 27% van de nakomelingen opgenomen is in het stamboek. 46% van de nakomelingen heeft een predicaat toegewezen die de sportaanleg weergeeft, dit betekent dat bijna de helft van de nakomelingen hieraan voldoet. Bij 22% van de nakomelingen met een sport gerelateerd predicaat, is dit predicaat mede door het exterieur toegewezen. 19% van de nakomelingen heeft een gezondheidspredicaat toegewezen gekregen. De laatste 8% van de nakomelingen heeft een verervingspredicaat toegewezen gekregen.

Dit betekent dat de moeder in zekere zin invloed heeft gehad op deze groep nakomelingen op het gebied van prestaties en predikten. Het gaat hier met name om de sportaanleg en het exterieur van de nakomelingen. Maar liefst 84% van de nakomelingen is actief in de sport, wel is het zo dat slechts 12% hiervan echt aan het fokdoel van het KWPN voldoet. Als er wordt gekeken naar de predikten wordt duidelijk dat bijna de helft van de nakomelingen een predicaat voor de sportaanleg toegewezen heeft gekregen.

Dat de moederlijn zoveel invloed heeft op de sportprestaties kan voortkomen uit het vererven van de mitochondriën. Zoals eerder in dit onderzoek aangetoond is, is de moederlijn verantwoordelijk voor het vererven hiervan. Mitochondriën zorgen voor energie en uithoudingsvermogen, deze kenmerken passen bij het atletisch vermogen. Dit atletisch vermogen is nodig om in de dressuursport te kunnen presteren. Als er gekeken wordt naar de sportprestaties van de nakomelingen wijst het uit dat de moederlijn grote invloed heeft gehad op het atletisch vermogen.

Er kan gezegd worden dat de doelstelling van het KWPN niet behaald is.

5.6 Gelijke invloed op erfelijke sport aanleg door de ouderdieren

Beide ouderdieren zijn verantwoordelijk voor het doorgeven van erfelijke sport aanleg, door middel van het beantwoorden van de opgestelde deelvragen is duidelijk geworden of de erfelijke sport aanleg gelijk beïnvloed is door de moeder- en vaderlijn.

Het antwoord op de onderzoeksvraag is nee, de erfelijke sport aanleg van een veulen wordt niet gelijk beïnvloed door de moeder- en vaderlijn.

Door het onderzoeken van de opgestelde deelvragen is duidelijk geworden dat de erfelijke sport aanleg niet gelijk beïnvloed is door de moeder- en vaderlijn. Het verschil in invloed op de erfelijke sport aanleg is de wijten aan de dracht van 11 maanden die enkel beïnvloed wordt door het moederdier. Tijdens de dracht zijn er verschillende onderdelen die invloed hebben op de nakomeling. Zo heeft het rantsoen van het moederdier invloed op de groei en latere gezondheid (OC), dit draagt bij aan de exterieur-fokwaardes en de gezondheid-fokwaardes. De stress die een merrie ervaart tijdens en na de dracht kan ervoor zorgen dat de nakomeling zelf ook stress ervaart en het gedrag kopieert in soortgelijke situaties. De stress van de nakomeling heeft indirect invloed op de rijdbaarheid, dit draagt bij aan de sport-fokwaardes. De leeftijd, pariteit en bouw van het moederdier zijn bepalend voor de grootte en ontwikkeling van de nakomeling. Dit heeft direct effect op de exterieur-fokwaardes. Tot slot is de moederlijn verantwoordelijk voor het overdragen van de mitochondriën naar de nakomeling. De mitochondriën dragen bij aan het atletisch vermogen en de energie van de nakomeling. Het atletisch vermogen is benodigd voor het beoefenen van de sport en indirect dus ook voor het behalen van het fokdoel van het KWPN. Daarmee heeft dit effect op de sport-fokwaardes. De combinatie van deze fokwaardes bepaald de erfelijke sport aanleg van een nakomeling. Uit dit onderzoek kan opgemaakt worden dat de erfelijke sport aanleg sterker beïnvloed wordt door de moederlijn. Echter kan deze conclusie alleen opgemaakt worden uit de wetenschappelijk beschikbaar gestelde literatuur, uit de resultaten van deelvragen 3 en 4 is dit niet te concluderen door een tekort aan data.

6. Aanbeveling

Uit dit onderzoek is gebleken dat de invloed van de moeder- en vaderlijn op de erfelijke aanleg niet gelijk is, kijkend naar de resultaten van het literatuuronderzoek en de bestudeerde nakomelingen. Hieruit blijkt dat de moederlijn meer invloed heeft op de erfelijke sport aanleg.

Dit onderzoek is met de 50 bestudeerde nakomelingen niet betrouwbaar, het onderzoek is te klein en kan geen antwoord geven op de onderzoeksvraag betreft de totale paarden populatie. Daarnaast zijn de contaminerende variabelen niet gefilterd, dit is mede te wijten aan het feit dat er niet voldoende informatie beschikbaar was.

Mijn aanbeveling aan de belanghebbende, het stamboek en de fokkers, is dan ook om een vergelijkbaar vervolgonderzoek te doen in samenwerking met wetenschappers die beschikken over de benodigde informatie. Het onderzoek kan op dezelfde manier opgesteld worden maar dan op grotere schaal, daarnaast is het ook belangrijk om rekening te houden met de contaminerende variabele en deze er vervolgens uit te filteren. Op deze manier wordt er een eerlijk beeld gecreëerd van de invloed van vader- en moederlijn op de erfelijke aanleg van de nakomelingen.

Mijn aanbeveling om dit onderzoek uit te voeren gaat niet alleen uit naar het stamboek KWPN maar ook naar andere stamboeken. Stamboeken gaan steeds meer samen werken en paarden van collega stamboeken erkennen. Het is verstandig om te kijken of de resultaten per stamboek verschillen of juist overeenkomen. Dit kan meer inzicht geven in de te beantwoorden onderzoeksvraag.

Daarnaast zou ik ook aanbevelen om meer onderzoek te doen naar de overerving van mitochondriën, voor koeien en schapen is er veel meer onderzoek gedaan dan voor paarden. Hoe meer onderzoek en dus ook hoe meer wetenschappelijke kennis er over dit onderwerp is, des te hoger de betrouwbaarheid.

6.1 Ervaringen van de auteur

Vanuit mijn ervaring als paardenhouder en paardensporter denk ik dat deze aanbevelingen erg toepasselijk kunnen zijn voor mijn mede paardenhouders en tevens ook fokkers en stamboeken. Deze aanbevelingen kunnen de aanleiding zijn voor het mogelijk sneller behalen van het fokdoel van zowel particuliere- als bedrijfsfokkers en stamboeken. Niet alleen de erfelijke aanleg voor de sport maar ook voor de gezondheid kan hierdoor verder ontwikkelen.

Ik heb zelf gemerkt dat het lastig blijft om het juiste vaderdier te kiezen voor de toekomstige nakomeling van mijn merrie. Dit komt doordat ik niet 100% zeker weet welk ouderdier wat doorgeeft. Ik wil streven naar een kwalitatief nog betere en gezondere nakomeling en dit zal alleen lukken met de juiste kennis over de invloed van moeder- en vaderlijn. Ik ben ervan overtuigd dat ik niet de enige ben die dit ervaart en daarom zullen mijn aanbevelingen invloed hebben op veel mensen mits deze ook daadwerkelijk uitgevoerd worden.

Bibliografie

- AD. (2013, juni 11). *Nieuwe mijlpaal export Nederlandse paarden*. Opgehaald van AD: <https://www.ad.nl/economie/nieuwe-mijlpaal-export-nederlandse-paarden~a860e450/>
- Andronida. (2014, december 10). *Goedkeuring en houden van dekhengsten*. Opgehaald van Dier en natuur info nu: <https://dier-en-natuur.infonu.nl/dieren/146846-goedkeuring-en-houden-van-dekhengsten.html>
- Bailey, E. (2013). Heritability and the equine clinician. *Equine Veterinary Journal*, Volume 46, Issue 1, 12-14.
- Bennet, D. (2008). *Timing and rate of skeletal maturation in horses*.
- Boettcher, P. J. (1995). Impacts of cytoplasmic inheritance on production traits of dairy cattle. *Retrospective Theses and Dissertations*, pagina 34.
- Bradford, G. E. (1972). The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: VII. Maternal Effects in Sheep. *Journal of Animal Science*, Volume 35, Issue 6, Pages 1324–1334.
- Chinnery P. F, Schon E. A (2003). Mitochondria. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, Volume 74, issue 9, 1188-1199.
- Dekker, L. (2015, februari 23). *Vraag naar Nederlandse paarden stijgt wereldwijd*. Opgehaald van NOS: <https://nos.nl/artikel/2020906-vraag-naar-nederlandse-paarden-stijgt-wereldwijd.html>
- Dijk, D. v. (2017, september 7). <https://www.bitmagazine.nl/medisch/de-rol-van-omgevingsfactoren-bij-erfelijkheid/83388/>. Opgehaald van Bit: <https://www.bitmagazine.nl/medisch/de-rol-van-omgevingsfactoren-bij-erfelijkheid/83388/>
- O. Distl, (2013). The genetics of equine osteochondrosis. *The Veterinary Journal*, Volume 197, issue 1, pagina 13-18.
- Fouqueray, T. (2013). *Maternal effects modulate offspring development and population dynamics in the wild*. Lyon: École Normale Supérieure de Lyon.
- Groen kennisnet. (sd). *Electronisch Leerboek Fokkerij-Paard (ELF-Paard)*. Opgehaald van Groen kennisnet: <https://wikipaarden.groenkennisnet.nl/display/VRAG/Vraag+15>
- Huizinga H. A, Korver S, McDaniel B. T, Politiek R. D (1986). Maternal effects due to cytoplasmic inheritance in dairy cattle. Influence on milk production and reproduction traits. *Livestock Production Science*, Volume 15, Issue 1, pagina 11-26.
- Horsenl. (2016, september 20). *Hoeveel paarden zijn er in Europa en Nederland?* Opgehaald van Horsenl: <https://horsenl.nl/hoeveel-paarden>

- Jansen, C. (2019, februari 22). *Paardensector in Nederland goed voor miljardenomzet*. Opgehaald van Horses: <https://www.horses.nl/overig-nieuws/paardensector-in-nederland-goed-voor-miljardenomzet/>
- L. B. Jeffcott MA, BVetMed, PhD, DVSc, FRCVS (1996). Osteochondrosis — An international problem for the horse industry. *Journal of Equine Veterinary Science*, Volume 16, Issue 1, pagina 32-37.
- KNHS. (2017). *Brochure Nederland paardenland*. Opgehaald van KNHS: <https://www.knhs.nl/kennisbank/publicaties/brochure-nederland-paardenland/>
- KNHS. (2017). *Nederland paardenland*. Opgehaald van KNHS: <https://www.sectorraadpaarden.nl/wp-content/uploads/2017/12/boekje-nederland-paardenland.pdf>
- KNHS. (sd). *Disciplinereglement dressuur*. Opgehaald van KNHS: <https://www.knhs.nl/top-sport/disciplines/dressuur/regels-en-reglementen-dressuur/disciplinereglement-dressuur/>
- KNHS. (sd). *Disciplines bij de KNHS*. Opgehaald van KNHS: <https://www.knhs.nl/top-sport/disciplines/>
- KNHS. (sd). *Dressuur: niveaus en klassen*. Opgehaald van KNHS: <https://www.knhs.nl/top-sport/disciplines/dressuur/dressuur-niveaus-en-klassen/>
- Kruis, M. v. (2017, februari 6). *China's hippische industrie biedt kansen voor Nederland*. Opgehaald van Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit: <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2017/02/06/china's-hippische-industrie-biedt-kansen-voor-nederland>
- KWPN. (2018). *De betekenis van fokwaarden*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/Files/Files/Overige-PDF-bestanden/Betekenis-fokwaarden-2018.pdf>
- KWPN. (sd). *Eerste bezichtiging*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/selectie-en-fokprogramma/hengstenselectie/eerste-bezichtiging>
- KWPN. (sd). *Gezondheid*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/selectie-en-fokprogramma/fokkerij/gezondheid>
- KWPN. (sd). *Hengstenselectie*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/selectie-en-fokprogramma/hengstenselectie>
- KWPN. (sd). *Historie*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/het-stamboek/historie>
- KWPN. (sd). *Predicaathengsten*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/selectie-en-fokprogramma/predicaathengsten>
- KWPN. (sd). *Predicaten merries*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/selectie-en-fokprogramma/predicaten/predicaten-merries>
- KWPN. (sd). *Wat is een fokwaarde*. Opgehaald van Groen kennisnet: <https://wikipaarden.groenkennisnet.nl/display/LF/5.3+Wat+is+een+fokwaarde>
- KWPN, H. G. (sd). *Hoe erfelijk zijn de kenmerken?* Opgehaald van Groen kennisnet: <https://wikipaarden.groenkennisnet.nl/pages/viewpage.action?pageId=1114192>
- Maurice-van Eijndhoven, M. Ooldenbroek, K. (2015). Wat is erfelijkheid? *Zeldzaam huisdier* 40, Volume 3, ISSN 0929-905X, pagina 10-12.

- Schutz M.M, Freeman A.E, Lindberg G.L, Koehler C.M, Beitz D.C (1994). The effect of mitochondrial DNA on milk production and health of dairy cattle.
Livestock Production Science, Volume 37, Issue 3, 283-295.
- Marcela Gonçalves Meirelles, M. M. Mariana Matera Veras, Maria Augusta Alonso, Carinade Fátima Guimarães, Marcilio Nichia Claudia Barbosa Fernandes (2017). Influence of Maternal Age and Parity on Placental Structure and Foal Characteristics From Birth up to 2 Years of Age. *Journal of Equine Veterinary Science*, Volume 56, 68-79.
- Priester, P. R. (2000). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Deel 3. Landbouw, voeding*. Opgehaald van DBNL:
https://www.dbnl.org/tekst/lint011tech03_01/lint011tech03_01_0006.php
- Ritzen, G. (2015, juli 17). *Waarom Nederland miljoenen verdient met paardenfokken*. Opgehaald van NRC: <https://www.nrc.nl/nieuws/2015/07/17/waarom-is-nederland-zo-goed-in-paardenfokken-a1495697>
- Roefs, N. (2019). *Verrichtingsonderzoek in beeld*. Dronten.
- Tekstschrijvert. (2016, augustus 20). *Paardrijden tijdens de Olympische Spelen van Rio 2016*. Opgehaald van Sport info nu: <https://sport.infonu.nl/kampioenschappen/167764-paardrijden-tijdens-de-olympische-spielen-van-rio-2016.html>
- Vereniging eigen paard. (sd). *De geschiedenis van het paard*. Opgehaald van Vereniging eigen paard: <https://verenigingeeigenpaard.nl/kennisbank/het-paard/de-geschiedenis-van-het-paard/>
- VH, B. (2019, februari 22). *Paardensector in Nederland is miljarden business*. Opgehaald van Equ nieuws: <https://www.equnews.nl/algemeen/paardensector-in-nederland-is-miljarden-business/>
- Vries, E. d. (2014, februari 18). *Fokwaarden KWPN-merries online*. Opgehaald van Horses: <https://www.horses.nl/fokkerij/fokwaarden-kwpn-merries-online/>
- Xiang Lin, Shi Zhou, Li Wen, Allan Davie, Xinkui Yao, Wujun Liu, Yong Zhang, (2015). Potential role of maternal lineage in the thoroughbred breeding strategy.
Reproduction, Fertility and Development. volume 28, issue 11, pagina 1704-1711.
- A.E.Stout, T. (2016). Embryo–maternal communication during the first 4 weeks of equine pregnancy. *Theriogenology*, Volume 86, Issue 1, 349-354.
- B.J. Ducro, E.P.C. Koenen, J.M.F.M.van Tartwijk, H.Bovenhuis (2007). Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science*, Volume 107, Issues 2–3, Pages 227-234.
- Christensen, J. W. (2016). Maternal transmission of behaviour. *Nordic ISAE 2016 : Proceedings of the 26th Nordic Regional Symposium of the International Society for Applied Ethology* (pp. Volume 70, pagina 19). Aarhus University: DCA - Danish Centre for Food and Agriculture.
- G. S. Gopalakrishnan, D. S. Gardner, J. Dandrea, S. C. Langley-Evans (2005). Influence of maternal pre-pregnancy body composition and diet during early-mid pregnancy on cardiovascular function and nephron number in juvenile sheep. *British Journal of Nutrition*, Volume 94, Issue 6, 938-947.
- Guillaume Counotte PhD, Gerrit Kampman DVM, Vincent Hinnen Ir (2014). Feeding Magnesium Supplement to Foals Reduces Osteochondrosis Prevalence. *Journal of Equine Veterinary Science*, Volume 34, Issue 5, 668-674.

- Kentucky Equine Research . (2015, April 2). *Foal Size Related to Characteristics of Mare and Placenta*. Opgehaald van Equineews: <https://ker.com/equineews/foal-size-related-characteristics-mare-placenta/?highlight=body%20size%20influence%20on%20foal>
- KWPN. (sd). *Fokrichting: Dressuurpaarden*. Opgehaald van KWPN: <https://www.kwpn.nl/kwpn-paard/selectie--en-fokprogramma/fokkerij/fokrichtingen/dressuurpaarden>
- Legates, J. E. (1972). The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: IV. Maternal Effects in Laboratory Species . *Journal of Animal Science*, Volume 35, Issue 6, 1294–1302.
- Lynne Clarke, David Pam Yakubu, and Michael E. Symonds (1997). Influence of maternal bodyweight on size, conformation and survival of newborn lambs. *Reproduction, Fertility and Development*, volume 9, issue 5, 509 - 514 .
- Michael E. Symonds, Terence Stephenson, David S. Gardner, Helen Budge (sd). Tissue Specific Adaptations to Nutrient Supply: More than Just Epigenetics? In T. S. Michael E. Symonds, *Early Nutrition Programming and Health Outcomes in Later Life* (pp. AEMB, volume 646, 113-118).
- Miyuki Sato, Ken Sato (2013). Maternal inheritance of mitochondrial DNA by diverse mechanisms to eliminate paternal mitochondrial DNA. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, Volume 1833, Issue 8, 1979-1984.
- Molly E. McCue, Raymond J. Geor, Nichol Schultz (2015). Equine Metabolic Syndrome: A Complex Disease Influenced by Genetics and the Environment. *Journal of Equine Veterinary Science*, Volume 35, Issue 5, 367-375.
- Mulder, H. (2013). Fokwaardeschatting bij dieren. *Stator*, Jaargang 14, nummer 3-4, pagina 19-20.
- Scott V. Dindot PhD, Noah D. Cohen VMD, MPH, PhD (2013). Epigenetic Regulation of Gene Expression: Emerging Applications for Horses. *Journal Of Equine Veterinary Science*, Volume 33, Issue 5, 288-294.
- E. palmer, M. Robles, P. Chavette-Palmer, A Ricard (2018). Maternal Effects on Offspring Performance in Show Jumping. *Journal Of Equine Veterinary Science*, Volume 66, ISSN 0737-0806, pagina 221.

Bijlage 1: Overzicht aanlegtesten en predicaaten.

Predicaat/ aanlegtest	Merrie beoordelingsonderdelen	Hengst beoordelingsonderdelen	Vereisten merrie	Vereisten hengst
IBOP (1 dag, test)	Aanleg sport en rijdbaarheid	X	Een merrie moet minimaal 75 punten halen om dit predicaat te ontvangen.	X
EPTM (Meerdaags, test)	Aanleg sport en rijdbaarheid	X	Een merrie moet minimaal 75 punten halen om dit predicaat te ontvangen.	X
Ster (predicaat)	Aanleg sport en exterieur	Aanleg en exterieur	Functioneel en correct gebouwd, aanleg voor de sport en een aansprekend karakter en ras.	Goedkeuring 2 ^e bezichting.
KEUR (predicaat)	Aanleg sport en exterieur	Aanleg sport en exterieur van nakomelingen.	Ster predicaat in combinatie met een IBOP-predicaat, EPTM-predicaat of sportprestatie.	Eerste jaargang nakomelingen minimaal 7 jaar. Hengst onderscheidt zich in de populatie op het gebied van overerving van sportkwaliteiten en exterieur. Sportindex van min. 140 + betrouwbaarheid van 85%.
PROK (predicaat)	Gezondheid en duurzaamheid. (Röntgenologisch)	Gezondheid en duurzaamheid. (Röntgenologisch) Opgenomen in verrichtingsonderzoek.	Goede botkwaliteit, geen bemerkingen.	Goede botkwaliteit, geen bemerkingen.
D-OC (predicaat)	Gezondheid en duurzaamheid. (Osteochondrose)	Gezondheid en duurzaamheid. (Osteochondrose) Opgenomen in verrichtingsonderzoek.	D-OC Vrij.	D-OC Vrij.
Elite (predicaat)	Aanleg sport en exterieur	X	KEUR-predicaat, sterpredicaat en D-OC predicaat.	X

			Bovengemiddeld exterieur en sportaanleg,	
Sport (predicaat)	Aanleg sport.	X	Minimaal 1 winstpunt in de klasse Z2.	X
Preferent (predicaat)	Bewezen nakomelingen. (Vererving sportaanleg en exterieur)	Bewezen nakomelingen. (Vererving sportaanleg en exterieur)	Minimaal 3 nakomelingen met predicaaten (merries) of keuringen (hengsten).	KEUR-predicaat. Eerste jaargang nakomelingen minimaal 11 jaar. Hengst onderscheidt zich in de populatie op het gebied van overerving van sportkwaliteiten en exterieur. Sportindex van min. 140 + betrouwbaarheid van 85%.
Prestatie (predicaat)	Vererving sportaanleg.	X	Minimaal 3 nakomelingen actief in de sport die samen 5 punten scoren. (Middels Winstpuntensysteem)	X
Verrichtings- onderzoek (test)	X	Aanleg sport, instelling, karakter en exterieur.	X	Veterinair en röntgenologisch onderzoek positief afleggen. Vrije beweging en onder het zadel, minimale score van 75.

Tabel 2: Weergave predicaaten en keuringen.

Bijlage 2: Analyse invloed van vaderlijn op erfelijke aanleg als de moederlijn neutraal is.

Hieronder is een Legenda te zien met de afkortingen die gebruikt zijn in het tabel met de analyse van de nakomelingen. Er wordt gebruik gemaakt van afkortingen om het tabel zo overzichtelijk en kort mogelijk te houden.

Afkorting	Betekenis
FW	Fokwaarde
STB	Stamboek
Pres/ PRES	Prestatie
Pred	Predicaten
GP	Grand Prix
PSG	Prix St. George
PREF	Preferentie
LT	Lichte tour
ZZL	ZZ Licht
ZZZ	ZZ Zwaar

Tabel 3: Legenda van afkortingen.

Nakomeling	Prestaties/ predicaten	Vaderdier + fokwaarde	Moederdier + fokwaarde	Merrie/ Ruin/ Hengst
UB 40, 2001. FW: 142.	Pres: PSG. Pred: STB, KEUR.	Olivi, 1996. FW: 182	Kilucienne, 1992. FW: 107	Hengst
Cyrano, 2007. FW: 134	Pres: L1 Pred:	Vivaldi, FW: 171	Roksy, 1998. FW: 96	Hengst
Breezer, 2006. FW: 137	Pres: PSG Pred: STB	Johnson, 2002. FW: 157	Brieka, 1983. FW: 106	Hengst
Zelza-bella, 2004. FW: 120	Pres: - Pred: STB, STER, PREF.	Florencio, 1999. FW: 152	Ragna Bella, 1998. FW: 97	Merrie
Ubangi, 2001. FW: 130	Pres: Z1 Pred: -	Gribaldi, 1993. FW: 154	Vrona, 1979. FW: 107	Ruin
Oase, 1996. FW: 149	Pres: - Pred: STB, KEUR.	Jazz, 1991. FW: 189	Fenneke, 1987. FW: 92	Merrie
Ilya, 1990. FW: 143	Pres: - Pred: STB, STER, PREF, PRES.	Clavecimbel, 1984. FW: 143	Zabien, 1981. FW: 113	Merrie
Toscane, 2000. FW: 123	Pres: B Pred: -	Welt hit II, 1992 FW: 145	Manuela, 1994. FW: 100	Merrie
Vitana V, 2002. FW: 161	Pres: GP Pred: STB, STER, ELITE, SPORT, PROK.	Donnerhall, 1981. FW: 175	Lantana V, 1993. FW: 113	Merrie
Oronia, 1996. FW: 171	Pres: LT Pred: STB, ELITE, PREF, PRES, PROK, SPORT.	Jazz, 1991. FW: 189	Joyce, 1991. FW: 106	Merrie
Adelsteen, 2005. FW: 127	Pres: - Pred: -	Rubiquil, 1992. FW: 156	Izabel, 1990. FW: 96	Merrie
King Karim, 2015. FW: 160	Pres: - Pred: STB	Painted Black, 1997.	Rulexta, 1998. FW: 114	Hengst

		FW: 180		
D, 2008. FW: 132	Pres: L2 Pred: -	Wynton, 2003 FW: 161	Nevada, 1995. FW: 114	Hengst
Noreen de haar, 2005. FW: 151	Pres: Z1 Pred: STB, KEUR, SPORT.	Jazz, 1991. FW: 189	Allure, 1982. FW: 107	Merrie
Pierre le haar, 1997. FW: 127	Pres: M1 Pred: -	Gribaldi, 1993. FW: 154	Allure, 1982. FW: 107	Ruin
Alexia Sollenburg, 2005. FW: 140	Pres: - Pred: PREF, PROK, D-OC.	Tuschinski, 2000. FW: 145	Omnia, 1996. FW: 113	Merrie
Darwin, 1985. FW: 136	Pres: GP Pred: STB	Roemer, 1975. FW: 142	Zonnatettie, 1991. FW: 110	Hengst

Melody. 1994. FW: 134	Pres: Z1 Pred: STB, KEUR, PREF, SPORT.	Vincent, 1979. FW: 147	Ganulda, 1988. FW: 110	Merrie
Erato Sollenburg, 2009. FW: 126	Pres: L1 Pred: -	Ampère, 2005. FW: 145	Omnia, 1996. FW: 113	Hengst
Undercover STV, 2001. FW: 130	Pres: - Pred: -	OO Seven, 1996. FW: 150	Boniek STV, 1983. FW: 109	Hengst
Nedorette W, 1995. FW: 140	Pres: Z2 Pred: STB, KEUR, SPORT.	Contango, 1988. FW: 153	Goedele, 1988. FW: 107	Merrie
Troy, 2000. FW: 125	Pres: Z1 Pred: STB	Negro, 1995. FW: 146	Linie, 1993. FW: 96	Hengst
Gelbria, 1988. FW: 129	Pres: - Pred: STB, STER, V-KEUR, PRES.	Doruto, 1963. FW: 150	Ilbria, 1967. FW: 115	Merrie
Annastrade, 2005. FW: 132	Pres: - Pred: STB, STER, V-KEUR, PREF.	OO Seven, 1996. FW: 150	Eistrade, 1986. FW: 111	Merrie
Tristie ter kwincke, 2000. FW: 144	Pres: - Pred: STB, ELITE, PREF, PRES, PROK.	Gribaldi, 1993. FW: 154	Arella, 1982. FW: 113	Merrie

Tabel 4: Analyse nakomelingen.

Bijlage 3: Analyse invloed van moederlijn op erfelijke aanleg als de vaderlijn neutraal is.

Hieronder is een Legenda te zien met de afkortingen die gebruikt zijn in het tabel met de analyse van de nakomelingen. Er wordt gebruik gemaakt van afkortingen om het tabel zo overzichtelijk en kort mogelijk te houden.

Afkorting	Betekenis
FW	Fokwaarde
STB	Stamboek
Pres/ PRES	Prestatie
Pred	Predicaten
GP	Grand Prix
PSG	Prix St. George
PREF	Preferentie
LT	Lichte tour
ZZL	ZZ Licht
ZZZ	ZZ Zwaar

Tabel 5: Legenda van afkortingen.

Nakomeling	Prestaties/ predicaten	Vaderdier + fokwaarde	Moederdier + fokwaarde	
El corona, 1986 FW: 143	Pres: - Pred: STB	Amor, 1995. FW: 115	Torbertha, 1977. FW: 142	Hengst
Austin powers, 2005. FW: 136	Pres: - Pred: PROK	Trento B, 2000. FW: 95	Renate-Utopia, 1998. FW: 170	Hengst
Cosmo, 2007. FW: 142	Pres: GP Pred: PROK	Van Gogh, 2002. FW: 105	Lady, 1993. FW: 154	Hengst
Habibi, 1989. FW: 142	Pres: GP Pred: -	Uift, 1978. FW: 106	Wendelien, 1980. FW: 151	Ruin
Doris-Day Sollenburg, 2008. FW: 147	Pres: LT Pred: STB ELITE, EPTM, SPORT, PROK.	Uphill, 2001. FW: 116	Walzing Mathilde S, 2003. FW: 154	Merrie
Tirzanel, 2000. FW: 123	Pres: Z1 Pred: STB	Zirkoon, 1981. FW: 109	Nadianel, 1995. FW: 148	Merrie
N, 1995. FW: 135	Pres: PSG Pred: -	Apollonios, 1981. FW: 114	Edelfee, 1986. FW: 151	Ruin
Wandurel, 2003. FW: 134	Pres: ZZL Pred: -	Ronaldo, 1995. FW: 108	Pacharel T, 1997. FW: 152	Hengst
Good pleasure, 2011. FW: 127	Pres: M1 Pred: STB STER, V-KEUR, PROK.	Oscar, 1996. FW: 102	Wild pleasure, 2003. FW: 163	Merrie
Kroonjuweel, 1992. FW: 113	Pres: ZZZ Pred: STB	Belisar, 1983. FW: 103	Charities, 1984. FW: 158	Hengst
Ardento G, 2005. FW: 116	Pres: Z1 Pred: -	Trento B, 2000. FW: 95	Ilya, 1990. FW: 143	Hengst

Tournesol, 2000. FW: 126	Pres: Z2 Pred: STB, ELITE, SPORT, PROK.	Neostan, 1995. FW: 112	Meli-Melo, 1994. FW: 150	Merrie
Vagansky, 2002. FW: 126	Pres: Z1 Pred: STB, KEUR.	Riverman, 1998. FW: 113	Ocky, 1996. FW: 140	Merrie
Bonbini, 2006. FW: 127	Pres: Z2 Pred: STB ELITE, SPORT, IBOP, PROK.	Oscar, 1996. FW: 102	Rose of vincent, 1998. FW: 145	Merrie
Charming vurona, 2007. FW: 142	Pres: ZZL Pred: STB ELITE, SPORT, IBOP, PROK.	Dreamcatcher, 2000. FW: 111	Vurona, 2002. FW: 155	Merrie
Magic-Utopia, 1994. FW: 126	Pres: M2 Pred: STB, ELITE, PROK.	Purioso, 1994. FW: 107	Halla Utopia, 1989. FW: 147	Merrie
Nectar, 1995. FW: 122	Pres: Z2 Pred: -	Concorde, 1984. FW: 96	Jirondine, 1991. FW: 142	Ruin
Zarava, 2004.	Pres: LT	Scandic, 1999.	Tarava, 2000.	Merrie

FW: 160	Pred: STB ELITE, PREF, IBOP, SPORT, PROK.	FW: 115	FW: 173	
Rava, 1998. FW: 143	Pres: Z2 Pred: STB, KEUR, PREF, PRES, SPORT.	Monaco, 1994. FW: 98	Nendyrava, 1995. FW: 170	Merrie
Cosmos, 1984. FW: 146	Pres: GP Pred: 3e bez.	Pion, 1974, FW: 109	Udaula, 1978. FW: 158	Ruin
Nandaula, 1995. FW: 122	Pres: - Pred: STB ELITE, PREF, PROK.	Jester, 1991. FW: 114	Fundaula, 1987. FW: 140	Merrie
Divadora E.H., 2008. FW: 136	Pres: - Pred: -	Dreamcatcher, 2000. FW: 111	Vidora E.H., 2002. FW: 161	Merrie
Ufarmer, 2001. FW: 129	Pres: Z2 Pred: -	Farmer, 1987. FW: 109	Oase, 1996. FW: 149	Ruin
Coloured brown, 2007. FW: 126	Pres: Z1 Pred: -	Kigali, 1992. FW: 103	Litchy, 1993. FW: 142	Hengst
Charming Vurona, 2007. FW: 142	Pres: ZZL Pred: STB ELITE, SPORT, IBOP, PROK.	Dreamcatcher, 2000. FW: 111	Vurona, 2002. FW: 155	Merrie

Tabel 6: Analyse nakomelingen.