

Kengetallen

E-7

Fokwaardeschatting melkproductiekenmerken met testdagmodel

▪ Inleiding

In de veefokkerij gaat het erom door selectie en vervolgens paring van ouderdieren een volgende generatie runderen te fokken met een meer rendabele productie. In dit proces is de selectie op melkproductie-eigenschappen een belangrijk onderdeel. Hierbij zijn de fokwaarden voor melkproductie de belangrijkste kengetallen. Fokwaarden voor melkproductie zijn een maat voor de erfelijke aanleg. Voor koeien worden deze fokwaarden koe-indexen genoemd, bij stieren heten ze stierindexen. In dit deel wordt nader ingegaan op de achtergrond van de berekening van de koe- en stierindexen voor de melkproductiekenmerken. Vanaf mei 2002 wordt in deze berekening gebruik gemaakt van het testdag model (NL-TDM). In het NL-TDM worden fokwaarden berekend uit dagproducties, in tegenstelling tot het daarvoor gebruikte lactatiemodel, waarin fokwaarden werden berekend uit 305-dagenproducties. Vanaf april 2017 worden gegevens van lactaties 1 t/m 5 geanalyseerd om fokwaarden te berekenen.

Er zijn een aantal organisaties die data aanleveren voor het NL-TDM:

- door CRV verzamelde dagproducties in Nederland vanaf 1 juni 1990 worden meegenomen in het NL-TDM sinds mei 2002.
- door VRV vzw verzamelde dagproducties in Vlaanderen vanaf 1 januari 1980 worden meegenomen in het NL-TDM sinds november 2002

▪ Betekenis

In het NL-TDM krijgen koeien en stieren een fokwaarde voor dagproductie voor elke dag tussen dag 5 en dag 420 in lactatie 1, 2, 3, 4 en 5. Wat is nu de betekenis van een fokwaarde? Een voorbeeld: een stier met een stierindex van +4 kg melk op dag 50 van lactatie 1 en een koe met een fokwaarde van -2 kg melk op dag 50 van lactatie 1. Een vrouwelijke nakomeling van deze koe en stier krijgt naar verwachting een fokwaarde van $(+4 \text{ kg} + (-2 \text{ kg})) / 2 = +1 \text{ kg}$ melk. Zij zal naar verwachting 3 kg melk meer produceren dan haar moeder op dag 50 in lactatie 1. Uit de fokwaarden voor dagproductie worden fokwaarden voor 305-dagenproductie berekend voor lactaties 1 t/m 5 door de fokwaarden van dag 5 tot en met dag 305 bij elkaar op te tellen. De fokwaarden lactaties 1 t/m 5 worden vervolgens weer gecombineerd tot één fokwaarde voor 305-dagenproductie.

Het berekenen van koe- en stierindexen gebeurt volgens de BLUP-techniek (Best Linear Unbiased Prediction) met een diemodel. Het kenmerkende van het diemodel is dat koe- en stierindexen gelijktijdig worden geschat. Een diemodel heeft veel voordelen. De belangrijkste zijn: het precies op elkaar afstemmen van koe- en stierindexen en het meenemen van alle genetische relaties.

Zo is een koe-index in het diemodel opgebouwd uit de koe- en stierindex van de ouders, de waarde van de dagproducties in de eerste drie lactaties ten opzichte van de bedrijfsgenoten en de bijdrage van de koe in de koe- of stierindex van de nakomelingen. Een stierindex in het diemodel is opgebouwd uit de koe- en stierindex van de ouders, en de bijdrage van de stier in de koe- of stierindex van de nakomelingen. Dit proces vraagt om het precies op elkaar afstemmen van koe- en stierindexen, hetgeen bij het diemodel precies gebeurt. De fokwaarden zijn berekend volgens het BLUP principe. Dit betekent dat een fokwaarde voorspelt wat van een nakomeling mag worden verwacht. De berekeningswijze van fokwaarden is met dit doel geoptimaliseerd.

▪ Uitgangspunten bij goede fokwaardenberekening

Om juiste en zuivere fokwaarden te kunnen berekenen is een drietal zaken van belang:

1. betrouwbare melkproductiegegevens;
2. betrouwbare afstammingsgegevens;
3. het juiste statistische model.

Achtereenvolgens komen deze drie zaken aan de orde.

Betrouwbare melkproductiegegevens

Om gebruikt te worden in het NL-TDM voor melkproductie, moeten dagproducties aan de volgende eisen voldoen:

1. koe moet Stamboek geregistreerd zijn (S);
2. alleen officiële dagproducties worden meegenomen, dit kunnen ook dagproducties zijn die door veehouders in eigen beheer zijn verzameld;
3. alleen de dagproducties uit de eerste 5 lactaties van een koe worden meegenomen;
4. alleen dagproducties vanaf dag 5 en tot en met dag 420 na afkalven worden meegenomen;
5. koe moet een bekende verblijfplaats hebben op de testdag;
6. de leeftijd bij afkalven moet minimaal 640 dagen zijn;
7. de vader van de koe moet bekend zijn;
8. vet- en eiwitpercentages moeten kleiner zijn dan 10%;
9. tussenkalftijd van de lactatie moet minimaal 215 dagen zijn;
10. geen enkele dagproductie van een lactatie mag de status "niet-erkend" hebben;
11. de gerealiseerde dagproducties mag niet te veel afwijken van de verwachte productie.

Deze laatste eis is ingevoerd om dagproducties waarbij de kans groot is dat er een fout in de data zit uit te sluiten van de fokwaardeschatting. De eis werkt als volgt. Van alle koeien wordt de verwachte productie voor elke dag van de lactatie berekend. Dit gebeurt met behulp van een Wilmink lactatiecurve. Om deze lactatiecurve te kunnen berekenen is het noodzakelijk dat de koe minimaal 3 dagproducties in de betreffende lactatie heeft. Vervolgens wordt voor de koe het verschil tussen de gerealiseerde en de verwachte dagproductie berekend. De spreiding van dit verschil wordt bijgehouden per jaar van afkalven, per lactatie en per dag van de lactatie. Als het verschil tussen de gerealiseerde en de verwachte dagproductie groter is dan 6 maal de spreiding van dit verschil dan wordt de dagproductie afgekeurd (voorbeeld tabel X). Het is dan namelijk erg waarschijnlijk dat dit een fout in de data betreft.

Tabel 1. Voorbeeld afgekeurde dagproductie (dag 287)

Dag	Kg melk
22	17,5
52	28,7
79	26,9
115	25,3
142	24,7
174	21,6
209	22,0
260	19,1
287	84,5
321	16,4

De dagproductie op dag 287 is erg onwaarschijnlijk, gezien alle overige dagproducties in deze lactatie en het normale verloop van een lactatie. Waarschijnlijk is er bij deze koe een foute dagproductie in het systeem gekomen. Bij deze koe is de verwachte productie op dag 287 18,2 kg melk en haar gerealiseerde productie is 84,5 kg melk. De spreiding van het verschil tussen gerealiseerde en verwachte dagproductie voor deze dag en deze lactatie is 1,6 kg melk. Dit betekent dat bij een verwachte dagproductie van 18,2 kg melk de maximaal geaccepteerde productie van deze koe op deze dag gelijk is aan $18,2 + 6 \cdot 1,6 = 27,8$ kg melk. Daar zit de gerealiseerde dagproductie ver boven en het is dus erg waarschijnlijk dat deze dagproductie fout is. De

dagproductie wordt dan ook niet gebruikt in de fokwaardeschatting. In het NL-TDM worden ruim 110 miljoen dagproducties gebruikt en dan mag je 32 dagproducties verwachten met een dagproductie die hoger is dan de verwachte dagproductie + 6 maal de spreiding van het verschil tussen gerealiseerde en verwachte dagproductie. In werkelijkheid vinden we in het NL-TDM ruim 13.000 dagproducties die boven deze grens zitten. Al deze 13.000 dagproducties worden niet gebruikt in de fokwaardeschatting. Dit betekent wel dat er waarschijnlijk ongeveer 32 dagproducties verwijderd worden die eigenlijk wel correct zijn en niet verwijderd hoeven te worden. Het is helaas niet na te gaan welke 32 van de 13.000 dagproducties wel correct zijn, vandaar dat ze allemaal verwijderd worden. De kans dat deze dagproducties fout zijn, is ruim 400 maal groter dan de kans dat ze correct zijn. De kwaliteit van de fokwaardeschatting wordt beter als deze dagproducties verwijderd worden.

Er zijn geen eisen aan het aantal testdagen in een lactatie, ook lactaties met één testdagproductie kunnen worden meegenomen. Verder is het ook niet noodzakelijk dat een koe een vaarzenlactatie heeft. Gegevens van koeien met alleen hogere lactaties (bijv. geïmporteerde koeien, te vroeg afgekalfde vaars, etc.) worden ook meegenomen in de fokwaardeschatting zodat deze koeien ook fokwaarden krijgen.

Betrouwbare afstammingsgegevens

Een belangrijke eigenschap van het diemodel is dat de familierelaties tussen dieren worden meegenomen bij de berekening van de fokwaarden. Zowel de generatie voorafgaand aan het dier (ouders) als de generatie na het dier (nakomelingen) worden in beschouwing genomen.

In het NL-TDM wordt de volledige officiële afstamming van een dier meegenomen. Iedere afstamming eindigt uiteindelijk met ouders die onbekend zijn. Deze onbekende ouders worden gegroepeerd, waarbij de gemiddelde genetische aanleg van deze groep als voorspeller wordt gebruikt voor de nakomelingen.

De groepen worden zo gevormd dat de ouders met een verwachte gelijke genetische aanleg in dezelfde groep worden geplaatst (zie paragraaf *Genetische groepen*). Zijn alle voorouders opgezocht, dan wordt nagegaan of alle dieren ook direct van nut zijn voor het diemodel, dat wil zeggen of een dier ook werkelijk informatie toevoegt aan het systeem. Dieren die geen informatie toevoegen, hebben:

1. geen dagproducties in het NL-TDM;
2. geen afstamming bekend;
3. slechts 1 nakomeling.

In het NL-TDM worden deze dieren als onbekend verondersteld en vervangen door een phantom groep.

Doordat bij fokkerij niet alleen dieren worden geselecteerd binnen het eigen ras maar ook gebruik wordt gemaakt van dieren van andere rassen zijn er veel genetische (familie)relaties ontstaan tussen de diverse rassen. Te denken valt bijvoorbeeld aan het gebruik van Holstein Friesians in het Fries Hollandse ras en in de MRIJ-populatie. De vele genetische relaties tussen rassen maakt het mogelijk om voor de verschillende rassen gelijktijdig fokwaarden te berekenen, wat in het NL-TDM wordt gedaan.

Genetische groepen

Wanneer een ouder niet bekend is, wordt deze ouder vervangen door een schijnouder of "phantom parent". Phantom parents kunnen worden samengevoegd tot phantom groepen of genetische groepen. Zo'n genetische groep geeft een soort vervangende genetische waarde van een onbekende ouder. De genetische waarde van een genetische groep wordt bepaald door alle dieren die hieraan verbonden worden. Het is van belang om dieren in een groep bij elkaar te brengen die hoogstwaarschijnlijk hetzelfde genetisch potentieel hebben. De factoren die een verschil in genetisch potentieel kunnen veroorzaken en daardoor voor het definiëren van genetische groepen van belang zijn, zijn:

1. Selectiepad

Bij selectiepad wordt een onderverdeling gemaakt in zes (I t/m VI) groepen:

- voor runderen waarvan één ouder onbekend is:
 - I. koeien met een onbekende vader
 - II. koeien met een onbekende moeder
 - III. stieren met een onbekende vader
 - IV. stieren met een onbekende moeder
- voor runderen waarvan beide ouders onbekend zijn:
 - V. koeien met twee onbekende ouders
 - VI. stieren met twee onbekende ouders

2. Ras

Voor ieder ras wordt een aparte groep gevormd. In de praktijk betekent dit ca. 30 verschillende rasgroepen.

In geval van een kruisingdier, wordt het dier ingedeeld bij het ras met het hoogste bloedaandeel. Indien de bloedaandelen gelijk zijn, zijn er twee situaties:

- voor 50%/50% FH/HF-kruisingen en 50%/50% MRIJ/HF-kruisingen zijn twee aparte "ras"-groepen; ze worden niet aan één van de ouderrassen gekoppeld;
- voor de overige 50%/50%-kruisingen geldt dat het dier wordt ingedeeld bij één van de ouderrassen op basis van de fokrichting van het kruisingdier. Hierbij worden drie richtingen onderscheiden: melk, dubbeldoel en vlees. De fokrichting bepaalt welk van de ouderrassen leidend wordt, waarbij het ras behorend tot de fokrichting vlees leidend is, vervolgens het ras behorend tot de dubbeldoel fokrichting en tenslotte het ras behorend tot de melk fokrichting. In het geval dat beide rassen een gelijke fokrichting hebben, wordt het eerste ras in de rasbalk leidend.

3. Land van oorsprong

Ieder land heeft een eigen genetisch niveau voor zijn rassen, zodat groepen per land van oorsprong gevormd worden.

4. Geboortejaar

Ieder geboortejaar vormt een groep. Runderen die voor 1950 zijn geboren, worden aan het geboortejaar 1950 gekoppeld.

Een genetische groep wordt gevormd door iedere combinatie van selectiepad, ras, land en geboortejaar. Bij "k" (=6) groepen voor selectiepad, "l" groepen voor rassen, "m" groepen voor landen en "n" groepen voor geboortejaren kunnen er maximaal $k \cdot l \cdot m \cdot n$ phantom groepen worden gevormd.

Het minimum aantal dieren (ouders) per genetische groep is 40. Indien het aantal van 40 niet wordt bereikt, worden genetische groepen samengevoegd. Bij dit samenvoegen worden alleen geboortejaren binnen selectiepad*ras*land-combinatie samengevoegd. Er wordt samengevoegd per geboortejaar tot het aantal van 40 is bereikt of tot maximaal 10 geboortejaren zijn samengevoegd. Indien na het samenvoegen van 10 geboortejaren het aantal van 20 dieren niet is bereikt dan wordt de genetische groep samengevoegd met alle andere selectiepaden, landen en geboortejaren binnen het ras. Als een ras zó klein is dat het minder dan 20 dieren bevat wordt de genetische groep toegevoegd aan de restgroep. Deze restgroep wordt gevormd door allerlei genetische groepen die te weinig dieren hebben om zelf een betrouwbare schatting te kunnen realiseren. Er worden drie soorten restgroepen onderscheiden, naar productiedoel: melkras, dubbeldoel en vlees.

De invloed van de genetische groep-schatting op de koe- of stierindex neemt af naarmate de genetische groep meer generaties verwijderd is van het betreffende dier, en/of naarmate het rund zelf meer informatie krijgt door nakomelingen en/of eigen lactatie(s).

Het statistische model

Het doel van een model is om de dagproductie van een koe zo goed mogelijk te beschrijven aan de hand van relevante factoren. Het uiteindelijke doel van het model in de fokwaardeschatting is de dagproductie te corrigeren voor invloeden die niet genetisch zijn. Op deze manier is het mogelijk om het aandeel van de erfelijke aanleg in de gemaakte dagproductie zo goed mogelijk te schatten.

Een dagproductie wordt enerzijds gecorrigeerd voor niet-genetische effecten die invloed hebben op het niveau van de productie en anderzijds voor niet-genetische effecten die invloed hebben op de spreiding van de productie. Allereerst wordt het statistisch model uitgelegd dat corrigeert voor effecten die het niveau beïnvloeden, daarna komt het model dat corrigeert voor de verschillen in spreiding.

Het statistisch model voor het analyseren van dagproducties is als volgt:

$$y_{ijklm} = HTD_{ijklm} + DIM_{ijklm} + PAYS_L_{ijklm} + PAYS_C_{ijklm} + PREG_{ijklm} + HET_{ijk} + REC_{ijk} + INB_{ijk} + DRY_{ijk} \times cDIM_{ijkm} + animal_i + perm_i + herd_l + error_{ijklm}$$

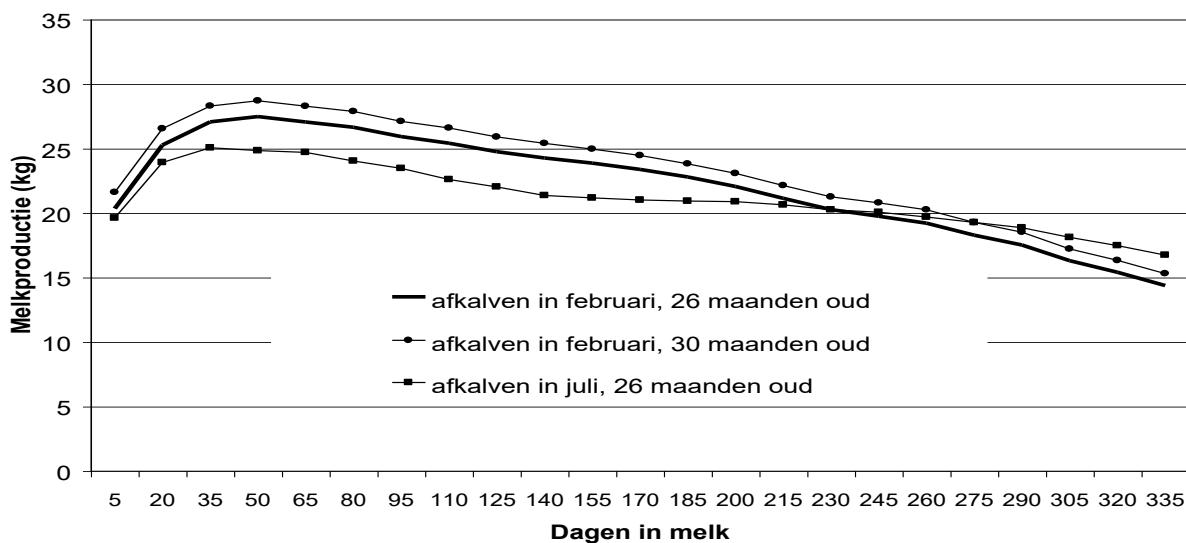
waarbij

y_{ijklm}	:	productie voor kenmerk i (kg melk, g vet, g eiwit of g lactose) van dier j in lactatie k op bedrijf l op testdag m
HTD	:	bedrijf-testdag (herd-testdate)
DIM	:	dag na afkalven (day in milk);
PAYSL	:	leeftijd bij afkalven x jaar x seizoen van afkalven
PAYSC	:	leeftijd bij afkalven x jaar x seizoen van afkalven x lactatiestadium;
PREG	:	stadium dracht;
HET	:	klasse van heterosis;
REC	:	klasse van recombinatie;
INB	:	klasse van inteelt;
DRYxcDIM	:	klasse van aantal dagen droogstand x lactatiestadium;
animal	:	additief genetisch effect (of fokwaarde) van koe;
perm	:	permanent milieu effect van koe
herd	:	bedrijf x jaar van test;
$error_{ijklm}$:	restterm van y_{ijklm} , hetgeen niet verklaard wordt door het model.

Lactatiecurven

De gemiddelde lactatiecurve van de gehele populatie wordt gemodelleerd met het effect DIMxPAR. Dit effect geeft de gemiddelde productie weer op elke dag tussen (en inclusief) dag 5 en 420 in pariteit 1 t/m 5. PAYS_L modelleert de verschillen in productieniveau tussen koeien die verschillen in leeftijd en jaar-seizoen van afkalven. Dit effect kan geen verschillen in verloop van de productiecurve modelleren, de curven verschillen alleen in niveau van elkaar. Het effect PAYS_L bevat vele klassen voor verschillende leeftijden bij afkalven (bijvoorbeeld 26 of 30 maanden), omdat hiervan bekend is dat deze koeien wel verschillen in productieniveau, maar niet in verloop van de productiecurve. Met het effect PAYS_C worden verschillen in verloop van de productiecurve gemodelleerd. Het effect PAYS_C bevat vele klassen voor verschillende seizoenen van afkalven (bijvoorbeeld afkalven in februari of in juli), omdat hiervan bekend is dat deze koeien verschillen in verloop van de productiecurve.

In Figuur 1 is de productiecurve voor kg melk in lactatie 1 te zien zoals die door het model wordt verwacht voor een koe afkalft in februari, op een leeftijd van 26 maanden bij afkalven. Tevens is de verwachte curve weergegeven voor een koe die op een leeftijd van 30 maanden kalft. Deze koe valt in een andere klasse van PAYS_L en verschilt daarom in niveau van productie, maar niet in de vorm van de curve. De derde curve in Figuur 1 geeft de verwachte curve weer voor een koe die kalft in juli in plaats van in februari. Deze koe valt in een andere klasse voor PAYS_C en verschilt daarom zowel in niveau als vorm van de andere twee curven.



Figuur 1. Verwachte productiecurve voor koeien die afkalven in februari (juli) op een leeftijd van 26 (30) maanden bij afkalven

Bedrijf-testdag

Met het bedrijf-testdag effect wordt het bedrijfsniveau op de testdag gemodelleerd. Door dit effect worden dagproducties van koeien vergeleken met bedrijfsgenoten die op dezelfde testdag een dagproductie hebben gerealiseerd. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen koeien in verschillende pariteiten. Zij worden verondersteld hetzelfde management gehad te hebben. Tevens worden bedrijfsgenoten van verschillende rassen direct met elkaar vergeleken. De eventuele genetische verschillen tussen rassen worden door het additief genetisch effect opgevangen. Bedrijf-testdagen met weinig waarnemingen worden niet samengevoegd. Als er echter geen bedrijfsgenoten zijn zal een waarneming niet bijdragen aan de fokwaarde van de koe.

In het lactatiemodel moest elke lactatie worden toegewezen aan één bedrijf. Dit is lastig bij koeien die tijdens de lactatie verhuizen. In het testdag model worden koeien altijd vergeleken met hun bedrijfsgenoten op de testdag. Voor de verhuizing wordt de koe dus vergeleken met de bedrijfsgenoten op het eerste bedrijf, na de verhuizing wordt ze vergeleken met de bedrijfsgenoten op het andere bedrijf. Hiermee is het NL-TDM duidelijk flexibeler dan het lactatiemodel.

Stadium dracht

Met PREGxPAR wordt gecorrigeerd voor het effect van de dracht op de melkproductie. Het is bekend dat drachtige koeien een verminderde melkproductie hebben, met name in het laatste deel van de dracht, net voor de droogstand.

De verschillen in productie tussen een niet-drachtige koe en een koe die 210 dagen of meer drachtig is zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Het verschil in dagproductie tussen een niet-drachtige koe en een koe die 210 dagen of meer drachtig is.

Lactatie	Melkproductie (kg)	Vetproductie (g)	Eiwitproductie (g)
Lactatie 1	3,53	119,7	126,7
Lactatie 2	4,12	154,5	146,7
Lactatie 3	4,07	150,2	137,7
Lactatie 4	4,21	155,7	140,9
Lactatie 5	4,70	174,8	155,0

Dagen droog x lactatiestadium

Met DRYxcDIM wordt gecorrigeerd voor het negatieve effect van een korte droogstand op de melkproductie in de daaropvolgende lactatie. De lengte van de droogstand wordt berekend als het aantal dagen tussen de laatste monsternamen uit de vorige lactatie en de daaropvolgende kalfdatum. Uit onderzoek is gebleken dat koeien met erg korte droogstand (bijv. <40 dagen) een lagere melkproductie hadden in de daaropvolgende lactatie, met name aan het begin van deze lactatie. Koeien met een gemiddelde of lange droogstand verschillen niet in productie. Aangezien de lengte van de droogstand beschouwd kan worden als niet-genetisch effect, is het gerechtvaardigd ervoor te corrigeren in de fokwaardeschatting voor melkproductie. De interactie met lactatiestadium zorgt ervoor dat de correctie verschillend kan zijn voor verschillende lactatiestadia.

Heterosis- en recombinatie-effect

Heterosis- en recombinatie-effecten spelen een rol bij het kruisen van rassen. Dit zijn genetische effecten die niet worden doorgegeven aan de nakomeling. Uit onderzoek is gebleken dat voor deze effecten 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. Recombinatie is het verlies van het meestal positieve effect van heterosis en treedt op wanneer het eerder verkregen kruislingproduct wordt teruggekruist met één van de ouderrassen.

Het heterosiseffect (HET) van twee rassen is te berekenen via de formule:

$$\text{HET} = [p_s(1-p_d) + p_d(1-p_s)]$$

waarbij:

p_s = rasbloeddeel bij stier

p_d = rasbloeddeel bij koe

De formule voor recombinatie (REC) is als volgt:

$$\text{REC} = [p_s(1-p_s) + p_d(1-p_d)]$$

Wanneer een dier uit drie verschillende rassen bestaat, neemt ook het aantal heterosiseffecten en recombinatie-effecten toe.

Als voorbeeld van de berekening van het heterosis en recombinatie-effect een paring van een vader met 75%HF en 25% FH met een moeder met 50% MRIJ en 50% HF. De nakomeling heeft dan de volgende heterosiseffecten:

Moeder	Vader	
	HF 75%	FH 25%
MRIJ 50%	37,5% ¹	12,5%
HF 50%	(geen)	12,5%

¹ Ter verduidelijking van de tabel: de combinatie 50% MRIJ met 75% HF levert dus een heterosiseffect van 50% * 75% = 37,5%.

Het totale heterosiseffect is:

$$\begin{aligned} \text{HET} &= 37,5\% h_d^{\text{HF/MRIJ}} + 12,5\% h_d^{\text{HF/FH}} + 12,5\% h_d^{\text{FH/MRIJ}} \\ &= 62,5\% \end{aligned}$$

De recombinatie-effecten bij dit voorbeeld zijn als volgt:

Vader		HF 75%	FH 25%
HF 75%	(geen)	18,75% ¹	
FH 25%	18,75%	(geen)	
Moeder		MRIJ 50%	HF 50%
MRIJ 50%	(geen)	25%	
HF 50%	25%	(geen)	

¹ Ter verduidelijking van de tabel: de combinatie 75% HF met 25% HF levert een recombinatie-effect van $75\% * 25\% = 18,75\%$.

Het totale recombinatie-effect is:

$$\text{rec} = 18,75\% h_r^{\text{HF/MRIJ}} + 25\% h_r^{\text{HF/FH}} = 43,75\%$$

Voor het berekenen van de te plegen correctie op een dagproductie wordt uitgegaan van de twee hoofdrossen die aanwezig zijn in de beide ouders van de koe. Voor alle kruisingscombinaties worden dezelfde correctiefactoren gebruikt (zie tabel 3). De correcties zijn verschillend voor lactatie 1 t/m 5, maar er wordt wel dezelfde correctie toegepast op elke dag binnen de lactatie. In Tabel 4 wordt een aantal voorbeelden gegeven van het inkruisen van ras B in ras A met de correcties voor heterosis en recombinatie die worden gedaan op de lactaties van de gekruiste dieren. In het geval van de kruisingen A*B wordt van de melkproductie in lactatie 1 op elke testdag 0,71 kg afgetrokken. Dit is dus ongeveer 214 kg melk in lactatie 1.

Tabel 3. Correctiefactoren voor heterosis en recombinatie voor kg melk, g vet, g eiwit en g lactose.

Heterosis					
Lactatie	1	2	3	4	5
Melk (kg)	1,233	1,128	1,005	1,096	0,876
Vet (g)	76,6	80,1	79,4	79,8	75,2
Eiwit (g)	50,1	51,2	48,4	49,9	43,2
Lactose (g)	76,2	74,5	73,0	79,0	60,0
Recombinatie					
Lactatie	1	2	3	4	5
Melk (kg)	-0,341	-0,447	-0,408	-0,292	-0,231
Vet (g)	-14,3	-15,6	-13,1	-8,8	-5,2
Eiwit (g)	-8,6	-10,2	-7,2	-2,7	-0,4
Lactose (g)	-21,6	-26,3	-26,9	-18,3	-4,6

Tabel 4. Enkele voorbeelden van het inkruisen van ras B in ras A en de correcties voor heterosis en recombinatie die worden gedaan op de dagproducties van de gekruiste dieren (een A*A-dier heeft een vader van ras A en een moeder van ras A). De voorbeelden gelden voor kg melk in lactatie 1

	Heterosis %	Recombinatie %	Heterosis x 1,233 kg	Recombinatie x -0,341 kg	Totale correctie
A*A	0	0	0,00	0,00	0,00 kg
A*B	100	0	123,3	0,00	123,3 kg
B*(A*B)	50	25	61,7	-8,5	53,2 kg
(A*B)*(A*B)	50	50	61,7	-17,1	44,6 kg

Inteelt

Inteelt is het gevolg van het kruisen van twee dieren die familie van elkaar zijn. Uit eerder onderzoek is gebleken dat inteelt een (negatief) effect heeft op de productie van dieren. De mate van inteelt wordt bepaald door de graad van verwantschap van de ouders: Als de ouders halfbroer en -zus zijn (verwantschap = 0,25), dan is de inteelt coëfficiënt voor een dier de helft van die verwantschap: inteelt coëfficiënt = 0,125. In Tabel 5 staat weergegeven het verlies aan productie (in een lactatie van 305 dagen) per procentpunt inteelt.

Tabel 5. Correctiefactoren per procentpunt inteelt voor kg melk, kg vet, kg eiwit en kg lactose in een lactatie van 305 dagen.

Lactatie	Heterosis				
	1	2	3	4	5
Melk (kg)	-34,0	-39,5	-42,5	-43,1	-46,0
Vet (kg)	-1,51	-1,72	-1,82	-1,83	-1,83
Eiwit (kg)	-1,13	-1,33	-1,38	-1,39	-1,42
Lactose (kg)	-1,60	-1,76	-1,87	-1,88	-2,04

Bij een inteeltpercentage van 12,5% verwachten we dat een koe in de derde lactatie $12,5 * (-42,5) = -531$ kg melk minder produceert (over 305 dagen) dan haar genetisch potentieel aangeeft.

Dier effecten

Er zijn twee dierspecifieke effecten in het model: het additief genetisch effect en het permanent milieu effect. Het additief genetisch effect modelleert de genetische aanleg van een dier op elke dag in lactatie 1 t/m 5. Additief betekent in dit verband dat deze genetische aanleg kan worden doorgegeven aan nakomelingen. Het permanent milieu effect modelleert het deel van de productiecurve van een koe, dat niet wordt verklaard door de fixed effecten (HTD, DIMxPAR, PAYS_L, PAYS_C, PREGxPAR, HETxPAR, RECxPAR en DRYxcDIM) en ook niet door het additief genetisch effect. Als een koe bijvoorbeeld een ziekte heeft opgelopen in haar opfok, dan zal dit een negatief effect hebben op haar latere productie. Dit wordt echter niet verklaard door de fixed effecten en het is ook geen genetisch effect, want het kan niet worden doorgegeven aan een nakomeling. De lagere productie wordt gedeeltelijk opgevangen door het permanent milieu effect en hoeft daardoor niet tot een veel lagere fokwaarde te leiden. De mate waarin ook de fokwaarde lager wordt is afhankelijk van de erfelijkheidsgraad (bij een hoge erfelijkheidsgraad heeft de eigen productie van een koe meer invloed op haar fokwaarde) en de aanwezige hoeveelheid informatie van familieleden (als de koe goede nakomelingen heeft zal de lagere productie grotendeels in het permanent milieu gaan zitten en niet in de fokwaarde).

Het additief genetisch effect en het permanent milieu effect 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 testdagproducties), zal het additief genetisch effect niet veel afwijken van het oudergemiddelde en het permanent milieu effect niet veel van 0.

Bedrijfsspecifieke curven

De effecten *animal*, *perm* en *herd* zijn random regressie effecten. Dit betekent dat het *animal*, *perm* of *herd* effect niet wordt beschreven met een enkel getal, maar met een curve die loopt van dag 5 tot en met dag 335 en voor zowel lactatie 1 t/m 5. Meer uitleg over random regressie staat verderop in dit document. Het *herd* effect geeft curven voor elke bedrijf x jaar van test. Deze curven worden dus berekend uit de melkproductiegegevens van alle koeien op een bedrijf in één kalenderjaar. Met de bedrijfsspecifieke curven kan worden gecorrigeerd voor de invloed van het bedrijfsmanagement op de productiecurve. Zo hebben sommige bedrijven wellicht een management dat relatief goed is voor verse koeien en minder goed voor koeien die verder in lactatie zijn. Bij andere bedrijven (bijvoorbeeld bedrijven met een flat feeding systeem) is dit wellicht andersom. Deze effecten zijn niet genetisch, dus moet er voor gecorrigeerd worden. Het effect is als random effect opgenomen zodat er geen problemen ontstaan bij bedrijven met weinig waarnemingen. Het bedrijf-testdag effect modelleert in het NL-TDM het bedrijfsniveau, de bedrijfscurven modelleren de vorm van de productiecurve van de koeien op een bedrijf.

Random regressie

Het additief genetisch effect, het permanent milieu effect en het bedrijfscurve effect worden gemodelleerd met een random regressiefunctie. Het NL-TDM wordt daarom een random regressie testdag model genoemd. De regressiefunctie is hier een wiskundige functie die het additief genetisch, permanent milieu effect of bedrijfseffect op de dagproductie beschrijft voor elke dag tussen 5 en 335 in lactatie 1 t/m 5. Deze effecten hoeven niet hetzelfde te zijn op elke dag in elke

lactatie. Het is dus mogelijk dat dieren bijvoorbeeld genetisch goed zijn aan het begin van de lactatie, maar juist slecht aan het eind van de lactatie. Of dat een dier in lactatie 3 genetisch veel beter is dan in lactatie 1. Met de fokwaarden voor elke dag in elke lactatie is het dus mogelijk om de genetische aanleg voor persistentie binnen de lactatie en over lactaties (laatrijpheid) te berekenen.

Een regressiefunctie voor één lactatie kan er als volgt uit zien:

$$y_r(DIM) = z_0 \times a_{r0} + z_1 \times a_{r1} + z_2 \times a_{r2} + z_3 \times a_{r3}$$

waarbij:

- $y_r(DIM)$: additief genetisch of permanent milieu effect van dier r voor dagproductie op DIM ,
 z_i : regressiecoëfficiënt i . De regressiecoëfficiënten zijn afhankelijk van DIM .
 a_{ri} : oplossing van dier r voor de regressiecoëfficiënt i ;
 DIM : dag na afkalven

Een voorbeeld van een regressiefunctie voor één lactatie is: $z_0 = 1$, $z_1 = x$, $z_2 = x^2$, $z_3 = x^3$, waarbij $x = 2(DIM-5)/(420-5) - 1$ en DIM is een getal tussen 5 en 420. Daarmee is x een getal tussen -1 en 1 . Het additief genetisch of permanent milieu effect op $DIM=46$ kan dan als volgt worden berekend:

$$x = 2 \cdot (46 - 5) / (420 - 5) - 1 = -0,80$$

$$\begin{aligned} y_r(46) &= a_{r0} \cdot (1,00) + a_{r1} \cdot (-0,80) + a_{r2} \cdot (-0,80)^2 + a_{r3} \cdot (-0,80)^3 \\ &= a_{r0} \cdot (1,00) + a_{r1} \cdot (-0,80) + a_{r2} \cdot (0,64) + a_{r3} \cdot (-0,52) \end{aligned}$$

Stel dat de oplossingen van dier r gelijk zijn aan $a_{r0}=+1,50$, $a_{r1}=-0,50$, $a_{r2}=-0,10$, en $a_{r3}=0,05$. Dan kan $y_r(46)$ berekend worden:

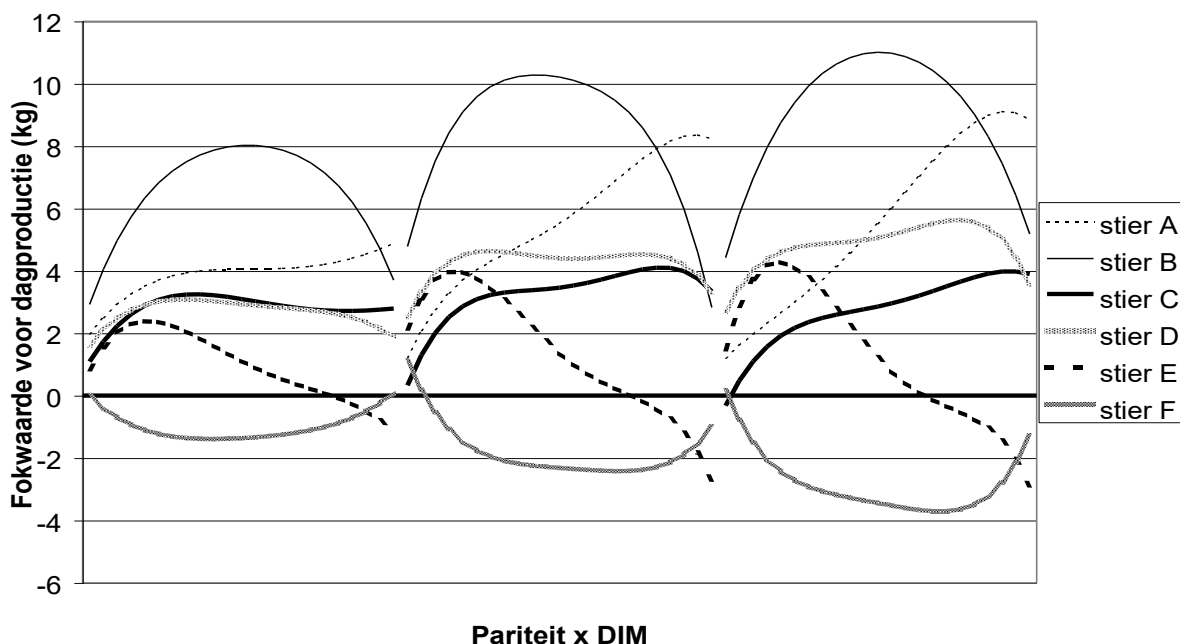
$$\begin{aligned} y_r(46) &= (1,50) \cdot (1,00) + (-0,50) \cdot (-0,80) + (-0,10) \cdot (0,64) + (0,05) \cdot (-0,52) \\ &= 1,5 + 0,4 + -0,064 + -0,0256 \\ &\approx 1,8 \text{ kg melk} \end{aligned}$$

De hierboven weergegeven regressiefunctie heeft 4 regressiecoëfficiënten (z). Elk dier heeft een oplossing voor elke regressiecoëfficiënt, dus 4 oplossingen per dier (a_r). De oplossingen voor het additief genetisch effect zijn eigenlijk fokwaarden, behorende bij de regressiecoëfficiënten. Dieren met een hoge fokwaarde voor de eerste regressiecoëfficiënt zullen een hoge y_r hebben, onafhankelijk van de waarde van DIM . Deze dieren zullen dan ook een hoge fokwaarde voor 305-dagenproductie hebben. De tweede regressiecoëfficiënt is laag aan het begin van de lactatie ($z_1=-1$) en hoog aan het eind ($z_1=1$). Dieren die een hoge fokwaarde hebben voor de tweede regressiecoëfficiënt hebben daardoor een hoge fokwaarde aan het eind van de lactatie en een lage fokwaarde aan het begin van de lactatie. Zij zijn dus persistent.

In het NL-TDM zijn er per kenmerk (kg melk, kg vet, kg eiwit en kg lactose) en per lactatie 5 regressiecoëfficiënten voor het additief genetische effect, 5 voor het permanent milieu effect en 5 voor het bedrijfscurve effect, omdat er gebruik gemaakt wordt van 4^e orde Legendre polynomen als regressiefunctie. In totaal zijn er 4 kenmerken en 5 lactaties, dus 100 additief genetische en 100 permanent milieu coëfficiënten per dier en 100 bedrijfscurve coëfficiënten per bedrijf x jaar van test. Hiermee wordt het verloop van de productie voor kg melk, kg vet, kg eiwit en kg lactose beschreven in lactatie 1 t/m 5.

Fokwaarden

Voorbeelden van additief genetische regressiecurven voor kg melk in de eerste 3 lactaties zijn weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Fokwaarden voor dagproductie melk (kg) van 6 stieren in 3 lactaties

Stier B in Figuur 2 heeft in het midden van lactatie 1 een fokwaarde van ongeveer +8 kg melk. Dit betekent dat stier B in dat deel van lactatie 1 genetisch 8 kg beter is dan een dier met een fokwaarde van 0 kg. Een vrouwelijke nakomeling van stier B zal daarom gemiddeld op die dag 4 kg melk meer produceren dan een nakomeling van een stier met een fokwaarde van 0 kg. De fokwaarde voor 305-dagenproductie wordt berekend door alle fokwaarden van dag 5 tot en met dag 305 bij elkaar op te tellen. Dit is dus de oppervlakte onder de curve. Het is duidelijk dat stier B de hoogste fokwaarde voor 305-dagenproductie heeft (+2000, +2700 en +2800 in lactatie 1, 2 en 3) en stier F de laagste (respectievelijk -300, -500 en -900).

Stier A en E hebben in het begin van de lactatie ongeveer dezelfde fokwaarde, maar naar mate de lactatie vordert wordt stier A steeds beter en stier E steeds slechter. Stier A heeft dus een goede persistentie en stier E een slechte. Rond het eind van de lactatie 2 is stier A ongeveer 10 kg melk beter dan stier E. De dochters van stier A zullen dus gemiddeld ongeveer 5 kg melk meer produceren aan het eind van lactatie 2.

Stier C en D hebben ongeveer dezelfde fokwaarden in lactatie 1, maar in lactatie 2 en 3 wordt de fokwaarde van stier D hoger, terwijl die van stier C gelijk blijft of daalt. Stier D heeft dus een goede laatrijtheid, stier C een iets slechtere. De fokwaarde voor 305-dagenproductie in lactatie 3 van stier D is ongeveer 700 kg melk hoger dan die van stier C.

Afgeleide fokwaarden

Fokwaarden die worden afgeleid in het NL-TDM zijn:

1. 305-dagenproductie melk in lactatie 1 t/m 5
2. 305-dagenproductie melk (totaal)
3. 305-dagenproductie vet in lactatie 1 t/m 5
4. 305-dagenproductie vet (totaal)
5. 305-dagenproductie eiwit in lactatie 1 t/m 5
6. 305-dagenproductie eiwit (totaal)
7. 305-dagenproductie lactose in lactatie 1 t/m 5
8. 305-dagenproductie lactose (totaal)
9. 305-dagenproductie lnet in lactatie 1 t/m 5
10. 305-dagenproductie lnet (totaal)

11. persistentie vet- plus eiwitgrammen in lactatie 1 t/m 5
12. persistentie vet- plus eiwitgrammen (totaal)
13. laatrijtheid voor lnet

De totaal fokwaarden voor 305-dagenproductie en persistentie worden berekend als:

$$FW_{\text{totaal}} = 0,32 \times FW_1 + 0,25 \times FW_2 + 0,20 \times FW_3 + 0,14 \times FW_4 + 0,09 \times FW_5$$

waarbij:

FW_i : fokwaarde voor 305-dagenproductie of persistentie in lactatie i (= 1 t/m 5).

De factoren zijn met name gebaseerd op de verdeling van koeien in Nederland in lactatie 1 t/m 5. Verder zijn de opbrengsten uit lactatie 2 t/m 5 verdisconteerd voor het renteverlies, omdat er langer op deze opbrengsten gewacht moet worden. Tenslotte is er nog wat extra gewicht aan lactatie 3, 4 en 5 toegekend omdat die een sterkere relatie hebben met de productie in lactatie 6 en hoger (zie tabel 5).

In het NL-TDM is de totaal fokwaarde een combinatie van lactatie 1 t/m 5, rekening houdend met de verdeling over de eerste 5 lactaties op melkveebedrijven. Een totaal fokwaarde van +1000 kg melk in het NL-TDM betekend dat de gemiddelde productie van de 1^e- t/m 5^{de}-kalfsdochters 500 kg hoger is dan de gemiddelde productie van de 1^e- t/m 5^{de}-kalfsdochters van een stier met een fokwaarde van 0 kg melk.

Tabel 5. Achtergrond informatie bij de factoren voor lactatie 1 t/m 5 in de totaal fokwaarde. Deze is gebaseerd op de verdeling van pariteiten op alle bedrijven in Nederland (februari 2001), een renteverlies en de genetische relaties met lactatie 6 en hoger

Pariteit	Frequentie (aantal koeien)	Frequentie (%koeien)	Factor voor lactatie 1 t/m 5 op basis van		
			Frequentie	Frequentie+ Renteverlies	Frequentie+ Renteverlies+ Relatie met 6-18
lactatie 1	320.078	30,2	0,33	0,35	0,32
lactatie 2	254.284	24,0	0,26	0,27	0,25
lactatie 3	191.096	18,0	0,20	0,19	0,20
lactatie 4	127.649	12,1	0,13	0,12	0,14
lactatie 5	77.026	7,3	0,08	0,07	0,09
lactatie 6-18	88.668	8,4	geen ¹	geen	geen

¹ Er zijn geen fokwaarden beschikbaar voor lactatie 6 en hoger. Deze kunnen dus ook geen weging krijgen.

Persistentie en Laatrijtheid

Persistentie geeft aan of een koe een vlakke productiecurve heeft, of juist een curve met een hoge piekproductie en daarna een relatief snelle productiedaling. Ondanks nog veel onduidelijkheden, wordt er wel beweerd dat koeien met een hoge persistentie minder vatbaar zijn voor voedingsstoornissen en, wellicht als gevolg daarvan, beter vruchtbaar zijn. Dit zou veroorzaakt kunnen worden door een relatief lage energiebehoefte aan het begin van de lactatie. Koeien komen daardoor in een minder negatieve energiebalans.

Vanwege de relatie met energiebalans wordt de fokwaarde persistentie berekend voor grammen vet + eiwit. De fokwaarde wordt als volgt afgeleid uit de fokwaarden voor dagproductie van kg vet en kg eiwit:

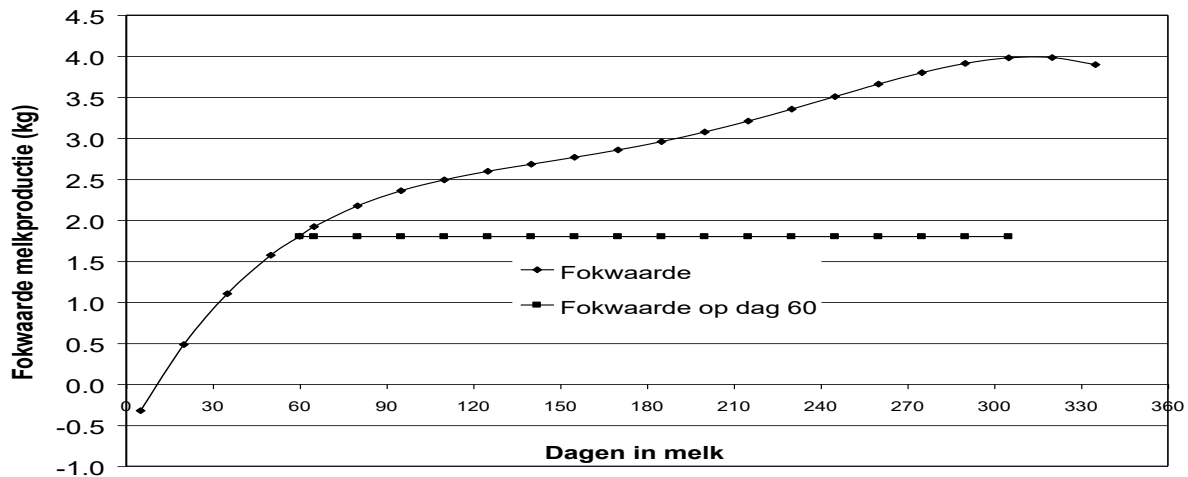
$$FW_{\text{persistentie}} = \sum_{i=61}^{305} (FW_{\text{vet},i} + FW_{\text{eiwit},i}) - 245 \times (FW_{\text{vet},60} + FW_{\text{eiwit},60}),$$

waarbij

$FW_{\text{vet},i}$: fokwaarde voor dagproductie g vet op dag i ;

Σ : sommatie voor $i=61$ tot en met 305.

Een stier die in de periode na de piekproductie (dag 61 tot en met 305) gemiddeld net zo goed is als op dag 60, zal een gemiddelde stier zijn voor persistentie. Een stier met een goede persistentie scoort een waarde boven de 0, omdat de gemiddelde fokwaarden na dag 60 groter is dan de fokwaarde op dag 60 (zie ook Figuur 3).



Figuur 3. Voorbeeld van een stier met een goede persistentie

De fokwaarde voor laatrijtheid geeft de persistentie over lactaties weer. In het NL-TDM wordt laatrijtheid als volgt berekend:

$$FW_{\text{laatrijtheid}} = FW_{\text{Inet, lactatie 3}} - \text{factor} \times FW_{\text{Inet, lactatie 1}}$$

waarbij:

$FW_{\text{Inet, lactatie 1}}$: Fokwaarde voor Inet op 305-dagenniveau in lactatie 1;

factor : factor om ervoor te zorgen dat er geen correlatie is tussen de totaal fokwaarde voor 305-dagenproductie en laatrijtheid. In het NL-TDM is $\text{factor}=1,3$.

De fokwaarde voor laatrijtheid geeft dus weer of de genetische aanleg voor productie in lactatie 3 hoger is dan de genetische aanleg voor productie in lactatie 1. Of de genetische aanleg voor productie in lactatie 2 hoog of laag is, maakt voor de fokwaarde laatrijtheid niet uit. Er is gekozen voor lactatie 3 in de berekening omdat 1) deze fokwaarde sneller volledig beschikbaar is dan fokwaarden voor lactatie 4 en 5 en 2) de correlaties tussen lactaties 3, 4 en 5 zo hoog zijn dat een laatrijtheidfokwaarde gebaseerd op lactatie 4 of 5 vrijwel gelijk is aan de fokwaarde laatrijtheid op basis van lactatie 3.

Stieren met alleen 1^e-kalfsdochters krijgen van deze dochters geen informatie over laatrijtheid. De fokwaarde voor laatrijtheid van deze stieren wordt daarom alleen bepaald door de ouders, die vaak al wel een hoge betrouwbaarheid hebben voor laatrijtheid. De fokwaarden voor 305-dagenproductie in lactatie 2 t/m 5 worden berekend uit de prestatie van de dochters en ouders in lactatie 1 en de laatrijtheid van de ouders. Als de dochters in de tweede lactatie komen leveren ze wel informatie over laatrijtheid aan hun vader, omdat de productie in lactatie 2 t/m 5 relatief sterk gecorreleerd is. Als de dochters in de derde lactatie komen, zal de betrouwbaarheid verder toenemen.

Bij stieren die een goede laatrijtheid vererven nam in het lactatiemodel de fokwaarde van de stier steeds verder toe, naarmate de dochters ouder werden. Op het moment dat de fokstierdochters aan de melk kwamen zakte de fokwaarde sterk, omdat de dochters in lactatie 1 relatief rustig beginnen en er geen rekening werd gehouden met de goede laatrijtheid. In het NL-TDM wordt er al wel

rekening gehouden met de laatrijtheid. Als van een stier de eerste fokstierdochters aan de melk komen, heeft deze stier al een hoge betrouwbaarheid voor alle lactaties en laatrijtheid. De jonge vaarzen die in de fokperiode aan de melk komen, zullen in eerste instantie weinig invloed hebben op de fokwaarden van lactatie 2 en hoger. De totaal fokwaarde zal dan alleen veranderen als de fokstierdochters het veel beter of slechter doen in de eerste lactatie dan de proefstierdochters in de eerste lactatie.

De factor in de berekening van laatrijtheid is bedoeld om ervoor te zorgen dat er geen correlatie is tussen de totaal fokwaarde voor 305-dagenproductie en laatrijtheid. Zonder de factor is de correlatie ongeveer 0,7. Dit zou betekenen dat bijna alle stieren die een hoge totaal fokwaarde hebben voor 305-dagenproductie ook een hoge fokwaarde voor laatrijtheid hebben. De factor wordt berekend als:

$$factor = \frac{\sigma_{Inet,lactatie1} \times rG_{Inet,lactatie1-Inet,totaal}}{\sigma_{Inet,lactatie1} \times rG_{Inet,lactatie1-Inet,totaal}}$$

waarbij:

$\sigma_{Inet,lactatie1}$: genetische spreiding van Inet in lactatie 1;
 $rG_{Inet,lactatie1-Inet,totaal}$: genetische correlatie tussen Inet in lactatie 1 en de totaal fokwaarde voor Inet.

In het NL-TDM is $factor=1,3$.

Doordat in de weging van de fokwaarden van lactatie 1 t/m 5 in de totaal fokwaarde al rekening is gehouden met de verdeling van koeien op een bedrijf, het renteverlies en de relatie met lactatie 6 en hoger, zijn twee stieren die dezelfde totaal fokwaarde hebben even goed, ook al verschillen ze in laatrijtheid. De opbrengsten voor een gemiddeld bedrijf zijn dus gelijk, al komen ze bij dochters van de ene stier anders tot stand dan bij de andere stier. Het is dus belangrijk dat laatrijtheid niet als selectiecriteria wordt gebruikt. Met andere woorden, de economische waarde van laatrijtheid is nul.

Fokwaarden voor persistentie en laatrijtheid zullen worden uitgedrukt als relatieve fokwaarde op de zwartbont koeienbasis. Dit betekent dat de fokwaarden gemiddeld 100 zijn en een spreiding hebben van 4 punten. De koeien die de basis bepalen zijn later in dit E-hoofdstuk beschreven. Er is geen basisverschil tussen zwartbont, roodbont en MRIJ.

Eén extra punt in de fokwaarde persistentie komt overeen met 3,97 kg hogere vet plus eiwit productie tussen dag 61 en 305, ten opzichte van de vet plus eiwit productiecurve die de koe had gevolgd als ze vanaf dag 60 haar lactatie zou vervolgen met een gemiddelde persistentie. Voor lactatie 1 t/m 5 komt één punt persistentie overeen met 3,14 kg, 4,60 kg, 5,21 kg, 5,21 kg, en 5,21 kg vet plus eiwit, respectievelijk.

Eén extra punt voor laatrijtheid komt overeen met € 19,66 hogere INET in lactatie 3 ten opzichte van 1,3 keer de INET in lactatie 1.

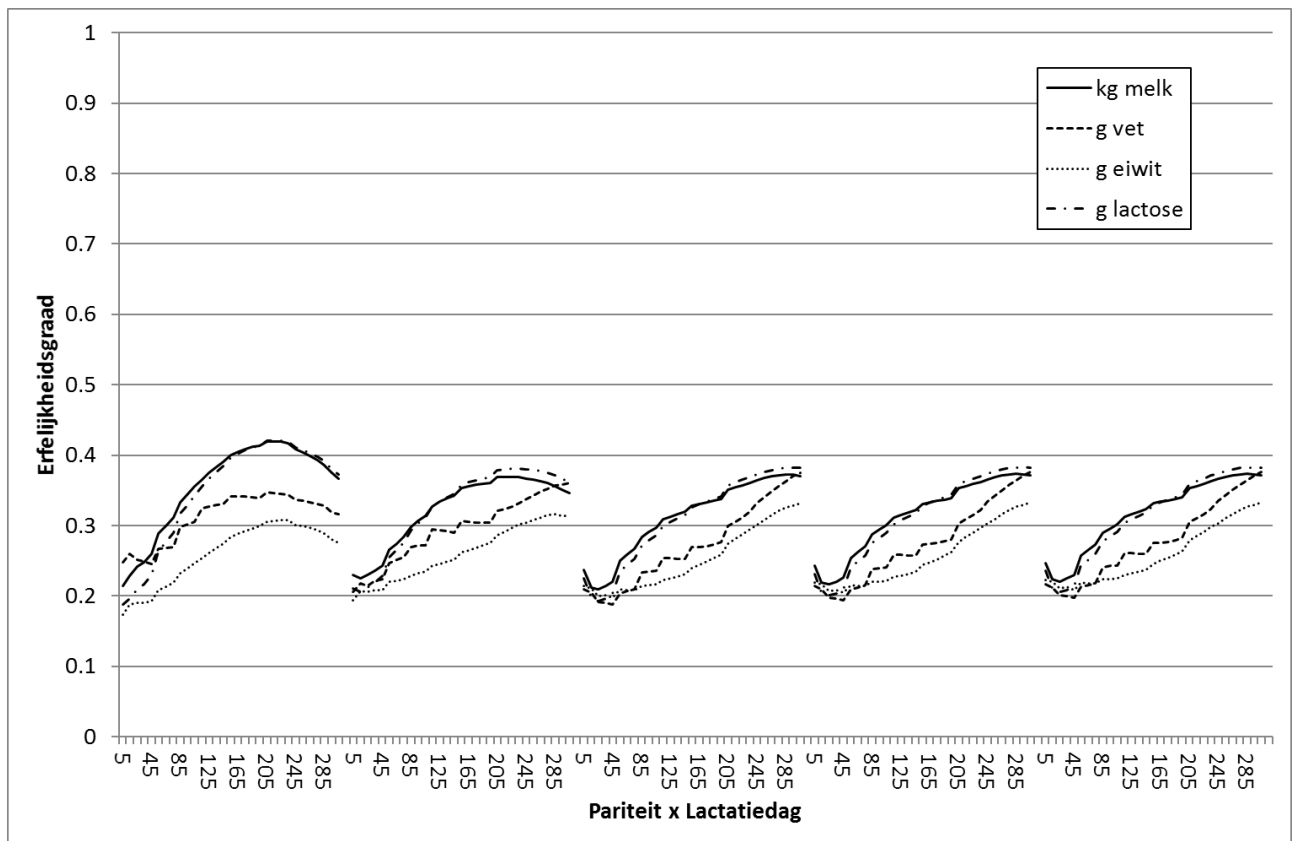
Genetische parameters

Voor effecten die als random effect worden opgenomen (het additief genetisch en permanent milieu effect, de bedrijfscurven en de restterm) heeft de fokwaardeschatting parameters nodig. Dit zijn bijvoorbeeld de genetische varianties, erfelijkheidsgraden en de correlaties tussen verschillende kenmerken. Deze parameters zijn geschat op een gedeelte van alle nationale data.

In het NL-TDM wordt elke dag tussen 5 en 420 in lactatie 1 t/m 5 als een ander kenmerk gezien. Dit betekent dat een dier dat genetisch goed is aan het begin van de lactatie niet altijd goed hoeft te zijn aan het eind, of dat een dier dat goed is in lactatie 1 ook goed is in lactatie 3 en verder. Niettemin

zijn de fokwaarden op verschillende dagen en lactaties wel met elkaar gecorreleerd en de genetische correlatie is hoger naarmate de dagen dichter bij elkaar liggen. In het NL-TDM worden melk, vet, eiwit en lactose in vier onafhankelijke runs uitgevoerd, wat betekent dat er geen gebruik gemaakt wordt van de correlaties tussen melk, vet, eiwit en lactose.

In Figuur 4 is de erfelijkheidsgraad voor elke dag in pariteit 1 t/m 5 weergegeven voor melk, vet, eiwit en lactose. Genetische correlaties tussen kenmerken geven aan hoe sterk fokwaarden voor die kenmerken op elkaar lijken. Dit geeft ook aan hoe goed de fokwaarde van het ene kenmerk kan worden voorspeld uit de fokwaarde van het andere kenmerk. In tabel 6 staan de erfelijkheidsgraden en genetische correlaties voor 305-dagenproductie voor kg melk, vet, eiwit en lactose in verschillende lactaties. Ook zijn de correlaties met de totaal fokwaarde weergegeven. De correlaties voor kg vet, eiwit en lactose zijn ongeveer hetzelfde als voor kg melk.



Figuur 4. Erfelijkheidsgraden voor kg melk, vet, eiwit en lactose in pariteit 1 tot en met 5

Tabel 6. Erfelijkheidsgarden (diagonaal) en genetische correlaties tussen lactatie 1 t/m 5 en de totaal fokwaarde voor kg melk, kg vet, kg eiwit en kg lactose.

	Lactatie 1	Lactatie 2	Lactatie 3	Lactatie 4	Lactatie 5	Totaal
Kg melk						
Lactatie 1	0,48	0,86	0,80	0,79	0,77	0,92
Lactatie 2		0,41	0,92	0,91	0,89	0,97
Lactatie 3			0,40	0,98	0,97	0,97
Lactatie 4				0,40	0,98	0,96
Lactatie 5					0,40	0,95
Totaal	0,92	0,97	0,97	0,96	0,95	0,51
Kg vet						
Lactatie 1	0,48	0,88	0,81	0,79	0,78	0,92
Lactatie 2		0,44	0,92	0,90	0,89	0,97
Lactatie 3			0,40	0,98	0,96	0,97
Lactatie 4				0,40	0,98	0,96
Lactatie 5					0,40	0,94
Totaal	0,92	0,97	0,97	0,96	0,94	0,52
Kg eiwit						
Lactatie 1	0,39	0,86	0,75	0,74	0,72	0,90
Lactatie 2		0,36	0,91	0,89	0,87	0,97
Lactatie 3			0,35	0,98	0,96	0,96
Lactatie 4				0,35	0,98	0,95
Lactatie 5					0,35	0,94
Totaal	0,90	0,97	0,96	0,95	0,94	0,44
Kg lactose						
Lactatie 1	0,47	0,85	0,80	0,78	0,77	0,91
Lactatie 2		0,42	0,92	0,91	0,89	0,97
Lactatie 3			0,40	0,98	0,97	0,97
Lactatie 4				0,40	0,98	0,96
Lactatie 5					0,40	0,95
Totaal	0,91	0,97	0,97	0,96	0,95	0,51

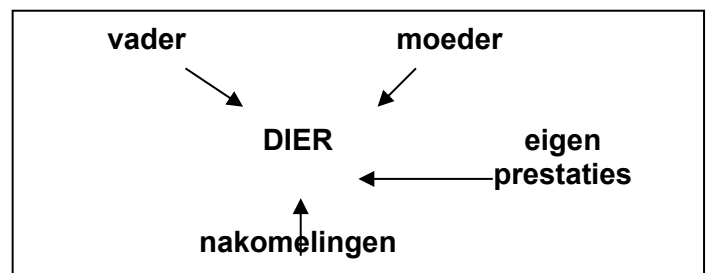
Betrouwbaarheid

Fokwaarden zijn schattingen van de genetische aanleg. Het woord 'schatting' geeft aan dat er een bepaalde onnauwkeurigheid rust op een fokwaarde. De betrouwbaarheid van een fokwaarde geeft aan hoeveel verschil er kan bestaan tussen de geschatte fokwaarde en de werkelijke genetische aanleg.

De betrouwbaarheid is afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare informatie van een dier. Er zijn drie informatiebronnen:

1. eigen prestatie
2. nakomelingen
3. ouders

Informatie over de productie van (half)zussen, grootouders, etc. wordt meegenomen via de ouders, informatie van kleindochters etc. wordt meegenomen via de nakomelingen.



Omdat elke dag in elke lactatie als genetisch verschillende kenmerken wordt beschouwd, hebben de fokwaarden voor elke dag ook een eigen betrouwbaarheid. Evenzo kan de fokwaarde voor 305-dagenproductie in lactatie 1 een andere betrouwbaarheid hebben dan de fokwaarde voor 305-dagenproductie in lactatie 3. Als een stier alleen nog maar 1^e-kalfsdochters heeft, zal de fokwaarde voor lactatie 3 een lagere betrouwbaarheid als die voor lactatie 1. De fokwaarde voor lactatie 3 zal dan gemiddeld minder gaan afwijken van het oudergemiddelde dan de fokwaarde voor lactatie 1. Dit betekent niet dat de fokwaarde voor lactatie 3 exact gelijk is aan het oudergemiddelde. De 1^e-kalfsdochters van de stier laten al zien of de stier beter is dan zijn oudergemiddelde in lactatie 1. Dit

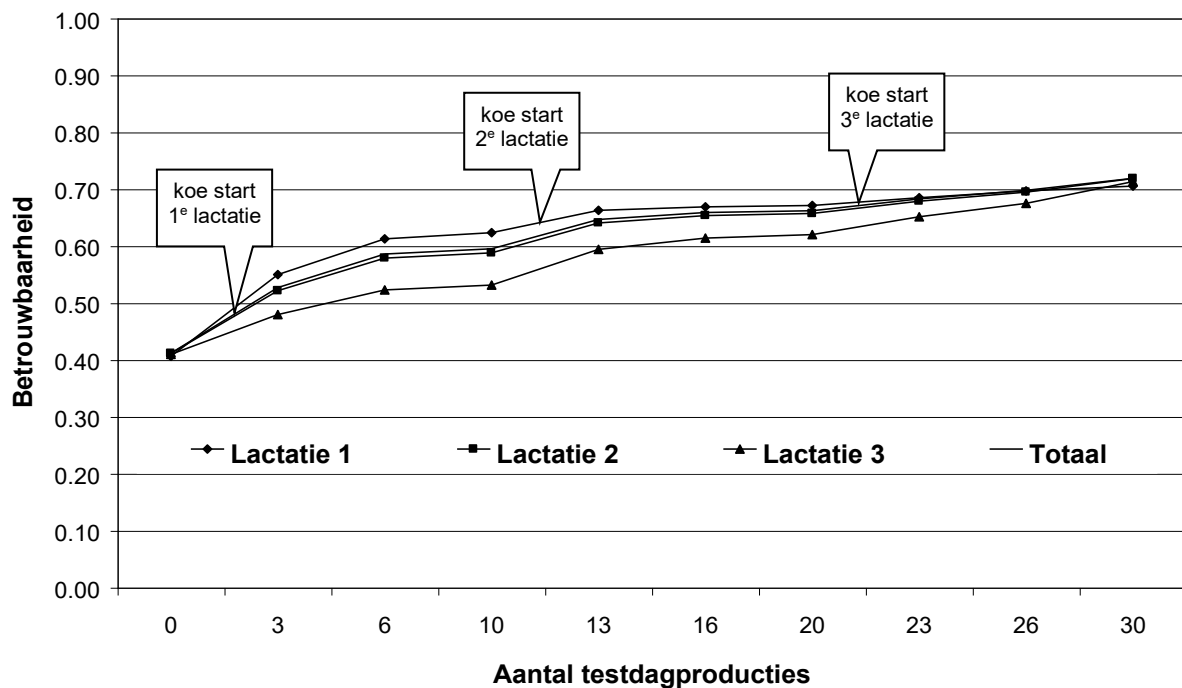
geeft ook informatie over de afwijking van het oudergemiddelde in lactatie 3, want de fokwaarden van lactatie 1 en 3 zijn gecorreleerd (tabel 6).

De correlatie tussen de fokwaarde voor lactatie 1 en de totaal fokwaarde is 0,92 (tabel 6). Dit betekent dat als een stier alleen 1^e-kalfs dochters heeft, de betrouwbaarheid van de totaal fokwaarde ongeveer gelijk is aan: $REL_{\text{totaal}} = (0,92)^2 * REL_1 = 0,85 * REL_1$, waarbij REL_1 de betrouwbaarheid is van de fokwaarde voor lactatie 1. Bij heel veel dochters zal REL_1 ongeveer 100% zijn en REL_{totaal} ongeveer 85%. In de praktijk kan REL_{totaal} hoger zijn, omdat de moeder van de stier ook informatie geeft over de fokwaarde voor lactatie 2 t/m 5 van haar zoon.

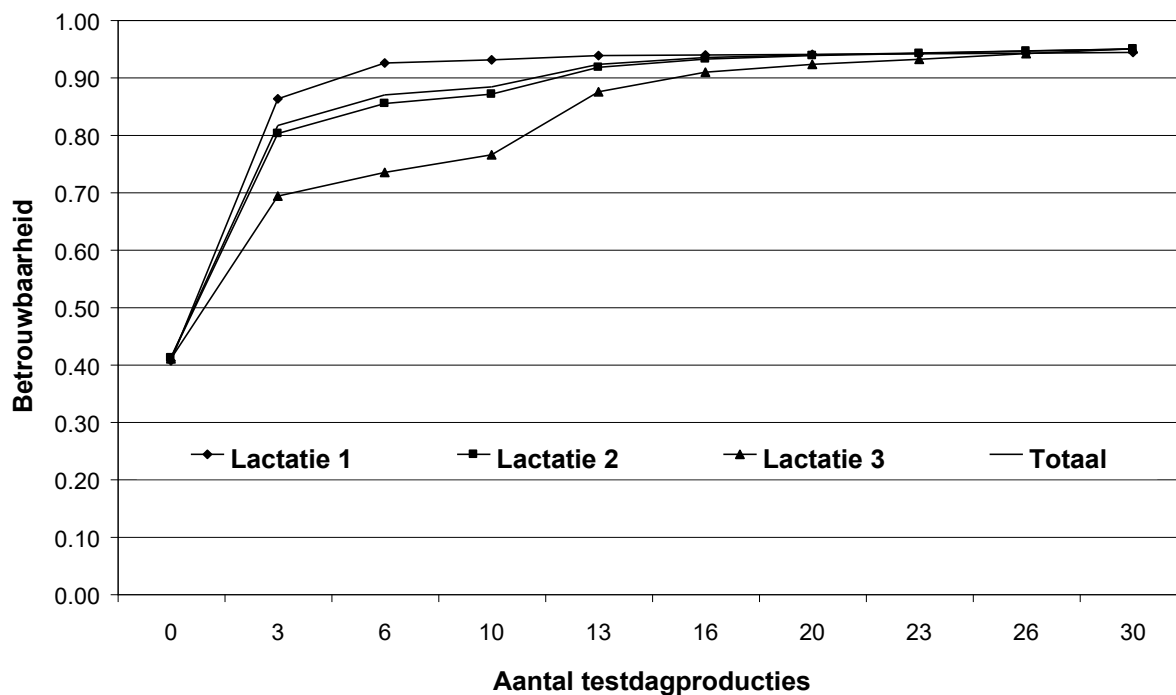
In Figuur 5 staat het verloop in betrouwbaarheid voor de fokwaarde 305-dagenproductie van lactatie 1, 2 en 3 en de totaal fokwaarde voor kg eiwit van een koe. De koe heeft zelf geen nakomelingen en heeft een vader met een betrouwbaarheid van 100% en een moeder met drie lactaties. Links in de grafiek staat de betrouwbaarheid bij 0 eigen testdagproducties. De betrouwbaarheid is hier gelijk aan de betrouwbaarheid van het oudergemiddelde, d.w.z. (betrouwbaarheid vader + betrouwbaarheid moeder) x 0,25. Vervolgens krijgt de koe 3 testdagen (steeds 30 dagen na elkaar). Daarna krijgt ze achtereenvolgens nog 3 en 4 testdagen in lactatie 1, 3, 3 en 4 testdagen in lactatie 2 en 3, 3 en 4 testdagen in lactatie 3.

De koe in Figuur 5 heeft een betrouwbaarheid van 60% voor de totaal fokwaarde als zij één lactatie heeft afgerond. De betrouwbaarheid van de fokwaarde voor lactatie 1 en 3 is dan respectievelijk 62% en 53%. Zodra ze aan de tweede lactatie begint stijgt de betrouwbaarheid van de totaal fokwaarde door naar 65%. Als ze 3 lactaties heeft vol gemaakt is de betrouwbaarheid van alle fokwaarden ongeveer 70%.

In Figuur 6 is het verloop van de betrouwbaarheid weergegeven voor een stier met 100 dochters die elke hetzelfde verloop in betrouwbaarheid hebben als de koeien in Figuur 3. De stier heeft een vader met 100% betrouwbaarheid en een moeder met 3 lactaties.



Figuur 5. Verloop van betrouwbaarheden voor 305-dagenproductie voor kg eiwit voor een koe



Figuur 6. Verloop van betrouwbaarheden voor 305-dagenproductie voor kg eiwit voor een stier

Bij de stier in Figuur 6 neemt de betrouwbaarheid van de totaal fokwaarde direct toe tot 82% als zijn 100 dochters in productie komen. Als ze aan het eind van de eerste lactatie zijn, is de betrouwbaarheid ongeveer 88%. Pas als de dochters in de tweede en derde lactatie komen neemt de betrouwbaarheid verder toe tot uiteindelijk 95%.

Heterogeniteit van variantie

In de fokwaardeschatting wordt rekening gehouden met verschillen in spreiding van dagproducties op verschillende bedrijf-testdagen (HTD) en met verschillen in spreiding van dagproducties van koeien met een verschillende leeftijd. Het is bekend dat sommige bedrijven meer spreiding in dagproducties hebben dan andere bedrijven. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door verschillen in leeftijdsopbouw en afkalfpatronen tussen bedrijven. Zo zal op een bedrijf-testdag met hoofdzakelijk oudmelkte vaarzen de spreiding in dagproducties een stuk kleiner zijn dan op een bedrijf-testdag waar zowel oudmelkte vaarzen als verse 3^e-kalfskoeien worden gemolken. Een andere bron voor de verschillen in spreiding tussen bedrijf-testdagen is de genetische aanleg. Op een bedrijf-testdag met alleen MRIJ-koeien zal de spreiding kleiner zijn dan op een bedrijf-testdag met zowel HF-koeien als Belgische Blauwe-koeien. Deze twee bronnen van spreiding hebben geen gevolgen voor de juistheid van de fokwaardeschatting.

Een derde bron voor spreiding is verschil in management tussen bedrijven, bijvoorbeeld voerrantsoen, huisvesting, jongvee opfok. Hierdoor komen genetische verschillen op het ene bedrijf meer tot expressie dan op het andere bedrijf. Als hiermee geen rekening gehouden wordt in de fokwaardeschatting, zullen de beste koeien van het hoge spreidingsbedrijf een hogere fokwaarde krijgen dan de beste koeien van het lage spreidingsbedrijf. Dit komt omdat de beste koeien op het hoge spreidingsbedrijf meer afwijken van hun bedrijfsgenoten.

De correctie voor heterogeniteit van variantie in het NL-TDM vindt plaats door het permanent milieu effect en het rest gedeelte van een dagproductie (oftewel de productie minus de oplossingen van alle fixed effecten en het additief genetische effect) te vermenigvuldigen met een correctiefactor:

$$residual = y_i - Xb_i - Zu_i$$

$$y_{i+1} = Xb_i + Zu_i + residual \times F_i$$

waarbij:

- y_i : (gecorrigeerde) observatie in iteratie i ;
- b_i : oplossing voor fixed effecten in iteratie i ;
- u_i : oplossing voor additief genetisch effect in iteratie i ;
- X, Z : incidentie matrices;
- F_i : correctiefactor voor heterogene variantie in iteratie i .

De correctiefactoren worden gelijktijdig met de fokwaarden berekend. Hierdoor kan er precies worden bepaald hoe groot de spreiding als gevolg van management is, omdat de spreiding als gevolg van fixed effecten (bijv. leeftijd, lactatiestadium) en additief genetische effecten bekend is. Dit zorgt voor een zuivere fokwaardeschatting, die dieren op bedrijven met een hoge spreiding niet bevoordeeld.

Bij correctie voor heterogeniteit van variantie dient men een gewenste variantie te definiëren. In het NL-TDM is hiervoor de spreiding van het permanent milieu effect plus rest gedeelte van de observaties van de koeien in de zwartbontbasis (Z) gekozen. Welke koeien in deze basis zitten, is vermeld in de paragraaf basisdefinities. De spreiding van de basisdieren is verschillend voor elke dag en elke lactatie.

Om de spreiding als gevolg van management op een HTD te berekenen, wordt eerst van elke observatie het permanent milieu effect plus het rest gedeelte berekend, oftewel de productie minus de oplossingen van alle fixed effecten en het additief genetische effect. Dit wordt vervolgens gedeeld door de gewenste spreiding op de desbetreffende pariteit en DIM (zie Figuur 7). Op een HTD met een gewenste spreiding is de spreiding van de gestandaardiseerde permanent milieu plus rest gedeelten van de observaties op de HTD gelijk aan 1.

$$residual_{ijk} = y_{ijk} - Xb_{ijk} - Zu_{ijk}$$

$$residual_{ijk}^* = \frac{residual_{ijk}}{\sigma_{par,DIM}}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_j (residual_{ij}^*)^2 - \frac{1}{n_j} \left(\sum_j residual_{ij}^* \right)^2}{n_j - 1}$$

waarbij:

- y_{ijk} : (gecorrigeerde) observatie k in iteratie i op HTD j ;
- b_{ijk} : oplossing voor fixed effecten bij observatie k op HTD j in iteratie i ;
- u_{ijk} : oplossing voor additief genetisch effect bij observatie k op HTD j in iteratie i ;
- X, Z : incidentiematrices;
- $\sigma_{par,DIM}$: gewenste spreiding op pariteit en DIM van observatie k (zie Figuur 7);
- n_j : aantal observaties op HTD j ;
- σ_{ij} : gestandaardiseerde spreiding van permanent milieu plus rest op HTD j in iteratie i .

Als de spreiding (σ_{ij}) kleiner is dan 1, moet er dus extra spreiding worden aangebracht en als de spreiding groter is dan 1, moet de spreiding worden gereduceerd. De hiervoor benodigde correctiefactor van een HTD wordt berekend uit de spreiding van de HTD zelf plus een aantal andere

HTD's op hetzelfde bedrijf, net voor en na de desbetreffende HTD. Dit laatste vindt plaats omdat de spreiding op een HTD moeilijk te schatten is bij HTD's met relatief weinig observaties.

$$F_{ij} = \exp \left(- \frac{\sum_{k=j-n}^{j+n} w_k \log(\sigma_{ik})}{\sum_{k=j-n}^{j+n} w_k} \right)$$

waarbij:

- F_{ij} : correctiefactor voor HTD j in iteratie i ;
 σ_{ik} : gestandaardiseerde spreiding van permanent milieu plus rest op HTD k in iteratie i ;
 w_k : weging van HTD k ;
 $w_k = (m-1) \times .995^{\Delta t_{j,k}}$
 waarbij:
 m = aantal observaties op HTD k ;
 $\Delta t_{j,k}$ = aantal dagen tussen HTD j en HTD k ;
 n : aantal eerdere / latere HTD's die worden gebruikt om F_{ij} te berekenen, $5 \leq n \leq 22$, n is minimaal 5 en wordt verhoogd totdat $\sum w > 50$.

Tenslotte geldt een restrictie dat als $\sigma_{ik} > 1$, F_{ij} altijd kleiner dan 1 moet zijn en andersom. Als hier niet aan voldaan wordt is $F_{ij} = 1$.

De correctie voor heterogene varianties tussen klassen van leeftijd bij afkalven vindt op dezelfde manier plaats als voor HTD, behalve de berekening van F_{ij} . Omdat grote aantallen records per leeftijdsklasse zijn, kan de correctiefactor berekend worden als $F_{ij} = (\sigma_{ij})^{-1}$.

▪ Basisdefinities

Fokwaarden voor melkproductie van stieren en koeien worden gepubliceerd op de basis 2020. De gemiddelde fokwaarde (voor elk kenmerk) van de koeien in de basispopulatie is op 0 gezet. Fokwaarden van alle dieren worden op deze manier uitgedrukt ten opzichte van hun basis. De basis 2020 wordt bepaald door de koeien die in 2019 geboren zijn. Voor de fokwaarden voor melkproductie zijn 4 bases gedefinieerd. Op welke basis een fokwaarde van een dier wordt gepubliceerd is afhankelijk van de ras-samenstelling van het dier en van de kleur van het dier.

Vanaf april 2015 worden de namen Zwartbontkoebasis en Roodbontkoebasis vervangen door respectievelijk Melkdoel zwart en Melkdoel rood. Verder wordt de naam Lokaal-basis vervangen door Dubbeldoel. Ook wordt een vierde basis toegevoegd, genaamd Belgisch witblauw. Voor de fokwaarden geschat met behulp van een diermodel gelden de volgende basisdefinities:

Melkdoel zwart (Z)

De stamboekgeregistreerde koeien geboren in 2019 met minimaal 87,5% HF-bloed en maximaal 12,5% FH-bloed en haarkleur zwartbont, met minimaal één observatie in de fokwaardeschatting.

Melkdoel rood (R)

De stamboekgeregistreerde koeien geboren in 2019 met minimaal 87,5% HF-bloed en maximaal 12,5% MRIJ-bloed en haarkleur roodbont, met minimaal één observatie in de fokwaardeschatting.

Dubbeldoel (D)

De stamboekgeregistreerde koeien geboren in 2019 met minimaal 75% MRIJ-bloed en 25% of minder HF-bloed, met minimaal één observatie in de fokwaardeschatting.

Belgisch witblauw (B)

De stamboekgeregistreerde koeien geboren in 2019 met minimaal 87,5% Belgisch witblauw-bloed, met minimaal één observatie in de fokwaardeschatting

Heterogeniteit van variantie

De basis voor de correctie voor heterogeniteit van variantie wordt bepaald door de HF/FH-koeien geboren in 2010. Deze basis geldt voor alle rassen. De fokwaarden voor persistentie en laatrijtheid van stieren en koeien worden gepresenteerd met een gemiddelde van 100 en een spreiding van 4. Het gemiddelde wordt bepaald door een groep dieren die de basis van de fokwaarde vormen (zie hierboven voor de basisdefinities). De spreiding wordt voor alle bases bepaald door de groep dieren die de Melkdoel zwart basis vormen. Bij het bepalen van de spreiding wordt de spreiding in fokwaarden van de basisdieren berekend, waarna een standaardisatie plaatsvindt naar een gemiddelde betrouwbaarheid van de fokwaarden van 80 procent. Hierdoor komt 4 punten fokwaarden overeen met 0,9 x genetische spreiding van het betreffende kenmerk.

▪ Berekening fokwaarden voor % vet, % eiwit en % lactose

De fokwaarden voor de gehalten van vet en eiwit worden berekend uit de fokwaarden voor kg melk, kg vet en kg eiwit, waarbij gebruik wordt gemaakt van de gemiddelde producties van de basiskoeien:

$$F_{\%vet} = \frac{F_{kgv} * 100 - F_{kgm} * P_{\%vet}}{F_{kgm} + P_{kgm}}$$

$$F_{\%eiwit} = \frac{F_{kge} * 100 - F_{kgm} * P_{\%eiwit}}{F_{kgm} + P_{kgm}}$$

$$F_{\%lact} = \frac{F_{kgl} * 100 - F_{kgm} * P_{\%lact}}{F_{kgm} + P_{kgm}}$$

waarbij:

P = gemiddelde productie van de basisdieren voor de aangegeven kenmerken;

F = fokwaarde: kg melk, kg vet, kg eiwit, kg lactose, % vet, % eiwit en % lactose.

Bij de fokwaarden voor gehalten op 305-dagen niveau wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde lactatieproductie van de basiskoeien. De gemiddelde lactatieproductie is berekend als de som van de gemiddelde dagproducties tussen dag 5 en 305 van de basiskoeien. De basis-producties P_{kgm} , $P_{\%vet}$, $P_{\%eiwit}$ en $P_{\%lactose}$ voor de verschillende bases staan vermeld in Tabel 7. De gemiddelde lactatieproducties die gebruikt worden bij het berekenen van de totaal fokwaarde voor gehalten zijn het gewogen gemiddelde van de lactatieproducties in lactatie 1 t/m 5, waarbij dezelfde factoren zijn gebruikt als in berekening van de totaal fokwaarde (zie boven). De waarden in Tabel 7a en Tabel 7b zullen in 2025 weer geüpdatet worden.

Tabel 7a. Gemiddelde productie voor berekening van fokwaarden voor % vet, % eiwit en % lactose.

		kg melk	kg vet	kg eiwit	kg lactose
Melkdoel zwart	Lactatie 1	7577	320	262	353
	Lactatie 2	8946	377	315	408
	Lactatie 3	9560	406	333	433
	Lactatie 4	9801	420	340	442
	Lactatie 5	9960	426	344	448
	Totaal	8841	375	306	404
Melkdoel rood	Lactatie 1	7014	312	250	326
	Lactatie 2	8239	367	299	375
	Lactatie 3	8878	398	319	401

	Lactatie 4	9168	413	328	412
	Lactatie 5	9348	419	333	419
	Totaal	8205	365	293	371
Dubbeldoel & Belgisch Witblauw	Lactatie 1	5572	250	204	261
	Lactatie 2	6383	285	237	294
	Lactatie 3	6929	307	256	317
	Lactatie 4	7232	319	265	329
	Lactatie 5	7352	320	269	332
	Totaal	6379	284	235	297

Tabel 7b. Gemiddelde producties % vet, % eiwit en % lactose.

		kg melk	% vet	% eiwit	% lactose
Melkdoel zwart	Lactatie 1	7577	4.22	3.46	4.66
	Lactatie 2	8946	4.21	3.52	4.56
	Lactatie 3	9560	4.25	3.48	4.53
	Lactatie 4	9801	4.29	3.47	4.51
	Lactatie 5	9960	4.28	3.45	4.50
	Totaal	8841	4.24	3.46	4.57
Melkdoel rood	Lactatie 1	7014	4.45	3.56	4.65
	Lactatie 2	8239	4.46	3.63	4.55
	Lactatie 3	8878	4.48	3.60	4.52
	Lactatie 4	9168	4.50	3.58	4.49
	Lactatie 5	9348	4.48	3.56	4.48
	Totaal	8205	4.45	3.57	4.52
Dubbeloel & Belgisch Witblauw	Lactatie 1	5572	4.48	3.66	4.68
	Lactatie 2	6383	4.46	3.71	4.61
	Lactatie 3	6929	4.43	3.69	4.57
	Lactatie 4	7232	4.41	3.66	4.55
	Lactatie 5	7352	4.35	3.66	4.52
	Totaal	6379	4.45	3.68	4.66

▪ Basisverschillen

Zie hoofdstuk 'Bases voor fokwaarden en basisverschillen'.

▪ Publicatie eisen

Zie E-hoofdstuk Publicatie regels