

# **Kengetallen**

## **E-47**

### **Fokwaarde veerkracht**

#### ▪ **Inleiding**

Ondanks dat het management en klimaat binnen een bedrijf vaak gelijk is voor alle koeien, reageren niet alle koeien gelijk op de omstandigheden. Er zijn koeien die, ongeacht de omstandigheden, zeer stabiel melk produceren. Wisselende omstandigheden zoals een hitte-periode of een regendag tijdens het weideseizoen lijken de koe weinig te deren. Andere koeien reageren wel op deze wisselende omstandigheden, met een dalende melkproductie tot gevolg. Als de wisselende omstandigheid ten einde is, zal de koe ook weer wat meer melk gaan produceren. Dit leidt tot fluctuerende melkproducties van dag tot dag. Idealiter heeft een koe een stabiele melkproductie, en hebben de omstandigheden geen of minimaal effect op de melkproductie. Zo'n koe noemen we veerkrachtig. Veerkracht beschrijft de weerbaarheid van een dier, waarmee bedoeld wordt de mate waarin een dier kan omgaan met wisselende omstandigheden zoals ziekte of hittestress (Poppe, 2022). Het verbeteren van veerkracht is belangrijk voor dierenwelzijn en is goed voor de melkveehouder die probleemloze koeien wil hebben.

Als een dier wel last heeft van wisselende omstandigheden, kan dit ook al kenbaar zijn aan bijvoorbeeld uierontsteking, kreupelheid of metabole aandoeningen. 55% van het kenmerk veerkracht komt al tot uiting in kenmerken waar reeds fokwaarden voor beschikbaar zijn (o.a. uiergezondheid, klauwgezondheid, subklinische ketose, levensduur), wat betekent dat voor 45% van het kenmerk veerkracht nog geen rekening wordt gehouden. Sinds April 2024 publiceert Coöperatie CRV daarom fokwaarden voor veerkracht, zodat veehouders in Nederland en Vlaanderen kunnen fokken op veerkrachtige koeien.

Uit de gegevens over veerkracht kan het genetisch effect van de koe, de fokwaarde, berekend worden. Door het gebruik van een statistisch diemodel wordt rekening gehouden met omgevingsfactoren die de veerkracht van een koe beïnvloeden. In dit E-hoofdstuk wordt ingegaan op de berekening van de fokwaarde veerkracht. Verder zal de presentatie, interpretatie en publicatie aan de orde komen.

#### ▪ **Gegevens**

Het kenmerk veerkracht wordt afgeleid uit de verschillen tussen verwachte dagproducties en daadwerkelijke dagproducties van een koe, gebaseerd op informatie uit Automatische Melk Systemen (AMS) of uit een melkstal met elektronische melkmeters (EMM). Aan de basis van het kenmerk veerkracht liggen dus individuele melkingen uit de AMS of EMM. De individuele melkingen worden samengevat in een dagproductie (productie van 24 uur), wat de basis is van de veerkrachtkenmerken die gelden op lactatieniveau.

De eisen waaraan een melking moet voldoen om meegenomen te worden in de fokwaarschatting zijn:

1. melkingen zijn als 'volledig en geldig' geregistreerd\*;

De eisen waaraan een dagproductie moet voldoen om meegenomen te worden in de fokwaardeschatting zijn:

2. de berekende dagproducties zijn 'geldig\*\*';
3. de berekende dagproducties liggen niet meer dan 6 standaarddeviaties boven de gemiddelde melkproductie horende bij een dier in dezelfde lactatie met hetzelfde aantal lactatiedagen;

De eisen op lactatieniveau of dierniveau waaraan de uiteindelijke observatie van de veerkrachtkenmerken moet voldoen zijn;

4. een dier is vrouwelijk, stamboek geregistreerd en de vader van de koe is bekend;
5. een dier heeft een bloedvoering die voor minder dan 50% uit Belgisch Wit-Blauw bestaat;
6. een dier moet een bekende verblijfplaats hebben;
7. een dier mag niet verplaatst zijn van bedrijf gedurende de lactatie;
8. een dier moet een observatie voor lactatie 1 hebben;
9. de leeftijd bij de eerste keer afkalven is minimaal 610 dagen en maximaal 1095 dagen;
10. een dier moet minstens 90 dagen voor de fokwaardeschatting voor het eerst zijn afgekalfd;
11. een dier heeft minstens 50 dagen met een bekende melkgift tussen dag 11 en dag 341 in lactatie;
12. tussen de eerste en laatste lactatie dag met een bekende melkgift moet minstens 70% van de dagen een bekende melkgift hebben;

Daar bovenop geldt voor de observaties:

13. observaties van het dier mogen niet meer dan vier standaarddeviaties afwijken van het gemiddelde voor het desbetreffende kenmerk in de populatie.

*\*Een melking is volledig en geldig als het melkinterval met de voorgaande melking maximaal 24 uur is, en de melking moet als 'volledig' staan geregistreerd door de AMS of EMM. Een melking die als 'onvolledig' staat geregistreerd wordt pas verwijderd uit de data als meer dan drie dagen op een rij alle melkingen als 'onvolledig' staan geregistreerd.*

*\*\*Een dagproductie is geldig als 1.) het niet de eerste dag in lactatie is, 2.) alle melkingen op die dag 'volledig en geldig' zijn.*

## ▪ Kenmerken

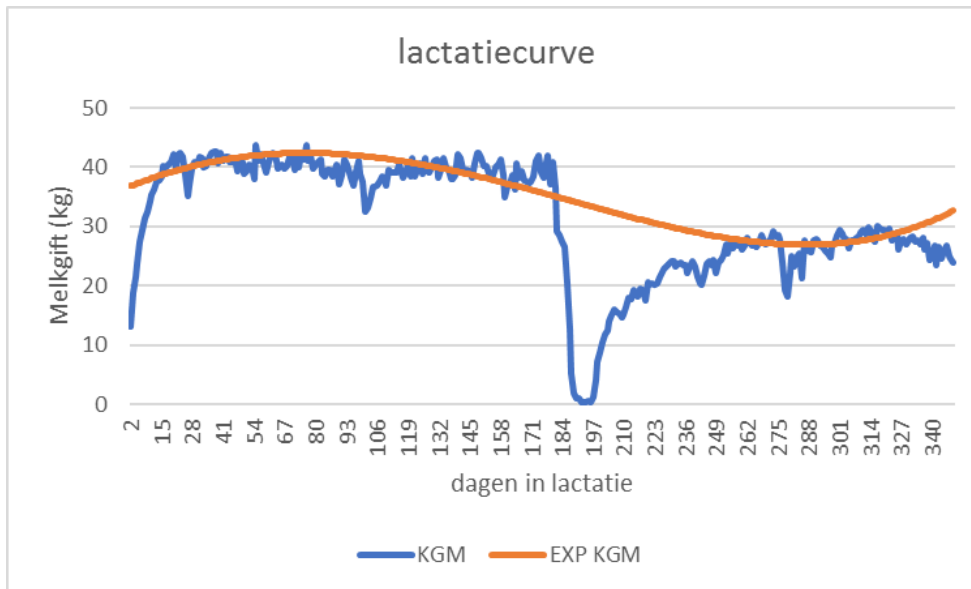
Er zijn twee kenmerken die aangeven hoe veerkrachtig een koe is; de snelheid waarmee een koe na een wisselende omstandigheid haar melkgift herstelt naar het oorspronkelijke niveau (*herstel*), en de mate waarin de melkgift van een koe varieert bij wisselende omstandigheden (*stabiliteit*). Hierin betekent sneller herstel na wisselende omstandigheden en minder variatie in melkproductie bij wisselende omstandigheden een hogere veerkracht en dus hogere weerbaarheid.

## Observatie

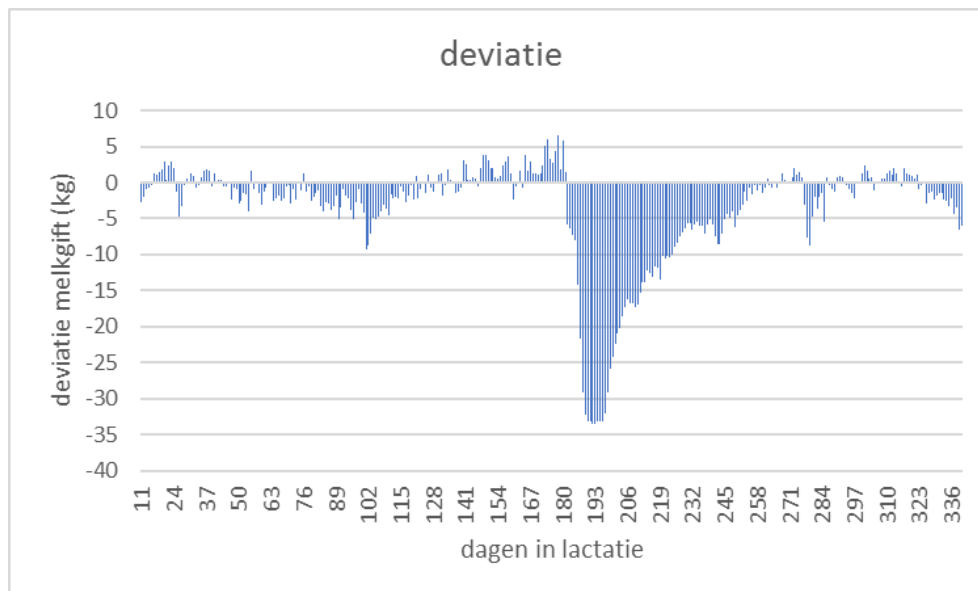
Voor iedere koe met bekende melkingen uit een AMS of EMM kan de melkproductie op een gegeven dag worden berekend als zowel het melkinterval met de voorgaande melking als de melkgift bekend is. De dagproducties dienen als basis voor het maken van een lactatiecurve over de dagen waarvan een dagproductie bekend is. De lactatiecurve is hierbij geschat op basis van een polynomische kwantielregressie. De curve is dus non-lineair en door gebruik te maken van een kwantiel van 0,7 is de aanname dat de dagproducties die zijn berekend onderhevig zijn geweest aan wisselende omstandigheden, waardoor de koe eigenlijk een wat hogere productie had kunnen behalen dan dat er ook daadwerkelijk behaald is. De curve wordt bepaald tot een lactatielengte van 350 dagen. Figuur 1 toont hoe dit er grafisch uitziet. De blauwe lijn is hierbij de melkgift die de koe daadwerkelijk geproduceerd heeft, de oranje lijn is de melkgift gebaseerd op de polynomische kwantielregressie.

Vervolgens wordt voor iedere dag waarvan een melkproductie bekend is, het verschil berekend tussen de daadwerkelijk geproduceerde hoeveelheid melk (kg) en de geschatte melkgift volgens de polynomische kwantielregressie. Dit verschil noemen we de deviatie.

Voor de berekening van de kenmerken worden alleen gegevens gebruikt vanaf een lactatielengte van 11 dagen tot en met 340 dagen. Dit houdt in dat de eerste 10 dagen van de lactatie en dag 341-350 wel worden gebruikt voor het maken van de lactatiecurve, maar niet worden gebruikt voor de uiteindelijke berekening van het kenmerk. Een grafische weergave van de deviaties is weergegeven in figuur 2. Dit betreft dezelfde koe (en dezelfde lactatie) als in figuur 1.



Figuur 1. Polynomische kwantielregressie (EXP KGM) gebaseerd op melkgift per dag (KGM).



Figuur 2. Deviatie in melkgift tussen melkgift en geschatte melkgift op basis van polynomische kwantielregressie.

Er wordt alleen een kenmerk voor een koe berekend als de koe minimaal 50 dagen heeft met een bekende melkgift tussen dag 11 en dag 341 in lactatie. Daarnaast moet tussen de eerste dag in de lactatie en de laatste dag in de lactatie met een bekende melkgift minimaal 70% van de dagen een bekende melkgift hebben. De lactatiecurve wordt namelijk onnauwkeurig als er te veel dagen missen.

### **Kenmerk - herstel**

Voor het kenmerk *herstel* wordt elke deviatie vergeleken met de deviatie één dag terug. Dit is een zogenoemde 'lag 1 autocorrelatie' (Rauto). Hierbij wordt een correlatie uitgerekend tussen een reeks observaties over een tijdsperiode (deviaties in melkgift per dag over een lactatie) en dezelfde observaties één dag terug in de tijd. Bij definitie liggen de uitkomsten van een correlatie tussen -1,0 en +1,0.

Een koe die gedurende de lactatie geen last heeft van de omstandigheden zal een geschatte lactatiecurve hebben die nagenoeg overeenkomt met de daadwerkelijke dagproducties. De ene dag is de melkproductie net iets onder de curve, de andere dag net iets erboven. De deviaties schommelen van dag tot dag dus rondom de curve, daardoor lijken de deviaties van dag tot dag niet heel veel op elkaar, met een lage autocorrelatie tot gevolg.

Als een koe gevoelig is voor de omstandigheden met een dalende melkproductie tot gevolg, zal de deviatie voor die dag negatief uitvallen. Herstelt de koe niet snel, dan zullen ook de daaropvolgende dagen allemaal een negatieve deviatie hebben. De opeenvolgende deviaties van dag tot dag lijken dus veel op elkaar, met een hoge autocorrelatie tot gevolg. Komt de koe een omstandigheid tegen die tot een dalende melkproductie leidt, maar herstelt de koe vervolgens wel weer na één of enkele dagen, dan lijken de opeenvolgende deviaties niet op elkaar waardoor de autocorrelatie laag zal zijn.

Een lage waarde voor het kenmerk *herstel* geeft aan dat koeien in staat zijn snel terug te keren op hun oorspronkelijke productieniveau, terwijl een hoge waarde juist aangeeft dat koeien lang de tijd nodig hebben om terug te keren op hun geschatte productieniveau.

### **Kenmerk - stabiliteit**

Voor het kenmerk *stabiliteit* wordt voor elke dag de deviatie gekwadrateerd, en vervolgens worden alle gekwadrateerde deviaties bij elkaar opgeteld. Dit noemen we de som van de kwadraten. Deze som van de kwadraten wordt gedeeld door het aantal dagen met een bekende melkgift minus één. De uitkomst hiervan is de variantie. Vervolgens nemen we het natuurlijk logaritme van de variantie, en de uitkomst hiervan is het kenmerk *stabiliteit* (LnVar). Door de natuurlijk logaritme van de variantie te nemen hebben de observaties van het kenmerk *stabiliteit* een betere normaalverdeling, wat een voorwaarde is voor de fokwaardeschatting.

Koeien die door wisselende omstandigheden vaker en meer afwijken van de lactatiecurve dan gemiddeld, zullen grote deviaties hebben, dat heeft een hogere variantie en uiteindelijk LnVar tot gevolg. Een hoge waarde voor het kenmerk *stabiliteit* is dus een teken dat de koe weinig veerkrachtig is, een lage waarde geeft hierbij de veerkrachtige dieren aan.

Het kenmerk *stabiliteit* wordt beïnvloed door de gemiddelde melkproductie per koe. Als een koe een deviatie van 5% heeft ten opzichte van de geschatte melkproductie op die dag, komt dit bij een koe met een melkproductie van 20 kilogram melk per dag neer op een deviatie van 1 kilogram. Bij een koe met een geschatte melkproductie van 60 kilogram komt diezelfde 5% deviatie neer op 3 kilogram. Een grotere deviatie zorgt voor meer variantie (doordat er gekwadrateerd wordt). Om hier rekening mee te houden, wordt voor melkproductie gecorrigeerd in het model voor *stabiliteit*.

### **▪ Fokwaarden**

Voor elke lactatie worden er vier fokwaarden geschat: *herstel* en *stabiliteit* voor koeien gemolken in een AMS en *herstel* en *stabiliteit* voor koeien gemolken in EMM. Dit wordt gedaan voor lactatie 1, lactatie 2 en lactatie 3+ (observaties in lactatie 3 en hoger worden samengevoegd tot één fokwaarde). In totaal worden er dus 12 fokwaarden geschat (2 kenmerken x 2 melksystemen x 3 lactaties).

Er wordt onderscheid gemaakt tussen koeien gemolken in een AMS en EMM omdat de veerkracht kenmerken uit beide melksystemen niet gelijk aan elkaar zijn. Koeien gemolken in een EMM worden met een vaste frequentie gemolken waardoor eventueel wisselende omstandigheden geen invloed hebben op het aantal melkingen per dag, terwijl dit bij koeien gemolken in een AMS wel het geval kan zijn. Het uiteindelijke melkinterval heeft invloed op de melkgift. Daarnaast registreert een AMS normaliter alle melkingen, ook van koeien waarvan de melk gesepareerd wordt (bijv. bij antibiotica gebruik), terwijl bij een EMM gesepareerde melk niet altijd geregistreerd wordt. Juist deze melkingen worden verwacht op momenten dat een koe onderhevig is aan een wisselende omstandigheid. Door het missen van waardevolle data gaat variatie in het fenotype verloren.

## ▪ Fenotype

De fenotypische statistieken van de kenmerken zijn weergegeven in tabel 1. De kenmerken zijn hier ook uitgesplitst naar lactatie 1, 2 en 3+. Observaties die meer dan vier standaarddeviaties afwijken van het gemiddelde, worden uitgesloten van de fokwaardeschatting en deze observaties zijn dus ook niet opgenomen in de tabel.

*Tabel 1. Fenotypische statistieken voor de veerkrachtkenmerken herstel en stabiliteit voor de drie lactaties voor de twee melksystemen (3+ is lactatie 3 en hoger).*

kenmerk	gemiddelde	spreiding	Minimum	maximum
herstel 1 ams	0,59	0,19	-0,27	0,98
stabiliteit 1 ams	1,53	0,64	-1,16	3,95
herstel 1 emm	0,47	0,19	-0,26	0,97
stabiliteit 1 emm	1,69	0,69	-0,66	3,75
herstel 2 ams	0,59	0,18	-0,28	0,99
stabiliteit 2 ams	1,82	0,67	-0,95	4,32
herstel 2 emm	0,47	0,18	-0,22	0,97
stabiliteit 2 emm	1,95	0,70	-0,41	4,01
herstel 3+ ams	0,58	0,19	-0,38	0,98
stabiliteit 3+ ams	2,05	0,70	-0,86	4,74
herstel 3+ emm	0,47	0,18	-0,27	0,97
stabiliteit 3+ emm	2,13	0,70	-0,24	4,25

De koe in figuur 1 en figuur 2 heeft een Rauto (herstel) van 0,97 en een LnVar (stabiliteit) van 4,2. Deze waarden zijn zeer hoog vergeleken met het gemiddelde, omdat hoge waarden juist niet veerkrachtige dieren aanwijzen, is dit dier niet veerkrachtig te noemen. De dip in deviaties is namelijk diep en het herstel van deze dip duurt lang.

## ▪ Gebruik van afstammingen

Het gebruik van afstammingen in het diermodel voor veerkracht is gelijk aan dat bij de fokwaardeschatting voor melkproductiekenmerken. Zie hiervoor deel E-7.

## ▪ Statistisch model

Het statistische model, dat gehanteerd wordt bij het diermodel voor veerkracht, is opgesplitst naar een model voor lactatie 1 en 2 en een model voor lactatie 3+. Het statistisch model voor lactatie 1 en 2 ziet er als volg uit:

$$Y1_{ijklmnoprs} = BJS_i + DIM_j + ALVA_k + KB_s + KGM_l + HET_m + REC_n + INT_o + A_p + Rest_{ijklmnoprs}$$

En het model voor lactatie drie en hoger is:

$$Y_{2ijklmnopqs} = BJS_i + DIM_j + LAC_k + KB_s + KGM_l + HET_m + REC_n + INT_o + A_p + PME_q + Rest_r$$

Waarbij:

- $Y_{1ijklmnoprs}$  : observatie op bedrijf\*jaar\*seizoen  $i$ , met lactatiedagen  $j$ , leeftijd bij eerste keer afkalven  $k$ , afwijking in melkproductie ten opzichte van bedrijfsgemiddelde  $s$ , gemiddelde melkproductie  $l$ , heterosis effect  $m$ , recombinatie effect  $n$ , inteelt effect  $o$ , aan dier  $p$  in lactatie 1 of lactatie 2;
- $Y_{2ijklmnopqs}$  : observatie op bedrijf\*jaar\*seizoen  $i$ , met lactatiedagen  $j$ , lactatie  $k$ , afwijking in melkproductie ten opzichte van bedrijfsgemiddelde  $s$ , gemiddelde melkproductie  $l$ , heterosis effect  $m$ , recombinatie effect  $n$ , inteelt effect  $o$ , permanent milieueffect  $q$ , aan dier  $p$  in lactatie 3 of hoger;
- $BJS_i$  : bedrijf \* jaar \* seizoen  $i$ ;
- $DIM_j$  : dagen in lactatie  $j$ ;
- $ALVA_k$  : leeftijd bij eerste keer afkalven  $k$ ;
- $LAC_k$  : lactatie  $k$ ;
- $KB_s$  : afwijking in melkproductie ten opzichte van bedrijfsgemiddelde effect  $s$ ;
- $KGM_l$  : melkproductie effect  $l$ ;
- $HET_m$  : heterosis effect  $m$ ;
- $REC_n$  : recombinatie effect  $n$ ;
- $INT_o$  : inteelt effect  $o$ ;
- $A_p$  : additief genetisch effect van dier  $p$ ;
- $PME_q$  : permanent milieueffect  $q$ ;
- $Rest_r$  : restterm  $r$  van hetgeen niet door  $Y_{ijklmnopqs}$  en  $Y_{ijklmnopqs}$  verklaard wordt.

De effecten  $A$ ,  $PME$  en  $Rest$  zijn random, de effecten  $HET$ ,  $REC$  en  $INT$  zijn covariabelen, de overige effecten zijn fixed. Fixed effecten  $KB$  en  $KGM$  worden alleen aan het model toegevoegd voor het kenmerk *stabiliteit*.

### Voorcorrectie voor spreiding per gemiddelde dagproductie (kilogram melk)

Voordat observaties gebruikt worden in het model wordt een correctie uitgevoerd voor de spreiding van deze observaties binnen de klasse van gemiddelde dagproductie in kilogram melk per dag waar de observatie toebehoort. Het doel is om de spreiding van de observaties te standaardiseren, omdat bij een hogere gemiddelde dagproductie de observaties meer spreiding hebben. De formule waarmee de spreiding wordt gestandaardiseerd is als volgt:

$$S^* = (S - M_{in}) * (STD_{tot}/STD_{in}) + M_{in}$$

waarbij:

- $S^*$  = gestandaardiseerde observatie
- $S$  = observatie voor kenmerk voordat voorcorrectie plaats vindt
- $STD_{tot}$  = spreiding van alle observaties per kenmerk per gemiddelde dagproductie
- $STD_{in}$  = spreiding van alle observaties
- $M_{in}$  = gemiddelde score voor kenmerk per gemiddelde dagproductie

### De effecten in het model

De elf effecten in het model zijn:

1. bedrijf \* jaar \* seizoen;
2. dagen in lactatie \* 3 jaar;
3. leeftijd van eerste keer afkalven \* 3 jaar;
4. pariteit \* 3 jaar;
5. afwijking in melkproductie ten opzichte van bedrijfsgemiddelde \* 3 jaar;
6. gemiddelde melkproductie;
7. heterosis;

8. recombinatie;
9. inteelt;
10. additief genetisch effect of fokwaarde;
11. permanent milieueffect.

Om de effecten dagen in lactatie, leeftijd bij eerste keer afkalven, lactatienummer en gemiddelde productie \* gemiddelde productie bedrijf tijdsgebonden te maken, worden deze effecten onderverdeeld in groepen van drie jaar op basis van het aantal beschikbare jaargangen in de data. Leeftijd bij eerste keer afkalven geldt voor het model in lactatie 1 en lactatie 2, pariteit geldt alleen voor het model in lactatie 3.

#### *Bedrijf \* jaar \* seizoen*

Iedere bedrijf \* jaar \* seizoen-combinatie vormt een nieuwe klasse in het model. Jaar en seizoen zijn hierbij het jaar en seizoen van eerste keer afkalven. Binnen deze klasse worden dus dieren met elkaar vergeleken die in dezelfde periode op hetzelfde bedrijf voor het eerst zijn afgekalfd. Ieder bedrijf heeft zijn eigen veestapel- en bedrijfsmanagement, waar dit effect voor corrigeert in het diersmodel.

#### *Dagen in lactatie \* 3 jaar*

Niet van elke koe in een gegeven lactatie zijn 350 lactatiedagen met een bekende melkgift in de data aanwezig. De data kunnen missend zijn, of de koe is afgevoerd op een lactatielengte korter dan 350 dagen. Koeien waar minder data van bekend is, lopen daarmee ook minder risico om een verstoring in hun melkproductie te laten zien. Hier wordt voor gecorrigeerd in het model door dagen in lactatie in te delen in 7 klassen, ingedeeld in een minimale lactatielengte van ten minste 50, 91, 131, 171, 211, 251 of 291 dagen.

#### *Leeftijd van eerste keer afkalven \* 3 jaar*

Iedere leeftijd van eerste keer afkalven in maanden \* 3 jaar vormt een nieuwe klasse in het model. Dieren die op een leeftijd van 1 jaar en 8 maanden voor het eerst kalven zijn nog volop in ontwikkeling, terwijl dieren die op een leeftijd van 2 jaar en 11 maanden voor het eerst kalven al veel verder zijn in hun ontwikkeling en veel minder energie hoeven te steken in hun ontwikkeling. Daarentegen kunnen dieren die op een latere leeftijd voor het eerst kalven weer meer last hebben van metabole aandoeningen door vervetting. Leeftijd van eerste keer afkalven heeft dus invloed op hoe dieren hun energie verdelen, en daarmee hoe ze om kunnen gaan met wisselende omstandigheden. Daarom wordt rekening gehouden met leeftijd bij eerste keer afkalven bij de kenmerken in lactatie 1 en lactatie 2.

#### *Pariteit \* 3 jaar*

Het afkalfmoment in lactatie 3 ligt twee jaar of meer na het moment van eerste keer afkalven, voor koeien in latere pariteiten is deze tijdsperiode nog langer. Leeftijd van eerste keer afkalven is daarom minder van invloed in de latere pariteiten. Om toch rekening te houden met leeftijdseffecten en effecten die droogstand/ afkalven hebben op de gezondheid en lichamelijke staat van de koe, wordt voor de kenmerken in lactatie 3+ rekening gehouden met het lactatienummer.

#### *Afwijking in melkproductie ten opzichte van bedrijfsgemiddelde \* 3 jaar*

Het effect afwijking in melkproductie ten opzichte van bedrijfsgemiddelde wordt toegevoegd aan het model voor het kenmerk *stabiliteit*. Het is nodig om hier rekening mee te houden omdat een melkproductie van 9.000 kilogram op een bedrijf met een gemiddelde productie van 12.000 kilogram makkelijker te behalen is dan een melkproductie van 12.000 op een bedrijf waar het gemiddelde op 9.000 ligt. Dit is dan ook van invloed op de veerkracht van de koe. De gemiddelde dagelijkse melkproductie van zowel de koe als het bedrijf worden opgedeeld in klassen van 1 kilogram, waarna ze het wordt omgerekend naar een 305-dagen

productie. Melkproducties per dag worden gebaseerd op de schattingen uit de polynomische kwantielregressie.

#### *Gemiddelde melkproductie*

Het effect gemiddelde melkproductie wordt toegevoegd aan het model voor het kenmerk *stabiliteit*, zodat rekening gehouden wordt met de gemiddelde melkproductie (kilogram melk per dag) van een koe gedurende de dagen met een bekende melkgift. Als een koe bijvoorbeeld alleen data heeft tussen dag 250 en dag 350 in lactatie, dan wordt de gemiddelde melkproductie per dag genomen tussen dag 250 en dag 350 in lactatie. De melkproductie is gebaseerd op de geschatte melkproductie volgens de polynomische kwantielregressie.

De gemiddelde dagelijkse melkproductie in lactatie 1 is 27 kilogram, in lactatie 2 is dit 32 kilogram en in lactatie 3 en hoger is dit 35 kilogram.

Het is nodig om rekening te houden met de gemiddelde melkproductie, omdat statistisch gezien hogere waarden makkelijk een hogere variantie hebben. Een afwijking van 5% bij een melkproductie van 60 kilogram is namelijk in absolute zin groter dan eenzelfde afwijking van 5% bij een melkproductie van 20 kilogram melk.

#### *Heterosis*

Heterosis speelt een rol bij het kruisen van rassen. Het is een genetisch effect dat niet wordt doorgegeven aan de nakomeling. Uit onderzoek is gebleken dat voor heterosis gecorrigeerd dient te worden. De grootte van de heterosis wordt gedefinieerd als het verschil in niveau van het kenmerk in de kruising met het gemiddelde van de ouderrassen. Voor de formule van heterosis, zie deel E-7. Het effect van heterosis is het grootst op het kenmerk *herstel 3+ emm*. Eén procentpunt toename van heterosis leidt hier tot een afname van de fokwaarde op relatieve schaal van 0,026.

#### *Recombinatie*

Recombinatie is het verlies van het meestal positieve effect van heterosis en treedt op wanneer het eerder verkregen kruislings product wordt teruggekruist met één van de ouderrassen. Voor de formule van recombinatie, zie deel E-7. Het effect van recombinatie is het grootst op *stabiliteit 3+ emm*. Eén procentpunt toename van recombinatie leidt hier tot een afname van de fokwaarde op relatieve schaal van 0,014.

#### *Inteelt*

Inteelt is het maken van een paring tussen twee dieren wiens DNA meer aan elkaar verwant is dan de gemiddelde verwantschap in de populatie. Inteelt leidt dan ook tot een toename van de homozygositeit. Door ingeteelde dieren te vergelijken met niet ingeteelde dieren op een kenmerk, kan het (negatieve) effect van inteelt worden ingeschat. Inteelt is niet erfelijk. Het effect van inteelt is het grootst op *stabiliteit 2 emm*. Eén procentpunt toename van inteelt leidt hier tot een toename van de fokwaarde op relatieve schaal van 0,086.

#### *Additief genetisch effect*

Het additief genetisch effect (of diereffect) is de fokwaarde. Dit effect bevat de genetische bijdrage van een dier aan de observatie en bepaalt de fokwaarde van een dier. Daarnaast wordt bij het bepalen van de fokwaarde ook alle informatie van voorouders en nakomelingen gebruikt. Voor de berekening van fokwaarden zie deel E-7.

#### *Permanent milieueffect*

Voor kenmerken in lactatie 3+ kan een dier meerdere waarnemingen hebben, bijvoorbeeld een observatie in lactatie 3, lactatie 4 en lactatie 5. De observaties van de veerkracht van één koe worden bepaald door het additief genetisch effect én alle andere effecten zoals hierboven besproken. Doordat er dus meerdere observaties aan één dier zijn, hebben de observaties meer met elkaar gemeen dan alleen het additief genetisch effect. Deze extra



overeenkomst wordt het permanent milieueffect genoemd, een effect van de constante omstandigheid waarin een koe verkeert. Als de koe bijvoorbeeld in haar opfok al een longbeschadiging heeft opgelopen, kan dit een effect hebben op haar veerkracht als ze in productie komt. Dit is echter geen genetisch effect en behoort ook niet tot de andere fixed effecten in het model. Via het gebruik van een permanent milieueffect in het model kunnen meerdere observaties aan een dier worden gebruikt om tot een betere inschatting van de fokwaarde te komen.

Het additief genetisch effect en het permanent milieueffect zijn random effecten, hetgeen betekent dat rekening gehouden kan worden met de hoeveelheid beschikbare informatie van een dier. Als er weinig informatie over een dier is (weinig nakomelingen en weinig observaties aan het dier), zal het additief genetisch effect niet veel afwijken van het oudergemiddelde en zal het permanent milieueffect niet veel afwijken van 0.

### ▪ Erfelijkheidsgraad en variantie componenten

Tabel 2 geeft een overzicht van de genetische, permanent milieu en error ('rest') variantie per veerkracht kenmerk, met vervolgens de erfelijkheidsgraad en herhaalbaarheid van het kenmerk. De observaties zijn met 1000 vermenigvuldigd, dus een observatie van 1,521 voor het kenmerk *stabiliteit* wordt 1.521. Dit is ook zichtbaar in de grote van de variantie componenten.

Tabel 3 geeft de erfelijkheidsgraden van de veerkracht kenmerken weer (op de diagonaal), en de genetische correlaties tussen deze kenmerken.

Tabel 2. Genetische (*gen*), permanent milieu (*pme*) en rest (*err*) variantie (*var*), erfelijkheidsgraad ( $h^2$ ) en herhaalbaarheid ( $r^2$ ) voor de veerkracht kenmerken.

	gen. var.	pme. var.	err. var.	$h^2$	$r^2$
herstel 1 AMS	1.675	-	23.501	0,07	-
stabiliteit 1 AMS	23.653	-	239.188	0,09	-
herstel 1 EMM	797	-	20.354	0,04	-
stabiliteit 1 EMM	9.599	-	185.319	0,05	-
herstel 2 AMS	1.004	-	23.065	0,04	-
stabiliteit 2 AMS	18.114	-	269.010	0,06	-
herstel 2 EMM	700	-	20.828	0,03	-
stabiliteit 2 EMM	10.232	-	186.952	0,05	-
herstel 3+ AMS	948	3.108	21.957	0,04	0,16
stabiliteit 3+ AMS	30.767	40.583	266.745	0,09	0,21
herstel 3+ EMM	583	1.826	21.747	0,02	0,10
stabiliteit 3+ EMM	10.095	21.704	206.184	0,04	0,14

De erfelijkheidsgraad voor *herstel ams* is 0,07 in lactatie 1, 0,04 in lactatie 2 en 0,04 in lactatie 3+. Voor *herstel emm* zijn de erfelijkheidsgraden wat lager, namelijk 0,04, 0,03 en 0,02 in respectievelijk lactatie 1, 2 en 3+.

Voor *stabiliteit ams* is de erfelijkheidsgraad 0,09 in lactatie 1, 0,06 in lactatie 2 en 0,09 in lactatie 3+. Voor *stabiliteit emm* zijn de erfelijkheidsgraden wat lager, namelijk 0,05, 0,05 en 0,04 in respectievelijk lactatie 1, 2 en 3+.

Naast de lagere erfelijkheidsgraad voor de kenmerken gebaseerd op koeien gemolken in een EMM, is zowel de genetische variantie als ook de rest variantie in absolute zin lager vergeleken met die van de kenmerken gebaseerd op koeien gemolken in een AMS. Dit laat

zien dat *herstel* en *stabiliteit* uit de verschillende melksystemen ook als verschillend kenmerk beschouwd moeten worden.

	herstel 1 ams	stabiliteit 1 ams	herstel 1 emm	stabiliteit 1 emm	herstel 2 ams	stabiliteit 2 ams	herstel 2 emm	stabiliteit 2 emm	herstel 3+ ams	stabiliteit 3+ ams	herstel 3+ emm	stabiliteit 3+ emm
herstel 1 ams	<b>0,07</b>											
stabiliteit 1 ams	0,08	<b>0,09</b>										
herstel 1 emm	0,76	0,57	<b>0,04</b>									
stabiliteit 1 emm	0,25	0,90	0,39	<b>0,05</b>								
herstel 2 ams	0,98	-0,23	0,54	0,21	<b>0,04</b>							
stabiliteit 2 ams	-0,07	0,98	0,47	0,80	0,11	<b>0,06</b>						
herstel 2 emm	0,69	0,57	1,00	0,21	0,63	0,57	<b>0,03</b>					
stabiliteit 2 emm	0,21	0,72	0,18	0,94	0,39	0,88	0,43	<b>0,05</b>				
herstel 3+ ams	0,84	0,18	0,48	0,35	1,00	0,23	0,74	0,38	<b>0,04</b>			
stabiliteit 3+ ams	0,14	0,91	0,37	0,70	0,15	0,98	0,54	0,65	0,21	<b>0,09</b>		
herstel 3+ emm	0,71	0,54	0,90	0,16	0,69	0,45	1,00	0,24	0,35	0,02	<b>0,02</b>	
stabiliteit 3+ emm	0,21	0,80	0,05	0,97	0,22	1,00	0,07	0,99	0,30	0,91	0,11	<b>0,04</b>

Tabel 3. **Erfelijkheidsgraad** op de diagonaal en genetische correlaties onder de diagonaal voor de veerkracht kenmerken.

Ook de genetische correlaties tussen overeenkomstige kenmerken tussen de AMS en EMM laten ook zien dat observaties uit de twee systemen niet geheel hetzelfde kenmerk weergegeven. De genetische correlatie tussen AMS en EMM voor *herstel 1* is 0,76, voor *stabiliteit 1* is dit 0,90. In lactatie 2 is dit voor *herstel* 0,63 en voor *stabiliteit* 0,88, en in lactatie 3 is dit 0,35 voor *herstel* en 0,91 voor *stabiliteit*. Het verschil in kenmerk tussen AMS en EMM is dus groter bij *herstel* dan bij *stabiliteit*.

In tabel 4 zijn de genetische correlaties weergegeven tussen *herstel* en *stabiliteit* en enkele productie-, gezondheids- en functionele kenmerken.

Tabel 4. *Genetische correlatie van herstel en stabiliteit met productie-, gezondheids- en functionele kenmerken.*

	herstel	stabiliteit
melkproductie	-0,14	-0,36
levensproductie	-0,07	0,17
droge stof opname	-0,06	-0,05
besparing voer voor onderhoud	-0,11	-0,17
vruchtbaarheidsindex	0,08	0,31
ketose	0,16	0,49
levensduur	-0,06	0,33
metabole aandoeningen	0,14	0,48
klauwgezondheid	-0,03	0,14
reproductiestoornissen	0,06	0,15
celgetal	0,15	0,45
uiergezondheid	0,22	0,50
kalvervitaliteit	-0,05	-0,01
laatrijphheid	0,12	0,40
persistentie	0,04	0,02
conditiescore	0,07	0,43

De veerkracht kenmerken zijn negatief gecorreleerd aan melkproductie en voeropname kenmerken. De genetische correlaties met de functionele- en gezondheids-kenmerken kenmerken zijn daarentegen overwegend positief, alleen *herstel* heeft een licht negatieve correlatie met levensduur, klauwgezondheid en kalvervitaliteit en *stabiliteit* heeft een licht negatieve correlatie met kalvervitaliteit. Rekening houdend met de schattingsfout is deze correlatie niet verschillend van 0,0 te noemen. *Stabiliteit* heeft hogere genetische correlaties dan *herstel*, vooral de genetische correlaties met vruchtbaarheid, ketose, levensduur, metabole aandoeningen, celgetal, conditiescore en uiergezondheid vallen op met waarden tussen de 0,31 en 0,50. Fokken op veerkracht zorgt dus voor een langere levensduur en daarmee ook een hogere levensproductie van de veestapel.

#### ▪ Fokwaarden voor publicatie

De voor publicatie bedoelde fokwaarden zijn de overall fokwaarde *herstel* en *stabiliteit*. De overall fokwaarden *herstel* en *stabiliteit* worden berekend uit de fokwaarden voor pariteit 1, pariteit 2 en pariteit 3+ op basis van de AMS melkingen. De kenmerken op basis van AMS melkingen hebben meer genetische spreiding, een hogere erfelijkheidsgraad en daarnaast zijn er ruim driemaal meer koeien met gegevens uit de AMS ten opzichte van het aantal koeien met gegevens uit de EMM. De formule voor de overall fokwaarde *herstel* en *stabiliteit* ziet er als volgt uit:

$$FW_i = 0,41 \times FW_{i1} + 0,33 \times FW_{i2} + 0,26 \times FW_{i3}$$

Waarbij:

$FW_i$  : fokwaarde voor *herstel* en *stabiliteit*

De afleiding van de factoren (0,41; 0,33; 0,26) staat beschreven in E-hoofdstuk 7 melkproductie. Hierbij zijn de wegingsfactoren voor pariteit 1, pariteit 2 en pariteit 3 en hoger bepaald.

Door het combineren van de lactaties wordt er gebruik gemaakt van meer informatie. Dit komt tot uiting in een wat hogere erfelijkheidsgraad voor de overall fokwaarden ten opzichte van de lactatie fokwaarden. De erfelijkheidsgraad van *herstel* is 0,123 en van *stabiliteit* is die 0,197.

Naast de twee overall fokwaarden, is er ook een index *veerkracht* die bestaat uit de overall fokwaarden *herstel* en *stabiliteit*. De formule voor de index *veerkracht* is als volgt:

$$Veerkracht = 0,30 \times (FW_{overall\ herstel} - 100) + 0,91 \times (FW_{overall\ stabiliteit} - 100) + 100$$

De afleiding van de factoren is gebaseerd op de wegingsfactoren die zijn toegekend: 1,0 voor *herstel* en 3,0 voor *stabiliteit*. Deze wegingsfactoren zijn gekozen vanwege de genetische correlaties met gezondheidskenmerken. Deze genetische correlaties zijn namelijk met de meeste gezondheidskenmerken driemaal zo groot voor *stabiliteit* vergeleken met die van *herstel* zoals te zien is in tabel 4.

De *veerkracht* index heeft een erfelijkheidsgraad van 0,188.

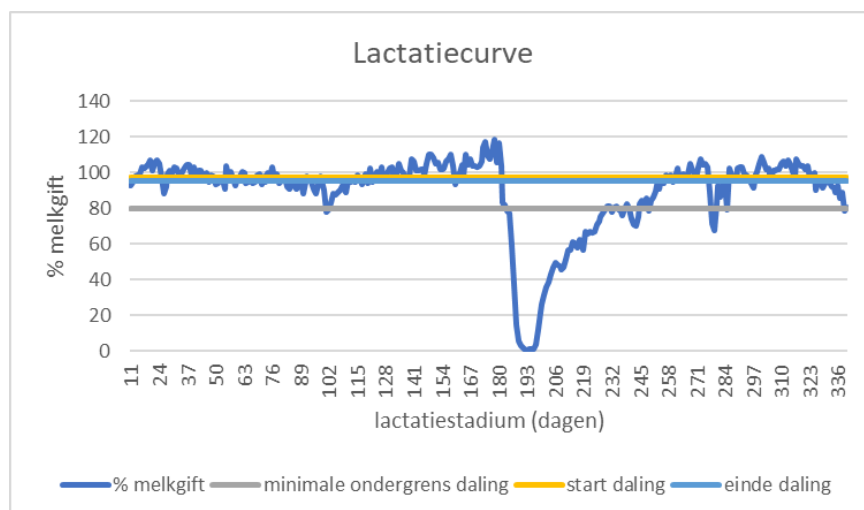
De overall fokwaarden en de index hebben een gemiddelde van 100 en een spreiding van 4.

## ▪ Veerkracht in de praktijk

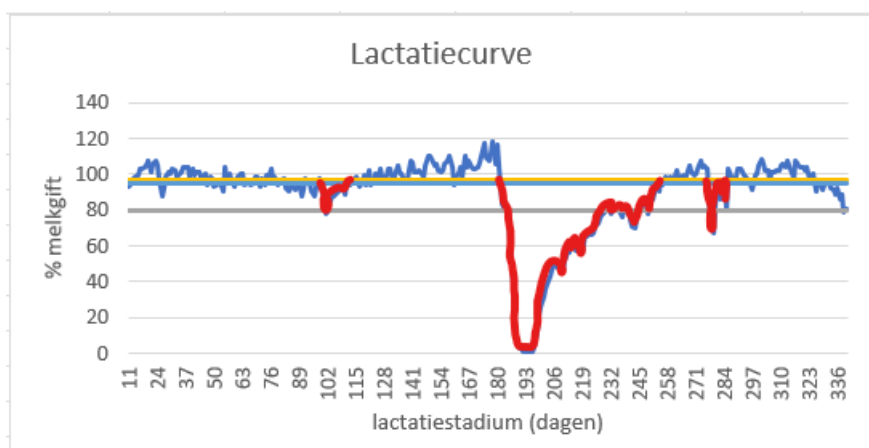
De veerkracht kenmerken zijn gebaseerd op de autocorrelatie (*herstel*) en het natuurlijk logaritme van de variantie (*stabiliteit*) in deviatie van de dagelijkse melkgift ten opzichte van de voorspelde melkproductie over de gehele lactatie. Daarmee zijn de kenmerken lastig te interpreteren. Daarom is een vertaalslag gemaakt van de fokwaarde *herstel* naar de lengte van een daling van melkproductie in dagen en van de fokwaarde *stabiliteit* naar het aantal dalingen in melkproductie gedurende de lactatie.

In figuur 3 is voor dag 11 tot en met dag 340 in lactatie (de eerste 10 en laatste 10 dagen worden niet gebruikt bij het berekenen van de kenmerken) het percentage weergegeven van de daadwerkelijke melkgift ten opzichte van de voorspelde melkgift. Figuur 3 is gebaseerd op dezelfde koe en lactatie als in figuur 1 en 2. De horizontale lijnen in figuur 3 geven de grenzen aan voor het bepalen van een daling van melkproductie door een wisselende omstandigheid. In figuur 4 is figuur 3 nogmaals te zien. De rode lijn geeft hier aan dat de koe in een daling van melkproductie zit. Gedurende de lactatie heeft deze koe driemaal te maken met een daling van de melkproductie.

Een daling van de melkproductie vindt plaats vanaf het moment dat een koe minder dan 97% van de voorspelde dagproductie produceert, waarbij tijdens de daling minimaal één dagproductie onder de 80% van de voorspelde dagproductie moet liggen. De daling is ten einde als de dagproductie weer meer dan 95% van de voorspelde dagproductie is. Vijf opeenvolgende dagproducties met een percentage van de voorspelde melkgift van achtereenvolgens 100, 95, 90, 95 en 100 wordt dus niet als een daling van de melkproductie beschouwd, aangezien de dagproducties allemaal boven de 80% blijven.



Figuur 3. Dagproductie in % van de voorspelde dagproductie.



Figuur 4. Dagproductie in % van de voorspelde dagproductie, waarbij de dalingen in melkproductie in rood zijn aangegeven. Er is een daling als het % melkgift onder de gele lijn komt én vervolgens onder de grijze lijn, en de daling komt ten einde als het % melkgift boven de lichtblauwe lijn komt.

De lengte van een daling van de melkproductie is het aantal dagen vanaf dat het % melkgift onder de 97% komt totdat het % melkgift weer boven de 95% komt (en in de tussentijd moet het % melkgift dus onder de 80% zijn gekomen).

Het aantal dalingen van de melkproductie per lactatie is simpel te tellen. Wel geldt dat een daling pas telt als de daling ook weer ten einde is. In figuur 3 en 4 is te zien dat gedurende deze lactatie de koe aan het eind van de lactatie ook onder de 80% komt, maar deze wordt niet meegeteld als daling omdat de koe niet meer uit deze daling komt.

Koeien die veerkrachtiger zijn dan gemiddeld, zullen over de gehele lactatie meer melk produceren dan koeien met een gemiddelde veerkracht doordat ze meer stabiliteit en sneller herstel hebben. Omgekeerd geldt dat koeien die minder veerkrachtig zijn dan gemiddeld, minder melk zullen produceren over de gehele lactatie doordat ze minder stabiliteit en langzamer herstel hebben.

In tabel 5 is de vertaalslag van de fokwaarden voor *herstel*, *stabiliteit* en de *veerkracht* index naar praktische veerkracht indicatoren weergegeven. Productie-winst/verlies geeft aan hoeveel kilogram melk een koe meer of minder produceert over de gehele lactatie ten opzichte van een gemiddelde koe door een betere dan wel slechtere veerkracht. Productie-winst/verlies is gebaseerd op koeien met een gemiddelde lactatieproductie van 30 kilogram melk per dag. Bij hogere gemiddelde dagproducties wordt het verschil in productie-winst/verlies groter.

	Fokwaarde				
<b>Herstel</b>	<b>92</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>108</b>
lengte daling (dagen)	14,0	12,5	10,9	9,3	7,0
productie-winst/verlies (kg)	-7	-3	0	+2	+5
<b>Stabiliteit</b>	<b>92</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>108</b>
aantal dalingen	4,8	4,2	3,8	3,2	2,4
productie-winst/verlies (kg)	-154	-59	0	+56	+120
<b>Veerkracht index</b>	<b>92</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>108</b>
lengte daling (dagen)	13,2	11,5	10,7	9,7	8,5
aantal dalingen	4,9	4,2	3,8	3,2	2,6
productie-winst/verlies (kg)	-152	-49	0	+60	+105

Tabel 5. Vertaalslag van koefokwaarde voor de veerkracht kenmerken naar herkenbare veerkracht indicatoren in de praktijk.

Tabel 5 laat zien dat de koeien daadwerkelijk veerkrachtiger zijn als ze een hogere fokwaarde voor veerkracht hebben. De relatie tussen de fokwaarde en een veerkracht indicator is echter niet lineair, bijvoorbeeld het verschil in aantal verstoringen tussen een fokwaarde 96 en 100 is 0,4, terwijl tussen 100 en 104 dit verschil 0,6 is.

Een daling van de melkproductie duurt maar half zo lang (7 dagen) voor een koe met een fokwaarde 108 voor *herstel* ten opzichte van een koe met een fokwaarde 92 voor *herstel* (14 dagen). Een koe met een fokwaarde 108 voor *stabiliteit* heeft maar de helft van het aantal dalingen in melkproductie (2,4) gedurende een lactatie ten opzichte van een koe met een fokwaarde 92 voor *stabiliteit* (4,8).

Een koe met een fokwaarde 108 voor de totaalindex veerkracht heeft 2,6 dalingen in melkproductie gedurende de lactatie, waarbij één daling 8,5 dagen duurt, en over de gehele lactatie produceert deze koe 105 kilogram melk meer ten opzichte van een koe met een veerkracht-index van 100. Een koe met een fokwaarde 92 daarentegen heeft 4,9 dalingen, waarbij één daling 13,2 dagen duurt en over de gehele lactatie produceert deze koe 152 kilogram melk minder ten opzichte van een koe met een veerkracht-index van 100. Een koe met fokwaarde 108 voor de totaalindex veerkracht zal dus 257 kilogram minder melk verliezen tijdens één lactatie door een betere veerkracht ten opzichte van een koe met fokwaarde 92.

Bij een hogere gemiddelde melkproductie wordt dit verschil in verlies van melkproductie vanzelfsprekend groter.

- **Basis**

Zie hoofdstuk 'Bases voor fokwaarden en basisverschillen'.

- **Publicatie**

In publicaties worden de overall fokwaarden *herstel* en *stabiliteit* gebruikt, hierin worden pariteit 1, pariteit 2 en pariteit 3 en hoger gecombineerd tot één fokwaarde met de ratio 0,41, 0,33 en 0,26 voor respectievelijk pariteit 1, pariteit 2 en pariteit 3 en hoger. Eveneens wordt in publicaties de index *veerkracht* gebruikt, hierin worden de overall fokwaarden *herstel* en *stabiliteit* gecombineerd met de ratio 1,00 : 3,00 voor respectievelijk *herstel* en *stabiliteit*.

- **Publicatie-eisen**

Zie hoofdstuk 'Publicatieregels Stieren'.

- **Literatuur**

E-hoofdstuk 7, fokwaardeschatting melkproductiekenmerken met testdagmodel. Handboek kwaliteit.

Poppe, M. (2022). *Genetic improvement of resilience in dairy cattle using longitudinal data* (Doctoral dissertation, Wageningen University and Research).