

ir. F.C.A.M. Broeders

a, citation and similar papers at core.ac.uk

Rotatiekruising in

brought to

provided by Wageningen University & Re

ir. M.C. Vonk

¹ Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Vee fokkerij

varkenshouderij.

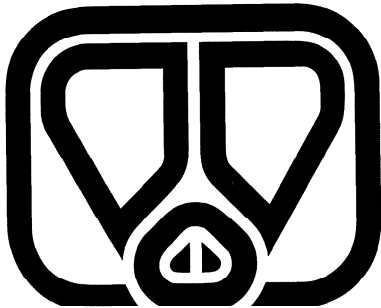
Deel 1:

zeugenhouderij

Rotational crossing in Dutch pig husbandry.

Part 1:

sow farms



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Proefstation voor de
Varkenshouderij
Postbus 83
5240 AB Rosmalen
tel: 073 - 528 65 55

Proefverslag nummer P 1.162
november 1996
ISSN 0922 - 8586

VOORWOORD

Dit rapport is tot stand gekomen op basis van een afstudeeropdracht van F.C.A.M. Broeders voor de Land bouwuniversiteit te Wageningen, studierichting Zoötechniek, Vakgroep Veefokkerij.

Graag willen we iedereen bedanken die heeft meegeholpen aan een goede afronding van dit onderzoek. De heren E. van Steenbergen van Cofok, B. van Raay van het Noord-Nederlands Varkensstamboek en P. van Kemenade van Varkensverbetering Zuid willen we hartelijk bedanken voor hun medewerking aan de enquête, waardoor een beeld is verkregen van het functioneren

van rotatiekruising in de praktijk.

Dit rapport betreft de rotatiekruising in de zeugenhouderij. In het rapport "Rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 2: vleesvarkenshouderij" van J.H. Huiskes en G.P. Binnendijk (1996) zijn de resultaten van de rotatiekruising in de vleesvarkenshouderij beschreven.

ir. F.C.A.M. Broeders
drs. P.C. Vesseur
dr. ir. E. Kanis
ir. M.C. Vonk

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	6
	SUMMARY	8
1	INLEIDING	10
1.1	Aanleiding	10
1.2	Doel	11
2	LITERATUUROVERZICHT	12
2.1	Rotatiekruising	12
2.2	Optimalisatie van lijn- en heterosisgebruik bij rotatiekruisingen	12
2.3	Heterosis voor worpgrootte	14
3	MATERIAAL EN METHODE	17
3.1	Schatten van additief genetische effecten en heterosiscomponenten	17
3.1.1	Schatten van de additief genetische effecten en de gemiddelde heterosis	18
3'1.2	Schatten van de afzonderlijke heterosiscomponenten	19
3.2	Evaluatie van rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij	21
4	RESULTATEN	22
4.1	Schattingen van additief genetische effecten en heterosiscomponenten	22
4.1.1	Algemene gemiddelden per zeugtype, pariteit en periode	22
4.1.2	Additief genetische effecten en de gemiddelde heterosis	23
4.1.3	Afzonderlijke heterosiscomponenten	25
4.2	Enquêteresultaten bedrijven met rotatiekruising	26
5	VERGELIJKING VAN ROTATIEZEUG MET FI -ZEUG	28
5.1	Verschillen in reproductieresultaten	28
5.2	Verschillen in saldo	29
6	DISCUSSIE	32
6.1	Gebruikte methode	32
6.1.1	Schatten van additief genetische effecten en gemiddelde heterosis	32
6'1.2	Schatten van afzonderlijke heterosiscomponenten	32
6'1.3	Enquêteren van bedrijven met rotatiekruising	33
6.2	Discussie met betrekking tot de gevonden resultaten	34
6.2.1	Schattingen additief genetische effecten en heterosiscomponenten	34
6'2.2	Praktische aspecten van rotatiekruising	36
6'2.3	Vergelijking reproductieresultaten van rotatiezeug en F1-zeug	36
6'2.4	Vergelijking economische resultaten van rotatiezeug en FI -zeug	37
7	BETEKENIS VOOR DE PRAKTIJK	38
8	CONCLUSIES	40
9	LITERATUUR	41
	BIJLAGEN	42
	1 X-matrix, y- en b-vector bij voortzetting rotatiekruising	42
	2 Enquête gehouden onder Cofok-bedrijven	43
	3 Enquête gehouden onder Stamboek-bedrijven	45
	REEDSEERDERVERSCHENENPROEFVERSLAGEN	47

SAMENVATTING

Een bedrijfsopzet waarbij geen dieren van buiten het bedrijf worden aangevoerd reduceert de kans op ziekte-insleep. Rotatiekruising is een mogelijke methode om een dergelijke bedrijfsopzet te realiseren, terwijl via KI toch gebruik gemaakt wordt van genetische vooruitgang in de topfokkerij.

Op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen (PV) wordt rotatiekruising in de zeugenhouderij toegepast. De drie gebruikte rassen zijn Nederlands Landvarken (N), Fins Landvarken (F) en Groot Yorkshire zeugenlijn (Y). Er is begonnen met het kruisen van N met F(YN). Alleen van N waren zuivere lijngegevens op het PV aanwezig. De ontwikkeling van de rotatiekruising voor de vermeerderingszeugen is als volgt: $N_{\sigma} \times F(YN)_{\sigma}$, $Y_{\sigma} \times N(FYN)_{\sigma}$, $F_{\sigma} \times Y(NFYN)_{\sigma}$ et cetera. De laatste kruising die in dit onderzoek is meegenomen is N(FYNFYN).

Theoretisch doet zich in een rotatiekruising minder heterosis voor dan in een gewone drie- of vierwegkruising. Wordt de heterosis in een drie- of vierwegkruising op 100% gesteld, dan is deze in een tweelinjrotatiekruising 66,7% en in drielinjrotatiekruising 85,7%.

Doelen van dit onderzoek zijn de schatting van genetische niveaus en heterosiscomponenten voor het kenmerk worpgrootte in een drielinjrotatiekruising, de evaluatie van rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij en het vergelijken van de rotatiezeug met een F1-zeug in een gesloten bedrijf.

Op basis van gegevens van 4.650 worpen van rotatiezeugen en zuivere N-zeugen, waarvan 10% met sperma van een zeugenlijnbeer en 90% met sperma van een eindbeer werd geïnsemineerd, zijn de additief genetische effecten van N, F en Y en de heterosis voor totaal aantal geboren biggen (TGB) en aantal levend geboren biggen (LGB) geschat. Dit gebeurde aan de hand van regressietechnieken met behulp van de GLM-procedure in SAS. Eerst is de gemiddelde heterosis geschat, daarna de afzonderlijke heterosiscomponenten tussen F en Y, F en N, en Y en N.

Voor het kenmerk TGB is het zuiverras niveau van N geschat op 10,84 biggen. Er is gecorrigeerd voor pariteit en periode. De additief genetische effecten van F en Y ten opzichte van N zijn niet significant. Ze liggen beide ongeveer in dezelfde orde van grootte (respectievelijk +0,23 en +0,28 biggen). De gemiddelde heterosis voor TGB kwam uit op 0,74 biggen ($p = 0,028$). Deze waarden zijn vergelijkbaar met resultaten uit de literatuur. Sellier (1976) vindt een gemiddelde heterosis (bij geboorte) van 0,75 biggen. Schneider (1982) vindt een gemiddelde heterosis van 0,95 biggen bij spenen.

Het niveau van N voor LGB is geschat op 9,48 biggen. De additief genetische effecten van F en Y ten opzichte van N zijn eveneens niet significant. De F is vergelijkbaar met N, de Y lijkt het slechter te doen (de waarden zijn voor F geschat op -0,01 en voor Y op -0,27 biggen). De gemiddelde heterosis voor LGB is 0,96 biggen ($p = 0,003$).

De afzonderlijke heterosiscomponenten kunnen met deze gegevens alleen worden geschat voor TGB. Het niveau van N is dan 10,90 biggen. Ook nu zijn de additief genetische effecten van F en Y (ten opzichte van N) niet significant (respectievelijk +0,46 en +0,43 biggen). Ook de heterosis tussen F en Y, F en N, en Y en N is niet significant (de schattingen zijn respectievelijk +0,23, +0,58 en +0,13 biggen).

Om de voor- en nadelen van rotatiekruising in kaart te brengen is een enquête uitgevoerd onder bedrijven die ervaring hebben met het toepassen van rotatiekruising. De bedrijven die aan de enquête deelnamen hadden bijna allemaal meer dan 200 zeugen. Het percentage zeugen dat werd gebruikt voor de productie van moederdieren schommelde rond de 10%. Nauwkeurige identificatie, registratie en administratie van de dieren, voldoende en goede opfokgelegenheden en interesse in de fokkerij zijn door de varkenshouders als belangrijke voorwaarden genoemd om succesvol rotatiekruising te kunnen toepassen. Als redenen om te beginnen met rotatiekruising zijn genoemd

de toenemende selectiemogelijkheden, de geringere kans op ziekte-insleep en het financiële voordeel ten opzichte van aankoop van opfokzeugen. De productie van fokkerij-bijproducten op het bedrijf, de afname in uniformiteit van zowel de zeugen als de vleesvarkens en de moeilijkere planning van vervanging van de zeugenstapel zijn als belangrijke mogelijke nadelen van het toepassen van rotatiekruising genoemd.

Bij de vergelijking van een rotatiezeug met een FI-zeug blijkt dat de rotatiezeug wat betreft aantal levend geboren biggen zeker niet achterblijft bij de gebruikelijke F1-vermeerderingszeug. In theorie is dit niet mogelijk, omdat de derde lijn altijd slechter is dan de eerste twee (waar de F1 uit bestaat). Het Fins Landvarken blijkt het echter goed te doen, wat het gunstige resultaat van de rotatiezeug ten opzichte van de FI-zeug in dit rapport kan verklaren.

Vergeleken met de productie van FI-zeugen in een gesloten bedrijf zijn er voordelen voor de rotatiekruising, omdat bij rotatiekruising geen zuivere lijn in stand gehouden hoeft te worden en er grotere selectiemogelijkheden

zijn bij het aanwijzen van de zeugen voor de fokkerij. Per zeug per jaar levert de rotatiekruising ongeveer twintig gulden per zeug meer op dankzij een flexibelere planning en ondanks de hogere kosten voor begeleiding van eigen opfok.

In het verslag "Rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 2: vleesvarkenshouderij" van J.H. Huiskes en G.P. Binnendijk (1996) is het onderzoek beschreven naar de effecten van rotatiekruising in de vleesvarkenshouderij.

Omdat de Nederlandse varkenshouderij zeer export-afhankelijk is, zullen in de toekomst steeds hogere eisen worden gesteld aan de gezondheidsstatus van de varkensstapel. Risico's op ziekte-insleep moeten zoveel mogelijk worden vermeden. Op een gesloten bedrijf is dit beter te realiseren. Gezien de geringere kans op ziekte-insleep, het geringe verlies aan heterosis, de ervaringen in de praktijk en de saldoverbetering per zeug, is rotatiekruising in de zeugenstapel een goed alternatief voor de aankoop van vermeerderingsgelten.

SUMMARY

On a farm receiving no animals from other farms the risk of importing diseases is reduced. Rotational crossing is a method of realising such a reduction while still managing to achieve the same genetic improvement by using artificial insemination.

At the Research Institute for Pig Husbandry, rotational crossing in sow production is used. The three breeds are Dutch Landrace (N), Finnish Landrace (F) and Large White sow line (Y). Crossing started with N and F(YN). At the Research Institute pure line data were only available for N. The development of rotational crossing for commercial sows is as follows:

$N_{\sigma} \times F(YN)_{\varnothing}$, $Y_{\sigma} \times N(FYN)_{\varnothing}$, $F_{\sigma} \times Y(NFYN)_{\varnothing}$ etc.
The last crossing involved in this study is $N(FYNFYN)$.

According to the theory, heterosis in rotational crossing is less than the usual 3 or 4-breed crossing (F1-sows). When the heterosis between two breeds (FI) is 100%, the heterosis in a 2-breed rotational crossing is 66.7%, and in a 3-breed rotational crossing 85.7%.

The goal of this study is to estimate the genetic level and heterosis of litter size using a 3-line rotation, to evaluate rotational crossing in the Netherlands and to compare 3-breed production using rotational crossing sows with production using 3-breed crossing sows (F1) in a closed farm.

Based on data from 4,650 litters of rotational crossing sows and pure line N sows, of which 10% have a sow line boar and 90% a terminal boar as sire, additive genetic effects of N, F and Y and heterosis for the traits TGB (= total pigs born) and LGB (= pigs born alive) were estimated by means of regression techniques. First, average heterosis was estimated, subsequently the separate heterosis components were estimated for F and Y, F and N, and Y and N.

For TGB, the level of N was estimated at 10.84 piglets. Additive genetic effects of F and Y compared to N were not significant. They were estimated at the same level

(+0.23 and +0.28 piglets, respectively). Average heterosis for TGB was 0.74 piglets ($p = 0.028$). These values are comparable with other research. Sellier (1976) found an average heterosis (at birth) of 0.75 piglets, while Schneider (1982) found an average heterosis of 0.95 piglets at weaning.

The level of LGB was estimated at 9.48 piglets. Additive genetic effects of F and Y compared to N were not significant. F seemed to be better than Y (-0.01 and -0.27 piglets, respectively). Average heterosis gave a value of 0.96 piglets ($p = 0.003$).

Separate heterosis components were only estimated for TGB. The level of N was now estimated at 10.90 piglets. Additive genetic effects of F and Y compared to N were again not significant (+0.46 and +0.43 piglets, respectively). Heterosis between F and Y, F and N, and Y and N were also not significant (+0.23, +0.58 and +0.13 piglets, respectively).

In order to discover the advantages and disadvantages of rotational crossing, a survey was done of farms, working with rotational crossing. According to the results of the survey, most farms using rotational crossing have more than 200 sows. The percentage of sows used for the production of dams is around 10%. Accurate identification, registration and administration of animals, enough good raising accommodation and interest in pig breeding were mentioned as important requirements for the farm or the farmer to be able to use rotational crossing successfully. Reasons for starting with rotational crossing are increasing selection possibilities, the reduced risk of importing diseases and the financial advantage compared to buying young gilts. By-products on the farm, the decrease in uniformity of both sows and fattening-pigs, and the more difficult planning of sow-replacement were mentioned as important possible disadvantages of using rotational crossbreeding.

Comparing a F1-sow with a rotational-sow leads to the conclusion that the number of piglets born alive in rotational crossing is

comparable with the number of piglets born alive in the mostly used alternative F1 crossing. This is not according to the theory, because the third line is likely to be worse than the other two lines. However, the Finnish Landrace seems to produce very well, which explains the good results of the rotational sow, compared with the F1-sow.

Rotational crossing is preferable to the production with FI-sows in a closed farm system, because it is not necessary to keep a pure line on the farm and selection possibilities for choosing sows for the next generation are much larger. The difference in gross margin per average present sow per year is about twenty Dutch guilders in favour of rotational cross thanks to more flexible planning and despite the higher costs for advice in genetic selection.

The effects of rotational cross breeding on growing pigs are described in "Rotational cross in Dutch pig husbandry. Part 2: growing pigs husbandry", a report from the Research Institute for Pig Husbandry by J.H. Huiskes and G.P. Binnendijk (1996).

Because the Dutch pig husbandry is very dependent on export, in the future the health status of pigs will be more important. The risks of importing diseases have to be avoided as much as possible. This can be more easily achieved on a closed farm. Because of the smaller risks of importing diseases, little loss of heterosis, the financial advantage per sow and the experiences in practice, rotational crossing in sows seems a good alternative to buying young commercial sows.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Insleep van ziekten door aankoop van varkens is door een gesloten bedrijfssysteem te vermijden. Een gesloten bedrijfsopzet in de varkenshouderij houdt in dit verband in dat er geen dieren van buiten het bedrijf worden aangevoerd. Alle opfokzeugen en vleesvarkens zijn afkomstig van de eigen varkensstapel. De vleesvarkens kunnen zowel op het eigen bedrijf als op een ander vleesvarkensbedrijf worden afgemest. In tabel 1 wordt een voorbeeld van een niet gesloten, een gedeeltelijk gesloten of een gesloten vierwegkruising gegeven (Kanis en Vesseur, 1996).

Methoden om op een gesloten bedrijf opfokzeugen voor de vervanging van de zeugenstapel te produceren zijn:

- 1 kruising van twee rassen in combinatie met zuivere teelt van één ras
- 2 rotatiekruising

ad 1; voorbeeld: productie van (AB)(CD) vleesvarkens.

Uit de op het bedrijf aanwezige zuivere D-zeugen worden D-opfokzeugen en CD-opfokzeugen geproduceerd door gebruik van K.I. Spermata van de D-lijn wordt gebruikt voor het in stand houden van de zuivere D-dieren en sperma van de C-lijn voor de pro-

Tabel 1: Bedrijfs- en kruisingssystemen voor de productie van vleesvarkens in een vierwegkruising (Kanis en Vesseur, 1996).

Systeem:	Type eind-product	Genotypen:		Opmerkingen:
		KI zeugenbedrijf		
Niet gesloten:	ABxCD	AB	x CD	Aankoop CD, simpel systeem, maximale heterosis, bijproducten worden niet op het bedrijf geproduceerd, risico ziekte-insleep groot.
Half gesloten:	ABxCD	C AB	x x CD	Aankoop D-zeugen en eigen productie van CD-zeugen, maximale heterosis, twee typen zeugen en kruisingen op het bedrijf, bijproducten (CD-beren), verminderd risico ziekte-insleep.
Gesloten:	ABxCD	D C AB	x x x CD	Geen aankoop zeugen, eigen productie van D en CD, maximale heterosis, twee typen zeugen, drie soorten inseminaties, bijproducten (DD-beren en CD-beren), geen risico op ziekte-insleep, wel zuiver-lijn materiaal op het bedrijf.
Gesloten rotatie (R): AB x R		C D E AB	x x x x R	Geen aankoop zeugen eigen productie van CR, DR en ER, drie typen rotatiezeugen op het bedrijf, heterosis niet maximaal, bijproducten (CR-, DR- en ER-beren), geen zuiver-lijn materiaal op het bedrijf.

ductie van CD-opfokzeugen. De CD-opfokzeugen worden geïnsemineerd met AB-sperma. Uit deze kruising wordt het eindproduct (AB)(CD) geboren.

ad 2; voorbeeld: productie van (AB)(R) vleesvarkens.

Op het bedrijf zijn verscheidene typen rotatiezeugen (R) aanwezig, waarbij R een drielijnsrotatiezeug uit de lijnen C, D en E voorstelt. Zeugen, bestemd voor de productie van de volgende generatie opfokzeugen, worden of met C-sperma of met D-sperma of met E-sperma geïnsemineerd (circa 10%). Op de andere zeugen wordt de AB-eindbeer gebruikt (circa 90%). De producten van de eerste kruising, CR-, DR- en ER-opfokzeugen, worden weer geïnsemineerd met ofwel de D-, E- of C-lijn, ofwel de AB-eindbeer et cetera.

1.2 Doel

De doelen van dit onderzoek zijn:

- a de schatting van genetische niveaus en heterosiscomponenten voor het kenmerk worpgrootte in een drielijnsrotatiekruising (hoofdstuk 4.1),
- b de evaluatie van rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij (hoofdstuk 4.2)
- c de vergelijking van de driewegrotatiezeug en een FI-zeug in een gesloten bedrijfsstelsel (hoofdstuk 5).

ad a

Bij het bepalen van de meest geschikte kruisingscombinatie voor een rotatiekruising moeten twee zaken tegen elkaar worden afgewogen: het verschil in genetisch niveau tussen de verschillende lijnen en de mate van heterosis die tussen deze lijnen kan optreden (Bennett, 1986). Het is dus van

groot belang de genetische niveaus van en de heterosiscomponenten tussen de lijnen te kennen, alvorens met (rotatie)kruising te beginnen.

ad b

Naast genetische niveaus van lijncombinaties en heterosiscomponenten tussen lijnen zijn er meer verschillen tussen rotatiekruising en een gewoon discontinu kruisingssysteem, waarbij opfokzeugen worden aangekocht. Kenmerken van rotatiekruising zijn:

- * ontstaan van bijproducten op het zeugenbedrijf,
- * kans op variatie tussen opeenvolgende generaties opfokzeugen en vleesvarkens,
- * moeilijkere planning van vervanging van de zeugenstapel door mogelijk onregelmatige productie van opfokzeugen,
- * noodzaak tot het hebben van een eigen opfokgelegenheden.

ad c

Een gesloten bedrijfsstelsel is mogelijk met een rotatiezeug en met een F1-zeug. Een vergelijking tussen beide systemen is derhalve in dit rapport zeer zinvol. Gekeken wordt naar het verschil in reproductieresultaten en de economische verschillen.

Door zowel theoretische als praktische aspecten van de rotatiekruising te onderzoeken wordt een algemeen beeld geschetst van de voor- en nadelen van rotatiekruising als fokkerij-methode in de Nederlandse varkenshouderij. Dit verslag beperkt zich tot de rotatiekruising als methode om een zeugenbedrijf gesloten te houden. Onderzoek naar rotatiekruising in de vleesvarkenshouderij is beschreven in het rapport "Rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 2: vleesvarkenshouderij" van J.H. Huiskes en G.P. Binnendijk (1996).

2 LITERATUUROVERZICHT

2.1 Rotatiekruising

Er zijn verschillende systemen met rotatiekruising mogelijk. Een relatief simpel systeem gaat uit van twee zeugenlijnen C en D, waaruit via toepassing van K.I. en rotatiekruising de vermeerderingszeugen worden geproduceerd. Een drieliijnrotatiekruising functioneert op dezelfde wijze, maar dan met drie zeugenlijnen (Kanis en Vesseur, 1996). De werking van beide systemen is weergegeven in tabel 2.

Uit de zeugenstapel worden een aantal zeugen geselecteerd die geschikt zijn om de volgende generatie rotatiekruisingzeugen te produceren. Deze dieren worden ge'insemineerd met sperma van de zeugenlijn, die volgens het rotatiekruisingschema "aan de beurt" is. Uit de nakomelingen wordt de nieuwe generatie rotatiezeugen geselecteerd. De zeugen die niet bestemd zijn voor de fokkerij worden ge'insemineerd met het sperma van eindberen voor de productie van vleesvarkens. In principe kan elke zeug dienen voor de productie van de volgende generatie. Elke zeug die zelf een goede productie heeft, geen afwijkingen laat zien en ook een gunstige BPT-score heeft, is geschikt. In de bedrijfsprestatietoets (BPT) worden leeftijd, gewicht en spekdikte vastgelegd en waar nodig voor elkaar gecorrigeerd voordat ze tot een index worden gecombineerd. Behalve de BPT-score bepaalt vooral de behoefte aan nieuwe ver-

meerderingsgelten of de betreffende zeug met sperma van een zeugenlijnbeer of met sperma van een eindbeer wordt ge'insemineerd.

2.2 Optimalisatie van lijn- en heterosisgebruik bij rotatiekruisingen

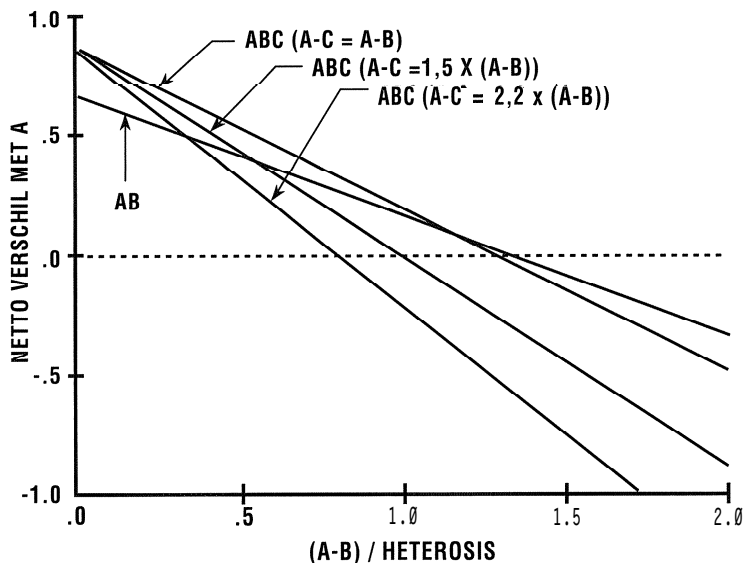
Volgens de theorie treedt bij rotatiekruising minder dan 100% heterosis op, dit in tegenstelling tot de gebruikelijke discontinue 3- of 4-wegkruising. Na ongeveer acht generaties stabiliseert de heterosis op 66,7% in een tweeliijnrotatiekruising en op 85,7% in een drieliijnrotatiekruising (Kanis en Vesseur, 1996).

Kruisingsystemen worden voornamelijk vergeleken op basis van technische resultaten. Variatie tussen generaties kan een probleem zijn bij rotatiekruisingen. Daarom moet voorkomen worden dat de te kruisen lijnen al te veel van elkaar verschillen (Bennett, 1986). Voor het toepassen van rotatiekruising is een goede identificatie en administratie van de dieren een vereiste. Daarnaast is er de noodzaak van voldoende opfokgelegenheid op het bedrijf.

Bij het bepalen van de meest geschikte kruisingscombinatie in een rotatiekruising moeten twee zaken tegen elkaar worden afgewogen: het verschil in genetisch niveau tussen de verschillende lijnen en de heterosis die tussen deze lijnen kan optreden

Tabel 2: Voorbeeld van de productie van vermeerderingszeugen via een rotatiekruising met twee en met drie lijnen (Kanis en Vesseur, 1996).

Generatie	tweeliijnrotatiekruising		drieliijnrotatiekruising	
	KI-beer	zeug	KI-beer	zeug
1	C	D	D	E
2	D	CD	C	DE
3	C	D(CD)	E	C(DE)
4	D	C(D(CD))	D	E(C(DE))
5	C	D(C(D(CD)))	C	D(E(C(DE)))
6	D	et cetera	E	et cetera



Figuur 1: Vergelijking van twee- en drielinrotatiekruisingen voor netto-verschil ten opzichte van de beste lijn A (uitgedrukt in heterosiseenheden). Het geschaalde lijnverschil tussen de beste twee lijnen (A-B/heterosis) staat weergegeven op de x-as (Bennett, 1987).

(Bennett, 1987). Optimalisatie van lijnverschillen en heterosisgebruik kan plaatsvinden aan de hand van figuur 1. In deze figuur worden rotatiekruisingen geïdentificeerd door een lettervolgorde, die de volgorde aangeeft van de verschillende zeugenlijnen. De hoofdletters vertegenwoordigen lijnen, weergegeven in de volgorde van genetisch niveau van die lijnen (A = beste lijn, B = op één na beste lijn, et cetera).

Figuur 1 geeft het netto-verschil ten opzichte van de beste lijn (A) (in eenheden van heterosis) voor twee- en drielinrotatiekruisingen. Dit verschil is gerelateerd aan het verschil tussen de beste twee lijnen (A-B). De figuur laat zien dat de beste tweelinrotatiekruising de beste lijn (A) overtreft, indien het verschil tussen de lijnen kleiner is dan $4/3 \times$ heterosis. Bij het punt (A-B)/heterosis = 1,0 is het verschil van de AB-rotatiekruising ten opzichte van lijn A positief: het toepassen van AB-rotatiekruising geeft betere resultaten dan zuivere lijnfokkerij van lijn A (Bennett, 1987). In voorbeeld 1 wordt uitgerekend wanneer tweelinrotatiekruising zuivere lijnfokkerij van lijn A overtreft; 'h' is de maximale heterosis (100%).

Voorbeeld 1
 tweelinrotatiekruising $AB >$ zuiver lijnfokkerij A
 $(A+B)/2 + 2/3 \times h > A$
 $(A+B) + 4/3 \times h > 2 \times A$
 $B + 4/3 \times h > A$
 $4/3 \times h > A-B$
 $(A-B)/h < 4/3$

De drie drielinrotatiekruisingen, $ABC(A-C = A-B)$, $ABC(A-C = 1,5 \times (A-B))$ en $ABC(A-C = 2,2 \times (A-B))$ (zie figuur 1), overtreffen de beste lijn (A), indien het verschil tussen de beste (A) en de op één na beste lijn (B) kleiner is dan respectievelijk 1,28, 1,0 en 0,81x heterosis (Bennett, 1987). In voorbeeld 2 en 3 worden de eerste en de laatste waarde afgeleid.

Voorbeeld 2
 drielinrotatiekruising ABC. $1 \rightarrow (A-C) = (A-B)$
 drielinrotatiekruising ABC. $1 >$ zuiver lijnfokkerij A
 $(A+B+C)/3 + 6/7 \times h > A$
 $(A+B+C) + 18/7 \times h > 3 \times A$
 $18/7 \times h > (3 \times A) - A - B - C$
 $18/7 \times h > (2 \times A) - B - C (=2(A-B))$
 $9/7 \times h > A - B$
 $(A-B)/h < 9/7 (=1,28571)$

Voorbeeld 3

drieliijnrotatiekruising ABC.3 $\rightarrow (A-C) = 2,2$ (A-B)
 drieliijnrotatiekruising ABC.3 > zuiver lijnfokkerij A

$$(A+B+C)/3 + 6/7 \times h > A$$

$$(A+B+C) + 18/7 \times h > 3 \times A$$

$$18/7 \times h > (3 \times A) - A - B - C$$

$$18/7 \times h > (A-B) + 2,2(A-B)$$

$$18/7 \times h > 3,2(A-B)$$

$$(A-B)/h < (18/7)/3,2 (= 0,80357)$$

Uit voorbeeld 2 en 3 blijkt dat beide waarden kloppen met de figuur, al dient wel opgemerkt te worden dat Bennett bij beide uitkomsten waarschijnlijk een afrondingsfout heeft gemaakt.

Volgens Bennett (1987) geven deze drie drieliijnrotatiekruisingen (zie figuur 1) een hoger genetisch niveau dan een tweeliijnrotatiekruising AB, als het verschil tussen de beide beste lijnen kleiner is dan respectievelijk 1,14, 0,52 en 0,34 x heterosis. Voor de tweede waarde wordt de afleiding in voorbeeld 4 gegeven.

Voorbeeld 4

drieliijnrotatiekruising ABC.2 $\rightarrow (A-C) = 1,5(A-B)$
 drieliijnrotatiekruising ABC.2 > tweeliijnrotatiekruising AB

$$(A+B+C)/3 + 6/7 \times h > (A+B)/2 + 2/3 \times h$$

$$2A+2B+2C + 36/7 \times h > 3A+3B + 12/3 \times h$$

$$36/7 \times h - 12/3 \times h > A+B-2C (= -A+B+2(A-C))$$

$$1,14 \times h > -A+B+3A-3B$$

$$1,14 \times h > 2(A-B)$$

$$(A-B) \times h < 0,57143$$

Deze laatste gevonden waarde is niet hetzelfde als die van Bennett (1987). Hij had als uitkomst 0,52 in plaats van 0,57. De afleidingen van beide andere antwoorden zijn wel hetzelfde als die van Bennett.

Kortom, als het verschil tussen de eerste en derde lijn ten opzichte van het verschil tussen de eerste en tweede lijn groter wordt, wordt het traject waarbinnen de drieliijnrotatiekruising de tweeliijnrotatiekruising overtreft kleiner. Met andere woorden: een derde lijn toevoegen aan een tweeliijnrotatiekruising wordt pas interessant indien het genetische niveau van die derde lijn voldoende hoog is. Dit wordt geïllustreerd in voorbeeld 5.

Voorbeeld 5

drieliijnrotatiekruising tweeliijnrotatiekruising

A = 12	A = 12
B = 11	B = 11
h = 2	h = 2

$$C = 7$$

$$\text{gemiddeld niveau drieliijnrotatiekruising} = 10,0 + 0,857 \times 2 = 11,71$$

$$\text{gemiddeld niveau tweeliijnrotatiekruising} = 11,5 + 0,667 \times 2 = 12,83$$

Bij de gegeven genetische niveaus is drieliijnrotatiekruising hier dus minder interessant dan tweeliijnrotatiekruising. Uitgerekend kan worden hoe hoog het niveau van de derde lijn (C) minimaal zal moeten zijn om tweeliijnrotatiekruising te evenaren. Het gemiddelde niveau van de drieliijnrotatiekruising dient dan tenminste gelijk te zijn aan 12,83. Het gemiddelde genetische niveau van de drie lijnen is dan gelijk aan $12,83 - 0,857 \times 2 = 11,12$. Dit komt overeen met een C-niveau van $3 \times 11,12 - 12 - 11 = 10,36$.

Indien het genetisch niveau van de derde lijn hoger is dan 10,36 geeft drieliijnrotatiekruising een hoger genetisch niveau dan tweeliijnrotatiekruising, bij een gegeven heterosis van 2 biggen.

2.3 Heterosis voor worpgrootte

Naar de hoogte van heterosis voor het kenmerk worpgrootte is door verscheidene mensen onderzoek gedaan. Voor een juiste interpretatie van het begrip heterosis is enige uitleg op zijn plaats. Heterosis is het fenomeen dat nakomelingen van twee ouders, die elk tot een verschillende genetische lijn (of ras) behoren beter presteren ten aanzien van een bepaald kenmerk dan nakomelingen van twee ouders van dezelfde lijn. Zo kan door heterosis de groei van gekruiste vleesvarkens beter zijn dan zuivere lijn vleesvarkens. We spreken hierbij van individuele heterosis: het gekruiste vleesvarken is zelf genetisch beter doordat het gekruist is.

Heterosis kan verklaard worden door dominantie-interacties tussen verschillende allelen van hetzelfde gen, maar het zou te voeren om dit hier uitgebreid te bespreken.

Bij worpgrootte is de situatie gecompliceerder dan voor groei, omdat worpgrootte van twee genotypen afhangt. Dit zijn het genotype van de zeug die de worp voortbrengt (bijvoorbeeld het aantal geövuleerde eicellen of de baarmoedercapaciteit) en het genotype van de biggen in de worp (bijvoorbeeld het vermogen van de biggen om in de baarmoeder te overleven). Voor beide kenmerken kan zich heterosis voordoen als de betreffende genotypen gekruist zijn. Zo kan de worpgrootte van een NL-zeug die gepaard wordt met een GY_z-beer groter zijn dan de worpgrootte van een NL-zeug die gepaard wordt met een NL-beer, doordat de biggen gekruist zijn en daarom (mogelijk) beter overleven. Dit is individuele heterosis van de biggen.

De worpgrootte van een gekruiste zeug is echter meestal ook groter dan die van een zuivere-lijn zeug (ongeacht de beer waarmee gepaard wordt). Dit komt door de individuele heterosis van de zeug. In een driewegkruising (gekruste zeug wordt gepaard met een beer van een derde ras) doen zich beide vormen van heterosis (in de biggen en in de zeug) samen voor.

Vaak wordt bij een kenmerk als worpgrootte geredeneerd vanuit de biggen. Men spreekt van individuele of directe heterosis (doordat de biggen gekruist zijn) en van maternale of indirecte heterosis (doordat de moeder van de biggen gekruist is). Indien worpgrootte als kenmerk van de moeder wordt beschouwd, noemen we deze zelfde heterosis, die vanuit de big als maternale heterosis moet worden gedefinieerd, individuele heterosis. In de literatuur komen beide redeneringen voor. Daarom spreken we hier van h^b als het om heterosis in de biggen gaat en van h^m als het om heterosis in de moeder gaat.

Dit onderzoek is gericht op de heterosis die veroorzaakt wordt door het gekruist zijn van de moeder. Doordat biggen van een gekruiste moeder zelf ook altijd in zekere mate een kruisingsproduct zijn, hebben we bij worpen van gekruiste moeders altijd te maken met zowel h^m als h^b , die samen de worpgrootte beïnvloeden. In dit onderzoek is gedaan alsof de worpgrootte qua heterosis alleen door h^m beïnvloed wordt. Er is dus

geen onderscheid gemaakt naar de mate van gekruist zijn van de worpen.

Sellier (1976) geeft een overzicht van de verschillende vormen van heterosis. Op basis van gewone en reciproke kruisingen vindt hij gemiddeld 11% heterosis. Deze is opgebouwd 8% (0,75 big) maternale heterosis (h^m) van een gekruiste zeug en 3% (0,30 big) individuele heterosis (h^b) (dankzij een beer van een derde lijn). Sellier stelt dat deze cijfers slechts een aanwijzing zijn voor de mate van heterosis, omdat de waarden voor heterosis bepaald in praktijkproeven sterk kunnen variëren.

Door Schneider et al. (1982) is gekeken naar individuele heterosis, maternale heterosis en lijneffecten. Deze werden geschat met behulp van Least Squares Means op basis van gegevens van 137 zuivere lijn- en 376 enkelvoudig gekruiste dieren. Daarnaast waren er gegevens van 248 FI-dieren, die teruggekruist waren met de vaderlijn, en 304 F1-dieren, die waren teruggekruist met de moederlijn. Deze worpen kwamen voort uit de lijnen Chester White, Duroc, Hampshire en Yorkshire. De individuele heterosis (h^b) bij spenen varieerde van -0,58 tot 0,77 big (niet significant). De maternale heterosis (h^m) voor worpgrootte (levend geboren) werd geschat op 10,3% ($p < 0.01$). Dit kwam overeen met 0,95 big. Bij spenen was de maternale heterosis voor worpgrootte gedaald tot 7,7% (niet significant) (Schneider et al., 1982).

Quintana en Robison (1983) onderzochten kruisingssystemen in de zeugenhouderij. Het doel van het onderzoek was het schatten van genetische parameters. Gegevens van zuivere lijn-, tweeweg- en driewegkruisingen en reciproke kruisingen van Duroc, Hampshire, Landras en Yorkshire lijnen werden gebruikt voor het schatten van additief genetische effecten en directe en maternale heterosiseffecten voor onder andere worpgrootte bij het spenen. De data waren verkregen uit een onderzoek, dat gedurende 1968 tot 1978 op verscheidene plaatsen in Amerika en Canada plaatsvond. Schattingen werden gedaan met behulp van gewogen Least Squares procedures. De individuele heterosis (h^m) voor worpgrootte bij spenen

voor de diverse typen gekruiste zeugen varieerde van 0,45 tot 2,21 meer biggen per worp. De gemiddelde heterosis van gekruiste biggen op de worpgrootte (h^b) was 13,1%, overeenkomend met 0,88 gespeende big (Quintana en Robison, 1983).

Worpgrootte, sex ratio, groei en overleving van Duroc, Hampshire en Yorkshire zijn onderzocht door Hale et al. (1986). Data van 3.426 biggen, geboren in 324 worpen, werden geanalyseerd ter vergelijking van drie fokkerijsystemen, namelijk zuivere lijnfokkerij, tweewegkruising en drielinrotatiekruising. Hale et al. (1986) vonden over de jaren heen geen verschillen in worpgrootte voor de verschillende kruisingen. Ze vonden wel significante verschillen in het geboortegewicht en een sterke negatieve correlatie tussen geboortegewicht en worpgrootte. Hieruit kun je voorzichtig concluderen dat de rotatiezeugen (met een significant veel lager geboortegewicht) grotere worpen lijken te produceren dan de zuivere lijnen. Voor worpgrootte

werd in dit onderzoek geen heterosis gevonden (Hale et al., 1986).

Buchanan et al. (1987) deden onderzoek naar zeugenproductiekenmerken voor vier zeugenlijnen in zuivere lijn- en gekruiste worpen. Voor het onderzoek waren gegevens verzameld van 366 worpen, geproduceerd in een vierwegkruisingssysteem (Duroc, Yorkshire, Spotted en Landras). Zuivere lijnen en gekruiste worpen werden geboren gedurende vijf achtereenvolgende kraamperiodes. Worpen werden geproduceerd door het kruisen van beren van een bepaalde lijn met tenminste één zeug van iedere lijn. Bij het onderzoek werd onder andere gekeken naar worpgrootte bij geboorte en worpgrootte na 42 dagen. De gemiddelde heterosis (h^b) voor worpgrootte was 11,1% (Buchanan et al., 1987).

Een overzicht van de resultaten van de schattingen voor worpgrootte staat weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Overzicht van enkele heterosis-schattingen voor worpgrootte

Bron	Jaar	Meetmoment	Soort heterosis ¹	Schatting van heterosis voor worpgrootte
Buchanan et al.	1987	geboorte en 42 dagen	h^b	11,1%
Hale et al.	1986	geboorte	$h^m + h^b$	0%
Quintana en Robison	1983	spenen	h^b	13,1%
Schneider et al.	1982	geboorte	h^m	10,3%
Sellier	1976	geboorte	$h^m + h^b$	11,0%

¹: h^b : heterosis door gekruist zijn van de big, h^m : heterosis door gekruist zijn van de zeug.

3 MATERIAAL EN METHODE

3.1 Schatten van additief genetische effecten en heterosiscomponenten

Voor het schatten van de additief genetische effecten en de heterosiscomponenten voor de kenmerken “totaal aantal geboren biggen” (TGB) (= LGB + aantal doodgeboren biggen + aantal mummies) en “aantal levend geboren biggen” (LGB) moeten niveaus van zeugen van de verschillende kruisingstypen en bij voorkeur ook van zuivere lijnen bekend zijn. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen (PV) wordt een drielinrotatiekruising toegepast. De drie gebruikte rassen zijn Nederlands Landvarken (N), Fins Landvarken (F) en Groot Yorkshire zeugenlijn (Y). Er is in 1987 begonnen met het kruisen van N met F(YN). Ongeveer 10% van de N(FYN)-zeugen is gekruist met Y, de overige 90% N(FYN)-zeugen zijn gekruist met een eindbeer, et cetera. Van de gebruikte rassen waren geen zuivere lijnen op het PV aanwezig, behalve van N. De (kleine) N-zeugenpopulatie speelde echter geen rol bij de rotatiekruising op het PV, doch diende als fokkern voor de productie van DN-zeugen (D = Duroc). Gedurende de eerste jaren bestond de zeugenstapel op het PV uit circa 50% rotatie-, 40% DN- en 10% N-zeugen.

De ontwikkeling van de rotatiekruising voor de vermeerderingszeugen is als volgt:

$N_{\sigma} \times F(YN)_{\phi}$
 $Y_{\sigma} \times N(FYN)_{\phi}$
 $F_{\sigma} \times Y(NFYN)_{\phi}$
 et cetera

Er waren in dit onderzoek worpgegevens van zes zeugtypen beschikbaar, namelijk N, F(YN), N(FYN), Y(NFYN), F(YNFY) en N(FYNFY). Een zeugtype geeft aan welke lijnen in welke mate in een dier voorkomen. De eerste letter geeft het ras van de vader weer. De daarop volgende letters representeren de lijnsamenstelling van de moeder. Voor het zeugtype N geldt dat zowel de vader als de moeder 100% N bevat.

In de dataset zijn er meerdere worpen per zeug. Oorspronkelijk zaten er 6.450 records in de dataset, verkregen in de periode van 1987 tot 1994. Ongeveer 10% van deze worpen heeft een zeugenlijnbeer als vader. Bij de overige 90% is de vader een eindbeer. Worpen van niet-rotatiezeugen en worpen die buiten genoemde periode vallen zijn uit de gegevensset verwijderd. Dit resulteerde in 4.650 bruikbare records. De frequenties van zeugtypen, pariteiten en perioden in deze records staan weergegeven in de tabellen 4, 5 en 6.

Worpen uit een zeug met pariteit 8 of hoger zijn samengevoegd in één klasse, pariteit ≥ 8 , zodat het aantal records redelijk verdeeld

Tabel 4: Aantal worpen per zeugtype.

Zeugtype	N	FYN	NFYN	YNFY	FYNFY	NFYNFY
Aantal worpen	283	869	1.212	1.101	855	330

Tabel 5: Aantal worpen per pariteit.

Pariteit	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
Aantal worpen	1.233	901	710	561	427	311	231	276

Tabel 6: Aantal worpen per periode (2 = 2e kwartaal 1987, 31 = 3e kwartaal 1994).

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aantal worpen	24	115	130	109	97	138	116	139	136	136
Periode	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Aantal worpen	143	143	149	139	175	50	-	201	190	236
Periode	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Aantal worpen	202	225	204	208	231	212	198	220	188	196

is over de verschillende pariteitsklassen. Een periode stelt een kwartaal voor. De telling van de perioden begint in het eerste kwartaal van 1987 en gaat door tot het laatste kwartaal van 1994. Omdat in periode 32 slechts drie waarnemingen aanwezig zijn, is periode 32 samengevoegd met periode 31. Hierdoor zijn de data ook redelijk evenwichtig verdeeld over de perioden. Van periode 18 zijn geen en van periode 17 zijn weinig gegevens opgenomen wegens optreden van PRRS (Porcine respiratory and reproduction syndrome, ofwel Abortus Blauw). PRRS beïnvloedt de worpresultaten en de dekkingsresultaten.

In theorie wordt de worpgrootte bepaald door de moeder, de vader (via het bevruchtend vermogen), de genetische aanleg van de big (helft van beide ouders) en eventuele interacties hiertussen. Bij de analyse van worpgrootte is echter aangenomen dat dit kenmerk alleen door de moeder wordt beïnvloed. Mogelijke lijneffecten van de gebruikte vader zijn buiten beschouwing gelaten, omdat deze waarschijnlijk geen significant effect hebben op de worpgrootte van de rotatiezeug. Zie verder discussie 6.1.2.

3.1.1 Schatten van de additief genetische effecten en de gemiddelde heterosis
In de dataset van het PV zijn additief genetische effecten en heterosis geschat, waarbij gecorrigeerd is voor pariteit- en periode-effecten (SAS, 1985). De modellen voor de heterosis-schatting van zeugenkenmerken zijn gebaseerd op de modellen van

Dickerson (1969, geciteerd door Ehrhardt-Dziambor et al., 1993). In algemene vorm kan het model weergegeven worden als:

$$y_{ijk} = \mu + \text{pariteit}_i + \text{periode}_j + (a_1 \times gF + a_2 \times gY + a_3 \times gN)_k + (b_1 \times h_{FY} + b_2 \times h_{FN} + b_3 \times h_{YN})_k + e_{ijk} \quad (\text{Model 1})$$

y_{ijk}	= totaal aantal geboren biggen (TGB), aantal levend geboren biggen (LGB) of aantal niet levend geboren biggen (NLGB) van de k-de zeug met de i-de pariteit in de j-de periode
μ	= algemeen niveau
pariteit_i	= pariteit (1-8)
periode_j	= driemaandse periode (2-31)
a_1, a_2, a_3	= regressiecoëfficiënt ... y_{ijk} op respectievelijk gF, gY en gN
gF, gY, gN	= additief genetisch aandeel van respectievelijk Fins Landras, Yorkshire en Nederlands Landras in zeug k
b_1, b_2, b_3	= regressiecoëfficiënt van y_{ijk} op resp. h_{FY}, h_{FN} en h_{YN}
h_{FY}, h_{FN}, h_{YN}	= heterosiscomponent tussen resp. F Y, F N en Y N
e_{ijk}	= errorterm

In matrixnotatie kan het deel uit model 1 met de regressiecoëfficiënten a en b voor de verschillende typen zeugen als volgt worden weergegeven:

variabelen waarop geregressed wordt

zeugtype	g(F)	g(Y)	g(N)	h_{FY}	h_{FN}	h_{YN}	
N	0	0	1	0	0	0	a_1
FYN	1/2	1/4	1/4	1/2	1/2	0	a_2
FYN	1/4	1/8	5/8	0	1/2	1/4	a_3
YNYFY	1/8	9/16	5/16	1/4	0	5/8	b_1
FYNYFY	9/16	9/32	5/32	9/16	5/16	0	b_2
NYNYFY	9/32	9/64	37/64	0	9/16	9/32	b_3

De regressiecoëfficiënt a_1 geeft bijvoorbeeld aan hoeveel de afhankelijke variabele y_{ijk} verandert bij verandering van één eenheid gF, dus bijvoorbeeld de verandering van nul gF naar één gF. Dit is precies het "effect" van gF. Als het aandeel gF echter toeneemt, dan moet het aandeel gY en/of gN tegelijk afnemen, want het totaal van deze aandelen is 1. De kolommen voor gF, gY en gN tellen dus op tot 1, en dit is gelijk aan de (boven niet weergegeven) kolom voor μ . Deze volledige afhankelijkheid betekent dat het effect van gF niet "zuiver" (schoon) kan worden geschat.

Dit probleem is opgelost door in model 1 de term $a_3 \times gN$ weg te laten. Daarmee wordt het algemene niveau van y_{ijk} (dus μ) op het gemiddelde van het Nederlands Landras gezet (bij de gemiddelde pariteit en de gemiddelde periode). Dit is te zien door een waarneming y_{ijk} aan een N-zeug te schatten. In dat geval zijn gF, gY en alle drie de heterosiscomponenten gelijk aan nul, en is μ de schatting voor deze waarneming. In plaats van gN had ook een ander ras weggelaten kunnen worden, maar N is gekozen omdat er ook zuiver N in de dataset zit.

Door deze procedure wordt het additief genetisch niveau van N direct geschat en geeft bijvoorbeeld a_1 aan hoeveel y_{ijk} verandert bij verandering van één eenheid van het aandeel gF (in theorie ten koste van het aandeel gN en onder gelijk blijven van het aandeel gY). De regressiecoëfficiënt a_1 geeft dus aan wat het effect is van vervanging van gN door gF. Evenzo geeft a_2 aan wat het effect is van vervanging van gN door gY.

Tijdens de analyses bleek dat de datastructuur nog een tweede afhankelijkheid her-

bergt. Deze is moeilijk te zien, maar het blijkt dat bij dit beperkte aantal zeugtypen de kolom voor gF steeds gelijk is aan viermaal de kolom voor h_{FY} plus viermaal de kolom voor h_{YN} minus zesmaal de kolom voor gY. In bijlage 1 is aangegeven dat deze afhankelijkheid bij voortzetting van de rotatiekruising met volgende zeugtypen verdwijnt. Deze afhankelijkheid is in de analyse opgeheven door de regressie niet op de drie afzonderlijke heterosiscomponenten uit te voeren, maar op hun som. De kolommen voor h_{FY} , h_{FN} en h_{YN} worden dus bij elkaar opgeteld tot een nieuwe kolom, waardoor het gemiddelde heterosiseffect van de drie componenten ineens geschat wordt. Het uiteindelijk gebruikte model is dus:

$$y_{ijk} = \mu + \text{pariteit}_i + \text{periode}_j + (a_1 \times gF + a_2 \times gY)_k + b \times h_{\text{gem}} + e_{ijk} \quad (\text{Model 2})$$

Zie model 1 voor de betekenis van de verschillende parameters.

De nieuwe regressiecoëfficiënt b geeft aan hoe y_{ijk} verandert bij toename van de gemiddelde heterosis (h_{gem}) van nul tot één. Van deze gemiddelde heterosis is overigens maar 85,7% (om precies te zijn 6/7) aanwezig bij een drielijsrotatiekruising die in evenwicht is.

3.1.2 Schatten van de afzonderlijke heterosiscomponenten

Zoals in 3.1.1 is aangegeven, is het in de huidige dataset onmogelijk om aparte heterosiscomponenten zuiver te schatten. Indien van meer, liefst sterk verschillende zeugty-

pen, data aanwezig zijn kunnen de afzonderlijke heterosiscomponenten wel zuiver geschat worden. Zo'n situatie is benaderd door als het ware een nieuwe dataset te maken bestaande uit gecorrigeerde gemiddelden voor de zes zeugtypen, met daaraan toegevoegd gecorrigeerde gemiddelden van F- en Y-zeugen, afkomstig van het Nederlands Varkensstamboek (Stamboek). Het Stamboek schat routinematig, met behulp van het animal model BLUP (programma PEST), de niveaus voor TGB van de zuivere lijnen F, Y en N. Dit betreft schattingen op basis van pariteit een tot en met vier van gekruiste tomen en niet-gekruiste tomen. Deze niveaus zijn echter niet zomaar hier te gebruiken, omdat het Proefstation voor de Varkenshouderij (PV) mogelijk niet representatief is voor de gemiddelde Stamboek-bedrijven. Daarom zijn met het onderstaande model eerst de niveaus voor TGB van de zes zeugtypen op het PV geschat, na correctie voor pariteit en periode.

$$y_{ijkl} = \mu + \text{pariteit}_j + \text{periode}_k + \text{zeugtype}_k + e_{ijkl} \quad (\text{Model 3})$$

Hierin is, in aanvulling op model 1:

$$y_{ijkl} = \text{gemiddeld aantal geboren biggen (TGB) van de 1-de zeug}$$

$$\text{zeugtype}_k = \text{van het k-de zeugtype met de i-de pariteit in de j-de periode}$$

$$N = 1 \text{ t/m NFYFYN} \\ = 6)$$

$$e_{ijkl} = \text{errorterm}$$

De gecorrigeerde gemiddelden van TGB (met behulp van model 3) staan weergegeven in tabel 7.

Aan de niveaus voor de zes zeugtypen worden de niveaus van F en Y van het Stamboek toegevoegd, na correctie voor het verschil tussen het niveau van N bij het Stamboek en bij het PV (zie tabel 8).

Het verschil tussen de N van het Stamboek en de N van het PV was 0,52 totaal geboren biggen ten voordele van het PV. Daarom zijn ook de Stamboek-schattingen voor F en Y met 0,52 verhoogd, zoals te zien is in tabel 8. Aldus is een nieuwe "dataset" ontstaan, bestaande uit acht gemiddelden, die elk verklaard kunnen worden door verschillende aandelen genen van de drie lijnen en verschillende bijdragen van de drie heterosiscomponenten.

Op basis van deze dataset zijn, met behulp van de GLM-procedure in SAS, de additief genetische effecten op TGB van F, Y en N

Tabel 7: Least Squares Means volgens model 3 voor totaal aantal geboren biggen (TGB), weergegeven per zeugtype.

Zeugtype	TGB
N	10,95
FYN	11,94
NFYN	11,13
YNFY	11,39
FYNYFY	11,31
NFYNYFY	11,59

Tabel 8: Schattingen voor totaal aantal geboren biggen (TGB) op basis van PEST en SAS.

Zeugtype	PEST-schattingen (Stamboek-data)	Gebruikte schattingen	Verskil tussen schattingen
N	10,43	10,95	0,52
F	10,88	11,40	(0,52)
Y	10,81	11,33	(0,52)

geschat, alsmede de drie afzonderlijke heterosiscomponenten (SAS, 1985). Dit is uitgevoerd aan de hand van model 4.

$$y_k = \mu + [a_1 \times g(F) + a_2 \times g(Y) + b_1 \times h_{FY} + b_2 \times h_{FN} + b_3 \times h_{YN}]_k + e_k \quad (\text{Model 4})$$

Zie model 1 voor de betekenis van de parameters in het model.

3.2 Evaluatie van rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij

Algemene managementaspecten van rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij zijn geëvalueerd door middel van het enquêteren van varkenshouders, die dit systeem toepassen op hun bedrijf. Op dit moment is dit slechts een klein aantal bedrijven. Het enquêteren is uitgevoerd met de hulp van twee fokkerij-organisaties, waarvan bekend was dat ze rotatiekruising toepasten: Cofok en het Nederlands Varkensstamboek. Onder de respondenten waren 18 Cofokbedrijven, 10 bedrijven van het Zuid-Nederlands Varkensstamboek en 3 van het Noord-Nederlands Varkensstamboek. De laatste twee groepen zijn samengevoegd tot de groep Stamboekbedrijven.

Aan de hand van literatuurstudie en een gesprek met Dhr. Van Steenberg van Cofok zijn belangrijke aspecten voor het toepassen van rotatiekruising op een rij gezet. Deze informatie is gebruikt voor het opstellen van de enquête. De enquêtes voor Cofok- en Stamboekbedrijven zijn iets verschillend omdat de organisatiestructuur van beide fokkerij-instellingen verschillend zijn. Beide enquêtes zijn opgenomen in de bijlagen (bijlage 2 en 3).

De verwerking van de enquête is eenvoudig gehouden, omdat het slechts om kleine aantallen bedrijven gaat die rotatiekruising toepassen. De verwerking van de meeste vragen komt neer op het tellen van het aantal bedrijven dat een bepaalde antwoordmogelijkheid heeft gegeven. Vragen, waarbij een rangorde aangegeven dient te worden bij de verschillende antwoordmogelijkheden, zijn als volgt verwerkt. Ten eerste is het aantal keren dat een antwoordmogelijkheid is gegeven geteld (n). Daarna zijn de ingevulde rangordes van een bepaalde antwoordmogelijkheid gesommeerd en gedeeld door (n), om zodoende de gemiddelde rangorde te verkrijgen. In de tabellen zijn de antwoorden op deze vragen gegeven in volgorde van het aantal keren dat het antwoord genoemd is.

4 RESULTATEN

4.1 Schattingen van additief genetische effecten en heterosiscomponenten

In deze paragraaf worden de resultaten gepresenteerd van schattingen van de genetische niveaus en de heterosiscomponenten. Eerst wordt naast de genetische niveaus de schatting van de gemiddelde heterosis weergegeven. Daarna worden de resultaten van de schatting van de afzonderlijke heterosiscomponenten beschreven.

4.1.1 Algemene gemiddelden per zeugtype, pariteit en periode

In deze paragraaf staan in de tabellen 9, 10 en 11 verdelingen over respectievelijk zeugtypen, pariteiten en perioden weergegeven. Verder zijn gemiddelde TGB's en LGB's gegeven, welke zijn geschat volgens model 3. Tevens staat in de tabellen het kenmerk aan-

tal niet-levend geboren biggen (NLGB) weergegeven. NLGB is het verschil tussen TGB en LGB.

In deze dataset zijn de meest voorkomende typen NFYN en YNFYN. Samen vertegenwoordigen ze 49,8% van de worpen uit de rotatiekruising, die op het PV zijn voortgebracht. De samenstelling van de zeugenstapel zal echter in de loop van de tijd verschuiven. Het aandeel FYN zal daardoor afnemen en het aantal FYNFYN en NFYNFYN zal verder toenemen. FYN is het zeugtype met de hoogste TGB en LGB (tabel 9).

NLGB, het verschil tussen TGB en LGB, is gedefinieerd als de som van het aantal doodgeboren biggen en het aantal mummies. Het grootste deel van de worpen bestaat uit eerste pariteits-worpen. Het per-

Tabel 9: Aantal worpen, percentage van totaal aantal worpen en Least Squares Means volgens model 3 voor totaal aantal geboren biggen (TGB), aantal levend geboren biggen (LGB) en aantal niet-levend geboren biggen (NLGB), weergegeven per zeugtype.

Zeugtype	Aantal worpen	% van totaal aantal worpen	TGB	LGB	NLGB
N	283	6,1	10,95	10,08	0,87
FYN	869	18,7	11,94	11,03	0,91
NFYN	1.212	26,1	11,13	10,38	0,75
YNFYN	1.101	23,7	11,39	10,45	0,94
FYNFYN	855	18,4	11,31	10,44	0,87
NFYNFYN	330	7,1	11,59	10,80	0,79

Tabel 10: Aantal worpen, percentage van totaal aantal worpen en Least Squares Means volgens model 3 voor totaal aantal geboren biggen (TGB), aantal levend geboren biggen (LGB) en aantal niet-levend geboren biggen (NLGB), weergegeven per pariteit.

Pariteit	Aantal worpen	% van totaal aantal worpen	TGB	LGB	NLGB
1	1.233	26,5	9,73	9,11	0,62
2	901	19,4	10,60	10,02	0,58
3	710	15,3	11,65	11,04	0,61
4	561	12,1	11,77	11,00	0,77
5	427	9,2	12,06	11,22	0,84
6	311	6,7	12,17	11,11	1,06
7	231	5,0	11,86	10,77	1,09
≥8	276	5,9	11,25	9,98	1,27

centage per pariteit neemt af met toename van het pariteitsnummer. Opmerkelijk is de toename in NLGB bij hogere pariteiten (tabel 10). Bij een pariteit van 8 of hoger is het NLGB 1,27. Dit is 11,3% van het totaal aantal geboren biggen.

In tabel 11 worden de gegevens gegroepeerd naar periode. In mei 1987 zijn de eerste worpen uit rotatiezeugen geboren. Dit is de reden voor het kleine aantal worpen in periode 2. Verder valt op dat in periode 18 geen en in periode 17 heel weinig worpen staan weergegeven. De reden is het optreden van PRRS in deze perioden.

4.1.2 Additief genetische effecten en de gemiddelde heterosis

In tabel 12 zijn de resultaten weergegeven van de schattingen van de regressiecoëfficiënten voor TGB uit model 2. In dit model is heterosis als gemiddelde van de drie componenten opgenomen.

Uit tabel 12 valt op te maken dat het additief genetisch effect van het Yorkshire-ras ten opzichte van het Nederlands Landras het grootst is, namelijk 0,28. Dit getal dient als volgt geïnterpreteerd te worden: wanneer het aandeel Yorkshire in een zeugtype toeneemt van 0 naar 100% bij een afname van Nederlands Landras in dat zeugtype van

Tabel 11: Aantal worpen, percentage van totaal aantal worpen en Least Squares Means volgens model 3 voor totaal aantal geboren biggen (TGB), aantal levend geboren biggen (LGB) en aantal niet-levend geboren biggen (NLGB), weergegeven per periode.

Periode	Aantal worpen	% van totaal aantal worpen	TGB	LGB	NLGB
2	24	05,	10,55	9,55	1,0
3	115	2,5	11,47	10,54	0,93
4	130	2,8	10,78	10,10	0,68
5	109	23,	11,31	10,54	0,77
6	97	21,	10,66	9,97	0,69
7	138	30,	10,84	10,15	0,69
8	116	25,	0,79	10,05	0,74
9	139	3,0	1,59	10,69	0,90
10	136	2,9	0,63	9,83	0,80
11	136	2,9	0,71	9,63	1,08
12	143	31,	0,95	10,21	0,74
13	143	31,	0,99	10,04	0,95
14	149	32,	1,05	9,97	1,08
15	139	3,0	10,61	9,79	0,82
16	175	3,8	11,45	10,60	0,85
17	50	1,1	11,02	10,21	0,81
19	201	4,3	11,78	11,00	0,78
20	190	4,1	11,83	10,90	0,93
21	236	5,1	12,42	11,50	0,92
22	202	4,3	12,15	11,47	0,68
23	225	4,8	11,70	10,75	0,95
24	204	4,4	12,06	11,20	0,86
25	208	4,5	11,79	11,11	0,68
26	231	5,0	11,92	11,09	0,83
27	212	4,6	11,35	10,51	0,84
28	198	4,3	12,20	11,29	0,91
29	220	4,7	12,29	11,32	0,97
30	188	4,0	11,62	10,74	0,88
31	196	4,2	11,66	10,68	0,98

100% naar 0, stijgt TGB met 0,28. Dit effect wijkt overigens, evenals het effect van F, niet significant af van 0. De reden voor het niet-significant zijn van beide schattingen is de hoge standaardfout. Deze standaardfouten zijn weliswaar ongeveer gelijk aan de andere standaardfouten in de tabel, maar door de lage schattingswaarden van F- en Y-effecten, in tegenstelling tot die van het niveau en de gemiddelde heterosis, resulteert dit in niet significante schattingen. Het additief genetisch niveau van het Yorkshire-ras is gelijk aan $10,84 + 0,28 = 11,12$.

Het additief genetisch effect van het Fins Landras heeft een waarde van 0,23. Het additief genetisch niveau van Fins Landras is dus 11,07. De schatting van de regressiecoëfficiënt van TGB op de gemiddelde heterosis levert een waarde op van 0,74. Dit houdt in dat TGB stijgt met 0,74 ten opzichte van het additief genetisch niveau van het zeugtype, wanneer er 100% heterosis optreedt. Echter wanneer we bijvoorbeeld het zeugtype NFYNFYN in de matrix van paragraaf 3.1. bekijken, dan krijgen we voor h_{gem} de waarde $9/16 + 9/32 = 27/32$. Dit betekent dat dit zeugtype een heterosis vertoont van $27/32$ maal de geschatte 100%-heterosiswaarde uit tabel 12.

Dit komt overeen met $27/32 \times 0,74 = 0,62$ stijging van TGB als gevolg van heterosis voor dit zeugtype.

Tabel 13 laat de resultaten zien van schattingen van de regressiecoëfficiënten voor LGB uit model 2. Heterosis is weer als gemiddelde in het model opgenomen. Uit tabel 13 blijkt dat de invloed van Fins Landras en Yorkshire in een zeugtype in plaats van de zuivere N-lijn een vermindering geeft in LGB van respectievelijk 0,01 en 0,27 big. Het niveau is geschat op 9,48. Schatting van regressie op heterosis levert een waarde op van 0,96. De effecten van F en Y, weergegeven in tabel 13, zijn overigens niet significant. Dit heeft dezelfde reden als bij tabel 12.

Opvallend is het sterk negatieve effect van Yorkshire op LGB. Het verschil tussen de lijnniveaus uit de tabellen 12 en 13 geeft NLGB. Deze is het hoogst geschat voor het Yorkshire-ras, namelijk 1,91. Voor Fins Landras en Nederlands Landras zijn deze waarden respectievelijk 1,60 en 1,36.

Aan de hand van model 2 is het verband tussen pariteit en NLGB met behulp van de

Tabel 12: Schattingen volgens model 2 van niveau, additief genetische effecten van Fins Landras (F) en Yorkshire (Y) en gemiddelde heterosis voor het kenmerk totaal aantal geboren biggen (TGB), overschrijdingskans (p) en standaardfout.

regressiecoëfficiënt	schatting	p	standaardfout
Niveau (N-lijn)	10,84	0,000	0,32
Regressie op F	0,23	0,536	0,37
Regressie op Y	0,28	0,454	0,37
Regressie op h_{gem}	0,74	0,028	0,34

Tabel 13: Schattingen volgens model 2 van niveau, additief genetische effecten van Fins Landras (F) en Yorkshire (Y) en de gemiddelde heterosis voor het kenmerk aantal levend geboren biggen (LGB), overschrijdingskans (p) en standaardfout.

regressiecoëfficiënt	schatting	p	standaardfout
Niveau (N-lijn)	9,48	0,000	0,31
Regressie op F	-0,01	0,988	0,36
Regressie op Y	-0,27	0,450	0,36
Regressie op h_{gem}	0,96	0,003	0,33

GLM-procedure in SAS geanalyseerd (SAS, 1985). In het model staat y_{ijk} voor het verschil tussen TGB en LGB, ofwel de NLGB. Ook zijn de additief genetische effecten van F en Y en de gemiddelde heterosis voor NLGB geschat, waarbij gecorrigeerd is voor pariteit- en periode-effecten. Toenemende pariteit ging gepaard met significant hogere NLGB. NLGB werd niet significant beïnvloed door periode-effecten. Lijneffecten en heterosis voor NLGB staan weergegeven in tabel 14. Het verschil tussen de niet-afgeronde schattingen van TGB uit tabel 12 en LGB uit tabel 13 is gelijk aan het directe resultaat voor NLGB in tabel 14.

Het Yorkshire-ras heeft als enige lijn een significant verhogend effect op NLGB ten opzichte van lijn N. Meer F in een zeug gaat ook gepaard met een hogere NLGB ten opzichte van N, alhoewel dit effect niet significant is. Op basis van deze gegevens zou het zeugtype met het grootste aandeel Yorkshire, YNFYN, het grootste NLGB moeten hebben. Aan de hand van tabel 9 kan deze stelling gecontroleerd worden. Bij analyse van NLGB per zeugtype blijkt deze

inderdaad het hoogst voor het zeugtype YNFYN.

4.1.3 Afzonderlijke heterosiscomponenten
In tabel 15 zijn de schattingen van de regressiecoëfficiënten uit model 4 weergegeven. Er kunnen alleen schattingen voor het kenmerk TGB worden gegeven. De gemiddelde heterosis is opgesplitst in de afzonderlijke heterosiscomponenten tussen Fins Landras en Yorkshire, Fins Landras en Nederlands Landras en Yorkshire en Nederlands Landras.

Het niveau is hierbij geschat op 10,90. Het additief genetisch effect van Fins Landras en Yorkshire is in deze analyse geschat op respectievelijk 0,46 en 0,43. Verder valt op te maken dat de heterosis tussen Fins Landras en Nederlands Landras (0,58) groter is dan de heterosis tussen Fins Landras en Yorkshire (0,23) en Yorkshire en Nederlands Landras (0,13). Alle schattingen uit tabel 15, behalve die van het niveau, zijn echter niet significant. Dit hangt, evenals bij voorgaande schattingen, samen met de standaardfouten van deze schattingen. De schattingen in tabel 15

Tabel 14: Schattingen volgens model 2 van niveau, additief genetische effecten van Fins Landras (F) en Yorkshire (Y) en gemiddelde heterosis voor niet-levend geboren biggen (NLGB), overschrijdingskans (p) en standaardfout.

regressiecoëfficiënt	schatting	p	standaardfout
Niveau (N-lijn)	1,36	0,000	0,15
Regressie op F	0,23	0,168	0,17
Regressie op Y	0,55	0,001	0,17
Regressie op h_{gem}	-0,22	0,158	0,15

Tabel 15: Schattingen volgens model 4 van niveau, effecten van Fins Landras (F) en Yorkshire (Y) en afzonderlijke heterosiscomponenten tussen F en Y, F en N en Y en N voor het kenmerk totaal geboren biggen (TGB), overschrijdingskans (p) en standaardfout.

regressiecoëfficiënt	schatting	p	standaardfout
Niveau (N-lijn)	10,90	0,001	0,36
Regressie op F	0,46	0,462	0,51
Regressie op Y	0,43	0,486	0,51
Regressie op h_{FY}	0,23	0,757	0,63
Regressie op h_{FN}	0,58	0,429	0,59
Regressie op h_{YN}	0,13	0,855	0,63

zijn systematisch hoger dan die in tabel 12. Hier wordt in de discussie op ingegaan.

4.2 Enquêteresultaten bedrijven met rotatiekruising

De meeste bedrijven met rotatiekruising hebben meer dan 200 zeugen. Het Stamboek gebruikt voornamelijk Fins Landras, Yorkshire en Nederlands Landras in haar rotatieprogramma. Door Cofok worden de drie landrassen Nederlands, Fins en Noors Landras, ingezet. Het percentage zeugen dat wordt gebruikt voor de productie van moederdieren schommelt gemiddeld rond 10%. Het uitvalsperscentage zeugen per jaar ligt tussen de 40 en 50%.

Uit tabel 16 valt op te maken dat voor het succesvol toepassen van rotatiekruising nauwkeurige identificatie, registratie en administratie van de dieren, voldoende en goede opfokgelegenheid en interesse in de fokkerij belangrijke vereisten zijn voor bedrijf en varkenshouder.

Redenen om met rotatiekruising te beginnen zijn de geringere kans op ziekte-insleep, het financiële voordeel ten opzichte van de aankoop van opfokzeugen en de toenemende selectiemogelijkheden. In tabel 17 staan de redenen voor Cofokbedrijven weergegeven. Tabel 18 geeft de redenen voor Stamboekbedrijven weer.

In de tabellen 19 en 20 is onderscheid gemaakt naar de nadelen van rotatiekruising voor respectievelijk Cofok- en Stamboekbedrijven. De fokkerijbijproducten vormen een belangrijk nadeel van het toepassen van rotatiekruising. Andere nadelen zijn de afname in uniformiteit van zowel de zeugen als de vleesvarkens en de moeilijkere planning van vervanging van zeugen.

Op Cofokbedrijven werden de meeste bijproducten van de rotatiekruising op het bedrijf zelf afgemest, in tegenstelling tot de Stamboekbedrijven waar de meeste bijproducten via de biggenstroom werden afgezet.

Tabel 16: Voorwaarden voor bedrijf/varkenshouder om succesvol rotatiekruising toe te kunnen passen (n = aantal keren genoemd en r_{gemid} is de gemiddelde rangorde (1 = hoogste rangorde)) voor Cofok- en Stamboekbedrijven samen.

n	r_{gemid}	Vereisten
31	1,6	Nauwkeurige identificatie, registratie en administratie van de dieren op het bedrijf
28	2,4	Goede opfokgelegenheid
23	2,3	Interesse in varkensfokkerij
22	31,	Minimale bedrijfsgrootte
8	33,	Anders

Tabel 17: Redenen voor Cofokbedrijven om te beginnen met rotatiekruising (n = aantal keren genoemd en r_{gemid} is de gemiddelde rangorde (1 = hoogste rangorde)).

n	r_{gemid}	Reden om te beginnen met rotatiekruising
17	1,6	Minder kans op ziekte-insleep
15	2,7	Meer selectiemogelijkheden, omdat gekozen kan worden uit de gehele zeugenstapel
14	1,6	Wilde het bedrijf gesloten hebben
14	3,1	Financieel voordeel, omdat geen opfokzeugen gekocht hoeven te worden
7	3,6	Mogelijkheid om zelf opfokzeugen op te fokken
2	1'	Anders

Tabel 18: Redenen voor Stamboekbedrijven om te beginnen met rotatiekruising (n = aantal keren genoemd en r_{gemid} is de gemiddelde rangorde (1= hoogste rangorde)).

n	r_{gemid}	Reden om te beginnen met rotatiekruising
12	2,1	Financieel voordeliger dan aankoop van opfokzeugen
11	1,7	Minder kans op ziekte-insleep
11	1,8	Meer selectiemogelijkheden, omdat gekozen kan worden uit de gehele zeugenstapel
4	3,3	Anders

Tabel 19: Nadelen van rotatiekruising voor Cofokbedrijven (n = aantal keren genoemd en r_{gemid} is de gemiddelde rangorde (1 = hoogste rangorde)).

n	r_{gemid}	Nadelen rotatiekruising
16	1,4	Bijproducten
10	2,3	Moelijker planning van vervanging zeugenstapel door onregelmatige productie van opfokzeugen
6	2,3	Afname uniformiteit van de vleesvarkens
4	2,3	Afname uniformiteit van de zeugenstapel
3	3,7	Verplicht om zelf opfokzeugen op te fokken
2	5,0	De noodzaak van een goed registratie- en identificatiesysteem
2	5,0	Slechtere technische resultaten van de zeugenstapel
3	1,7	Anders

Tabel 20: Nadelen van rotatiekruising voor Stamboekbedrijven (n = aantal keren genoemd en r_{gemid} is de gemiddelde rangorde (1 = hoogste rangorde)).

n	r_{gemid}	Nadelen rotatiekruising
10	3,8	Afname uniformiteit van met name de zeugen
9	2,8	De noodzaak van een goed registratie- en identificatiesysteem
9	3,4	Bijproducten
8	4,0	Heterosisverlies ten opzichte van een drie- of vierwegkruising
8	4,1	Moelijker planning van vervanging zeugenstapel door onregelmatige productie van opfokzeugen
7	4,9	Het niet beschikbaar zijn van voldoende goede lijnen voor de rotatiekruising
7	6,3	Noodzaak om zelf opfokzeugen op te fokken
6	2,2	Door rotatiekruising dienen zeugenplaatsen opgeofferd te worden voor opfokplaatsen

5 VERGELIJKING ROTATIEZEUG MET F1-ZEUG

Een gesloten bedrijfssysteem is mogelijk door eigen opfok zowel met de rotatiezeug als met de F1-zeug. Een vergelijking tussen beide zeugen is derhalve in dit rapport zeer zinvol. Het is echter moeilijk om aan actuele gegevens te komen om op een verantwoorde manier deze vergelijking te maken. Om echter een indruk te krijgen van de mogelijke verschillen wordt in dit hoofdstuk toch een vergelijking gemaakt. Paragraaf 5.1 gaat in op het verschil in reproductieresultaten. In paragraaf 5.2 wordt aangegeven in welke orde van grootte de economische verschillen liggen.

5.1 Verschillen in reproductieresultaten

Er zijn geen gegevens van vergelijkend onderzoek naar de rotatiekruising en de driewegkruising op vergelijkbare bedrijven beschikbaar. Om toch een vergelijking te kunnen maken tussen de reproductieresultaten van rotatiezeugen en F1-zeugen wordt gebruik gemaakt van een vergelijking tussen meerdere kruisingen in een onderzoek van het Nederlands Varkens Stamboek (Stamboek). Met de resultaten van dit onderzoek wordt een schatting gemaakt van de reproductieresultaten van de kruising van de YN op het PV.

Het Stamboek heeft van een aantal bedrijven (16) waar twee of meer verschillende kruisingstypen aanwezig zijn, in de periode april 1982 tot en met augustus 1987 de gegevens verzameld en geanalyseerd (Knap en van Ham, 1988 en 1989). Het betreft in totaal 3.907 zeugen, met 10.049 (eerste tot en met vierde) worpen. Deze gegevens zijn afkomstig van praktijkbedrijven, zodat het

niet mogelijk is om het kenmerk worpgrootte uit te splitsen naar levend- en doodgeboren biggen, omdat elke varkenshouder deze gegevens anders registreert.

Uit de analyse van de gegevens op worpgrootte (TGB) blijkt dat de verschillen tussen genotypen over bedrijven heen niet significant zijn, omdat de verschillen tussen bedrijven ($p = 0,000$) groter zijn dan de verschillen tussen genotypen ($p = 0,21$). Weliswaar is de interactie tussen genotype en bedrijf in dit onderzoek niet significant ($p = 0,22$), doordat de verschillen tussen de kruisingstypen op zich verschillen van bedrijf op bedrijf; er zijn echter wel trends te onderkennen. Het lijkt erop dat de vergelijking tussen DN en YN in het voordeel van de DN uitvalt op bedrijven met een gemiddeld hoog niveau, en in het voordeel van de YN op bedrijven met kleinere worpen. In tabel 21 staan de TGB's van de verschillende kruisingen.

De resultaten van dit onderzoek zijn gebruikt om een schatting te maken van de reproductieresultaten van FI-zeugen uit de kruising Yorkshire x Nederlands Landras, wanneer deze dieren op het PV gehouden zouden worden. De wijze waarop deze resultaten hiervoor zijn gebruikt staat hierna beschreven. Op basis van de dataset van het PV zijn voor de reproductiekenmerken van de FI-zeugen uit de kruising Duroc x Nederlands Landras de gemiddelde waarden uitgerekend. Deze staan in tabel 22.

Reproductieresultaten van Yorkshire x Nederlands Landras zijn geen gegevens die op het PV aanwezig zijn. Deze reproductieresultaten zijn geschat door de prestatie van

Tabel 21: Vergelijking totaal aantal geboren biggen van F1-zeugen in het Stamboek-onderzoek uit de kruisingen Duroc (D), Fins Landras (F), Yorkshire (Y) en Engels Large White (LW) met het Nederlands Landras (N) (Knap en van Ham, 1988).

Kenmerk	D x N	F x N	Y x N	LW x N
Gemiddeld aantal geboren biggen	91	8,8	94	82
Totaal	2.299'	138	436'	1.034'

Tabel 22: Gemiddelde reproductieresultaten met standaardfouten van F1-zeugen uit de kruising Duroc (D) x Nederlands Landras (N) op het PV.

Kenmerk	D x N	standaardfout
Aantal levend geboren biggen	10,56	2,95
Aantal doodgeboren biggen	0,85	1,52
Aantal gespeende biggen	9,10	2,68

de YN-dieren in het Stamboek-onderzoek te corrigeren voor het verschil in resultaten van DN-dieren uit het Stamboek-onderzoek en DN-dieren op het PV ($10,56 + 0,85 - 9,1 = 2,31$ big meer ten gunste van het PV). Dit kan alleen voor het totaal aantal geboren biggen. Op deze manier wordt de TGB van YN geschat op ($9,4 + 2,31 = 11,71$).

Vergeleken met de resultaten uit tabel 9, waar de worpgrootte varieert van 11,94 tot 11,13, lijkt het aantal levend geboren biggen van de FI-zeug op vergelijkbare hoogte te liggen met het aantal levend geboren biggen van de rotatiezeug. Hierbij zijn twee kanttekeningen te maken. Ten eerste zijn de verschillen tussen genotypen van het onderzoek van het Stamboek niet significant. Bovendien zijn de gebruikte gegevens verzameld in verschillende perioden. Het onderzoek van Knap en van Ham (1988) liep in de jaren 1982 tot en met 1987, terwijl de gegevens over de kruising van DN uit de periode 1987 tot begin 1992 komen. De resultaten van YN liggen nu waarschijnlijk hoger door de verbeteringen in de houderij en fokkerij.

5.2 Verschillen in saldo

In deze paragraaf worden de economische resultaten van de rotatiezeug en de FI-zeug vergeleken. Beide worden bekeken binnen een fokkerijsysteem met gesloten bedrijfsvoering. De verschillen in saldo worden vooral bepaald door de verschillen die ontstaan ten gevolge van het fokkerijsysteem. Het fokkerijsysteem vraagt een bepaald percentage zeugen voor de fokkerij. Deze zeugen produceren verschillend. Bovendien heeft elk systeem zijn eigen soort en aantal fokkerijbijproducten. De opbrengst van fok-

kerijbijproducten is waarschijnlijk meestal lager dan de normale opbrengst van vleesvarkens.

In de rotatiekruising ontstaan bijproducten als gevolg van het insemineren met de zuivere lijnen om de volgende generatie rotatiezeugen te produceren. Dit zijn beren van FR, YR, NR. Voor het bedrijf is ongeveer tien procent nieuwe aanwas aan zeugen nodig. In de rotatiekruising zijn in principe alle zeugen geschikt voor de fokkerij, maar zullen alleen de beste zeugen gebruikt worden. Overigens wordt hier uitgegaan van het systeem zoals het Stamboek dit hanteert. Andere fokkerijorganisaties kiezen voor bijvoorbeeld insemineren met slechts één vaderlijn gedurende een bepaalde periode: dit maakt de selectiemogelijkheid kleiner (omdat een groot deel van de potentiële fokkerij-rotatiezeugen nu met een eindbeer worden geïnsemineerd).

In de FI-kruising ontstaan twee bijproducten, namelijk de raszuivere beren en de beren van de FI. In de FI-kruising wordt tweemaal geselecteerd: in de zuivere lijn en bij de F1-gelten. Dit vraagt een nauwkeurige planning. Op een bedrijf is ongeveer 12,5% van de zeugen voor de fokkerij nodig (Weerts, persoonlijke mededeling). Hiervan wordt 1,5% gebruikt om de zuivere lijn in stand te houden. Deze zeugen worden geïnsemineerd met N. De rest (11%) wordt geïnsemineerd met Y. De resterende zeugen op het bedrijf zijn F1(87,5%).

Het aantal fokkerijbijproducten wordt berekend per fokzeug. Er wordt van uitgegaan dat 100% van de beertjes uit een toom van een fokzeug bijproduct is. Van de zeugjes in de zuivere lijn is 25% in de rotatiekruising en

bij de F1 30% voor de fokkerij geschikt. Dat betekent dat in de rotatiekruising in $(0,10 \times (50 + 20)\% =)$ 7% fokkerijbijproducten ontstaan en in de F1-kruising in $(0,015 \times (50 + 25) + 0,11(50 + 20) =)$ 8,83%. De driewegkruising levert 1,83% meer bijproducten op dan de rotatiekruising.

Uitgegaan is van hogere inseminatiekosten voor de FI-zeug, omdat het Stamboek rekent met een toeslag voor inseminaties van vaderlijnen (voor Fins Landras, Nederlands Landras en Yorkshire-zeugenlijn bestaat een toeslag van f 18,- per dosis). De (vrijwillige) begeleiding van de opfokgelten door bijvoorbeeld het afnemen van de Bedrijfsprestatietoets is twee gulden vijftig duurder per rotatiezeug. Dit is een van de manieren om een deel van de kosten van de dure topfokkerij voor het Stamboek te dekken. Ook andere fokkerij-instellingen vereffenen dit door bijvoorbeeld extra geld te vragen bij het beoordelen van de opfokgelten.

Op basis van gegevens van de rotatiekruising van het PV, die zijn verzameld in de periode van 1 januari 1990 tot 31 december 1993, is berekend wat het verschil is tussen de waarde van vleesbiggen en fokkerijbijproducten (borgjes en zeugjes die uitgestoten zijn voor de fokkerij op het bedrijf). Op basis van verschillen in groei, vleespercentage en type-beoordeling is de waarde van een bijproduct-borg ongeveer acht gulden lager en de waarde van een bijproduct-zeug vijf gulden lager ingeschat dan een vleesvarken van dezelfde sekse.

De saldo's van beide typen zeugen zijn met elkaar vergeleken door alleen die posten op te nemen die verschillend zijn voor de rotatiezeug en de FI-zeug. Gemakshalve wordt gekozen om het verschil te berekenen vanuit het saldo van de Nederlandse zeugenhouderij volgens KWIN-vee 1995-1996. De rotatiekruising wordt gelijk verondersteld met deze waarden (uitgezonderd de begeleiding vanuit het Stamboek) omdat op dit bedrijf net als op een gangbaar vermeerderingsbedrijf geen zuivere lijn-dieren aanwezig zijn (zie tabel 23).

In tabel 24 wordt het verschil in saldo tussen de twee zeugen weergegeven. Door het hogere percentage bijproducten in de driewegkruising is de gemiddelde biggenprijs lager dan in de rotatiekruising. Hierbij wordt rekening gehouden met het verschil in opbrengst tussen borgen en zeugen: $0,9817 \times 96 + 0,0183 \times (0,8 \times (96 - 7,89) + 0,2 \times (96 - 4,93)) = 95,87$. De zuivere lijn-zeugen hebben een lagere biggenproductie, wat doorwerkt in de posten biggenopbrengst en kosten biggenvoer. Aan de andere kant zijn de kosten voor fokkerijbegeleiding van de rotatiezeug hoger. Het verschil in saldo per gemiddeld aanwezige zeug per jaar tussen een gesloten bedrijf met F1-kruising en een gesloten bedrijf met rotatiezeugen is f 21,- ten gunste van de rotatiezeug.

In de saldoberekening is onder andere niet meegenomen: de mogelijk lagere worpgrootte van de rotatiezeug en de grotere opfokcapaciteit voor de driewegkruising. Het

Tabel 23: Stelposten uit saldo van de rotatiezeug

Omschrijving	Hoeveelheid (zeug/jaar)	Prijs (gld)	Bedrag (gld)
Opbrengsten			
Vleesbiggen	21,3	96	2.044,80
<i>Af: kosten voor voer</i>			
Biggenvoer	618	0,64	395,52
<i>Af: overige toegerekende kosten</i>			
KI (inseminatoren KI) inclusief begeleiding'			52,50

¹ het vrijwillige pakket voor de rotatiekruising kost 2,50 per zeug meer (KI standaard)

verschil in flexibiliteit in de planning is wel meegenomen. In het rapport wordt derhalve gerekend met een verschil van ongeveer

twintig gulden ten gunste van de rotatiezeug.

Tabel 24: Verschil saldo van de FI-zeug ten opzichte van de rotatiezeug

	Hoeveelheid (zeug/jaar)	Prijs (gld)	Bedrag (gld)	Verschil ten opzichte van rotatiezeug (gld)
<i>Opbrengsten</i>				
Vleesbiggen	21,04 ¹	95,873	2.017,10	- 27,70
<i>Af: kosten voor voer</i>				
Biggenvoer	610 ²	0,64	390,40	- 5,12
<i>Af: overige toegerekende kosten</i>				
KI			51,01	- 1,49
<i>Saldoverschil</i>				<i>+ 21,09</i>

¹1,5 x 0,8 = 1,2% biggen minder in F-kruising ten opzicht van rotatiekruising door zuivere lijn

²21,04 biggen x 29 kg/big = 610 kg biggenvoer per zeug per jaar

³0,9817 x 96 + 0,0183 x (0,8 x (96 - 7,89) + 0,2 x (96 - 4,93))

6 DISCUSSIE

6.1 Gebruikte methode

6.1.1 Schatten van additief genetische effecten en gemiddelde heterosis

Oorspronkelijk was het de bedoeling met behulp van SAS direct aan de hand van de dataset met 4.650 records, schattingen te krijgen voor de effecten van N, F en Y op de worpgrootte samen met de heterosiscomponenten tussen F en Y, F en N en Y en N. Het bleek onmogelijk deze parameters ineens te schatten, omdat er te veel afhankelijkheid bestond. Deze afhankelijkheid verdwijnt bij voortzetting van de rotatiekruising (zie bijlage 1). Ook als de rotatiekruising stabiel is (na ongeveer acht generaties) is het echter moeilijk om een significante schatting te krijgen voor de heterosiscomponenten, omdat de nieuwe zeugtypen steeds meer lijken op reeds aanwezige zeugtypen (en gegevens van de zuivere lijnen en F1's ontbreken).

Uitgaande van model 2 (zie paragraaf 3.1.1) is vervolgens gekozen om eerst de gemiddelde heterosis te schatten, alvorens te proberen de afzonderlijke heterosiscomponenten te schatten. Opgemerkt dient te worden dat tussen sommige parameters in het model een vrij hoge correlatie bestaat (correlatie($g(F)-h_{gem}$) = 0,57 en correlatie($g(Y)-h_{gem}$) = 0,49). De GLM-procedure in SAS corrigeert hier wel voor, maar dit gaat ten koste van de nauwkeurigheid.

6.1.2 Schatten van afzonderlijke heterosiscomponenten

Het schatten van de afzonderlijke heterosiscomponenten is gedaan aan de hand van een nieuw aangemaakte "dataset". Van de zes zeugtypen zijn Least Squares Means volgens model 3 voor TGB gebruikt voor het maken van genoemde "dataset".

Aan deze zes gemiddelden zijn de PEST-schattingen van het Stamboek (Wijne, 1994) voor TGB van zuiver Fins Landras en Yorkshire toegevoegd, gecorrigeerd voor het verschil tussen de N-schatting op basis van Stamboek-data en op basis van PV-data. PEST corrigeert bij de zuiver-lijnschattingen

voor worpgrootte voor het gekruist versus het niet-gekruist zijn van de toom (Merks, persoonlijke mededeling). Dus bij niveauschattingen van bijvoorbeeld lijn N worden bij het Stamboek gegevens van zowel gekruiste tomen als van niet-gekruiste tomen meegenomen.

Aangenomen is dat het niveauverschil van de twee schattingen voor elk van de drie lijnen gelijk is, dus dat de lijn-milieu-interactie mag worden verwaarloosd. Daarom zijn de op deze wijze verkregen niveaus voor F en Y opgenomen in de "dataset", met gemiddelde TGB's voor acht zeugtypen. Aan de hand van deze "dataset" is getracht de parameters uit model 4 te schatten. Bij het Stamboek zijn ook gegevens bekend van TGB van de kruisingsproducten (F x N) en (Y x N). Het meenemen van deze gegevens zou de nauwkeurigheid van de schattingen ten goede kunnen komen. Dit is echter in dit onderzoek niet gedaan.

Invloed vader op worpgrootte

Bij de analyse zijn TGB en LGB beschouwd als kenmerken van de moeder. Bij de schatting van de niveaus van deze kenmerken is geen rekening gehouden met de lijn van de beer, waarmee de betreffende zeug is geïnsemineerd. Gezien het aantal vrijheidsgraden was dit ook onmogelijk.

Voor de worpen van N-zeugen is wel gekeken naar de invloed van mogelijke effecten van de lijn van de beer (Duroc, Yorkshire en Nederlands Landras) op de schattingen van deze kenmerken. Dit is aan de hand van model 5 gedaan met behulp van de GLM-procedure in SAS (SAS, 1985).

Model 5 geeft Least Squares Means voor niveaus van TGB en LGB van de drie beerlijnen. De resultaten staan weergegeven in tabel 25.

$$\begin{aligned} Y_{ijkl} &= \mu + \text{pariteit}_i + \text{periode}_j \\ &\quad + \text{beerlijn}_k + e_{ijkl} \\ Y_{ijkl} &= \text{gemiddeld aantal geboren} \\ &\quad \text{biggen (TGB) of aantal levend} \end{aligned}$$

geboren biggen (LGB) van de l-de N-zeug, gepaard met de k-de beerlijn in i-de pariteit in j-de periode

μ = algemeen niveau
 pariteit_i = pariteit (1-8)
 periode_j = driemaandse periode (2-31)
 beerlijn_k = lijn van de beer (1-3)
 e_{ijk} = errorterm

(model 5)

De verschillen tussen lijnen van beren blijken niet significant. Het niet corrigeren voor de vader van de worp heeft dus waarschijnlijk geen grote consequenties voor de schatting van het N-niveau. Aangenomen is dat hetzelfde ook geldt voor de schatting van de niveaus van de andere zeugtypen.

De verschillen in Least Squares Means voor TGB en LGB van beerlijnen in tabel 25 kunnen voor een deel ook worden toegeschreven aan heterosis in de biggen. Dit verklaart mogelijk mede de laagste waarde voor het Nederlands Landras ten opzichte van Duroc en Yorkshire-z: kruising van N x N levert namelijk geen heterosis op. De resultaten in tabel 25 zijn dus slechts in zeer geringe mate toe te schrijven aan de additief genetische niveaus van de beerlijnen.

Bij de schatting van heterosis is er vanuit gegaan dat het alleen individuele heterosis in de zeugen (hm) betreft. Hoewel de vaderlijnen bij de N-zeugen geen significante effecten hebben op de worpgrootte, kan het wel zo zijn dat door het optreden van individuele heterosis in de biggen (h^b), de worpgrootte van de N-zeug (en de rotatiezeugen) groter wordt. Hier is bij de schattingen geen rekening mee gehouden.

Stijging aantal doodgeboren biggen

In tabel 10 wordt een significante toename

gevonden van de NLGB bij hogere pariteiten Bij een pariteit van 8 of hoger is het NLGB 1,27. Dit is 11,3% van het totaal aantal geboren biggen. In de literatuur wordt ook een groter percentage niet-levend geboren biggen per worp gevonden bij hogere pariteit (Kisner et al, 1995).

6.1.3 Enquête van bedrijven met rotatiekruising

Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 3, is het onderzoek naar het functioneren van rotatiekruising in de praktijk eenvoudig gehouden. De reden hiervoor is het kleine aantal bedrijven dat rotatiekruising toepast. De bedrijven met rotatiekruising van Stamboek en Cofok hebben bijna allemaal meegedaan aan de enquête. De rotatiekruising zou beter geëvalueerd kunnen worden, wanneer er van meer bedrijven gegevens bekend zouden zijn. In hoeverre er meer bedrijven rotatiekruising toepassen bij andere fokkerij-organisaties is onbekend.

In de enquête zijn vragen gesteld waarbij aan de antwoorden een rangorde toegekend moet worden, zoals beschreven in paragraaf 3.2. Een bezwaar bij de verwerking van deze vragen is, dat wanneer aan een bepaalde antwoordmogelijkheid geen rangorde wordt toegekend, deze niet wordt meegenomen in de bepaling van de gemiddelde rangorde van dat antwoord. Als aan het betreffende antwoord wel een rangorde was gegeven, zou dit waarschijnlijk laag zijn en zou dit resulteren in een gemiddeld lagere waardering van dat antwoordalternatief. Dit wordt bij de gebruikte methode buiten beschouwing gelaten. In de tabellen zijn daarom de antwoorden op deze vragen gegeven in volgorde van het aantal keren dat het antwoord genoemd is. Bij niet-rangorde-

Tabel 25: Least Squares Means volgens model 5 voor totaal aantal geboren biggen (TGB) en aantal levend geboren biggen (LGB) met bijbehorende standaardfouten, weergegeven per lijn van de beer in combinatie met een N-zeug.

Beerlijn	TGB	standaardfout	LGB	standaardfout
Duroc	10,59	0,49	9,70	0,49
Yorkshire-z	10,98	0,43	10,24	0,43
Nederlands Landras	10,57	0,59	9,62	0,58

vragen is simpelweg gekeken welk antwoord met welke frequentie voorkwam. Wanneer meer bedrijven ondervraagd waren, zou het voor beide typen vragen ook mogelijk geweest zijn om verbanden tussen antwoorden te leggen, wat resulteert in een beter inzicht van kansen en bedreigingen van rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij.

6.2 Discussie met betrekking tot de gevonden resultaten

6.2.1 Schattingen additief genetische effecten en heterosiscomponenten

In deze paragraaf wordt met de resultaten uit hoofdstuk 4 verder gerekend. Veel van deze schattingen zijn niet significant. Dit uit zich in de relatief hoge standaardfouten ten opzichte van de schattingswaarden, veroorzaakt door het beperkte aantal zeugtypen in de dataset. Tevens zou het beter zijn voor de nauwkeurigheid van de schattingen wanneer de gegevens van de zeugtypen gedurende eenzelfde periode zouden zijn verkregen. Een bezwaar van deze dataset is de gedeeltelijke verstrengeling tussen periode en zeugtype. Ondanks genoemde beperkingen in de resultaten is hier toch mee verder gerekend om een indicatie te krijgen van de eventuele mogelijkheden van rotatiekruising.

Wanneer de resultaten van de schattingen van het N-niveau uit tabel 9, tabel 12, tabel 14 en tabel 15 naast elkaar worden gezet, zijn het drie redelijk overeenkomstige waar-

den, namelijk respectievelijk 10,95, 10,84 en 10,90 (zie tabel 26, hoe deze waarden precies worden verkregen staat in dezelfde paragraaf uitgelegd). De LGB is wat meer verschillend: in tabel 9 is deze 10,08 en in tabel 12 9,48 (zie tabel 26). De NLGB wordt in tabel 9 steeds ongeveer 40% lager geschat vergeleken met tabel 14 (zie tabel 26).

De schattingen voor het N-niveau uit tabel 9 zijn waarschijnlijk de nauwkeurigste, omdat dit schattingen zijn die volledig gebaseerd zijn op de waarnemingen aan het betreffende zeugtype, na correctie voor pariteit en periode. De waarden 'met behulp van' de andere tabellen zijn 'opgebouwd' uit schattingen van de diverse bestanddelen, die elk weer in de hele dataset zijn geschat, maar met een grotere onnauwkeurigheid. Voor bijvoorbeeld het zeugtype NFYN, staat in tabel 9 een waarde voor TGB van 11,13. Uit tabel 12 kan als volgt de waarde voor NFYN verkregen worden. Uit de matrix in paragraaf 3.1.1 kan opgemaakt worden dat het zeugtype NFYN als volgt is opgebouwd: het additief genetisch aandeel van N is $5/8$, van F is dat $1/4$ en van Y $1/8$; de gemiddelde heterosis voor het zeugtype NFYN is $3/4$. Volgens tabel 12 is TGB voor NFYN gelijk aan $10,84 + (1/4 \times 0,23) + (1/8 \times 0,28) + (3/4 \times 0,74) = 11,49$. Ook de afzonderlijke componenten van de gemiddelde heterosis, zoals weergegeven in tabel 15, kunnen worden meegenomen in de schatting van TGB voor het zeugtype NFYN. De matrix in paragraaf 3.1.1 geeft voor de heterosiscompo-

Tabel 26: Overzicht resultaten van schattingen van gemiddeld totaal aantal geboren biggen (TGB), gemiddeld aantal levend geboren biggen (LGB) en gemiddeld aantal niet-levend geboren biggen (NLGB) per zeugtype.

	TGB			LGB		NLGB	
	m.b.v. tabel 9	m.b.v. tabel 12	m.b.v. tabel 15	m.b.v. tabel 9	m.b.v. tabel 12	m.b.v. tabel 9	m.b.v. tabel 14
N	10,95	10,84	10,90	10,08	9,48	0,87	1,36
FYN	11,94	11,77	11,64	11,03	10,37	0,91	1,39
NFYN	11,13	11,49	11,39	10,38	10,16	0,75	1,32
YNFYN	11,39	11,67	11,34	10,45	10,17	0,94	1,51
FYNFYN	11,31	11,70	11,59	10,44	10,24	0,87	1,45
NFYNFYN	11,59	11,57	11,45	10,80	10,25	0,79	1,32

nenten de volgende waarden: tussen F en Y doet zich geen heterosis voor, tussen F en N is deze $1/2$ en tussen Y en N $1/4$. Op basis van de resultaten in tabel 15 is TGB voor het zeugtype NFYN dan gelijk aan $10,90 + (1/4 \times 0,46) + (1/8 \times 0,43) + (1/2 \times 0,58) + (1/4 \times 0,13) = 11,39$.

Voor LGB staat in tabel 9 voor het zeugtype NFYN een waarde van 10,38. Volgens tabel 12 is deze schatting $9,48 + (1/4 \times -0,01) + (1/8 \times -0,27) + (3/4 \times 0,96) = 10,16$. Voor NLGB staat in tabel 9 voor het zeugtype NFYN een waarde van 0,87. Volgens tabel 14 komt deze schatting op $1,36 + (1/4 \times 0,23) + (1/8 \times 0,55) + (3/4 \times -0,22) = 1,32$. Voor de andere zeugtypen zijn op overeenkomstige wijzen TGB's, LGB's en NLGB's uitgerekend. De resultaten staan weergegeven in tabel 26.

In tabel 26 is te zien dat de schattingen voor TGB met behulp van tabel 15 ten dele lager zijn dan de overeenkomstige schattingen in tabel 12. De verschillen zijn: niveau $(10,90 - 10,84) = +0,06$, additief genetisch effect van F $(0,46 - 0,23) = +0,23$, additief genetisch effect van Y $(0,43 - 0,28) = +0,15$ en $h_{\text{gem}}(0,94/3 - 0,74) = -0,43$. Een reden voor dit verschil zou kunnen zijn dat de gemiddelde niveaus voor F en Y verkeerd zijn geschat. De aanname dat het verschil tussen de PEST-schatting op basis van Stamboek-data en de SAS-schatting op basis van PV-data voor het N-niveau ook geldt voor Fins Landras en Yorkshire, is misschien niet correct en resulteert daardoor in afwijkende schattingen voor additief genetische effecten van F en Y en de drie heterosiscomponenten.

Op basis van de geschatte niveaus kan het toegepaste drieliijnrotatiesysteem vergeleken worden met de beste tweeliijnrotatiekruising. De berekening van verschil in heterosis met gegevens uit tabel 12 en de methode zoals beschreven in paragraaf 2.2 is als volgt:

drieliijnrotatiekruising	tweeliijnrotatiekruising
Y = 11,12	A = 11,12
F = 11,07	B = 11,07
h = 0,74	h = 0,74
N = 10,84	

gemiddeld niveau drieliijnrotatiekruising = $11,01 + 0,857 \times 0,74 = 11,64$
 gemiddeld niveau tweeliijnrotatiekruising = $11,10 + 0,667 \times 0,74 = 11,59$

Bij gegeven genetische niveaus voor TGB geeft drieliijnrotatiekruising iets betere resultaten dan de beste tweeliijnrotatiekruising. Als het gemiddelde niveau van de drie zuivere lijnen gelijk is aan 10,96, dan is de prestatie van de drieliijnrotatiekruising gelijk aan die van de tweeliijnrotatiekruising. Met andere woorden: wanneer het genetisch niveau voor TGB van het Nederlands Landras hoger is dan 10,68, dan geeft drieliijnrotatiekruising met de gegeven genetische niveaus voor Y en F betere resultaten dan tweeliijnrotatiekruising, bij een constante heterosis van 0,74.

Voor het kenmerk LGB kan, met de resultaten uit tabel 13, eenzelfde vergelijking gemaakt worden:

drieliijnrotatiekruising	tweeliijnrotatiekruising
N = 9,48	A = 9,48
F = 9,47	B = 9,47
h = 0,96	h = 0,96
Y = 9,21	

gemiddeld niveau drieliijnrotatiekruising = $9,39 + 0,857 \times 0,96 = 10,21$
 gemiddeld niveau tweeliijnrotatiekruising = $9,48 + 0,667 \times 0,96 = 10,12$

De drieliijnrotatiekruising geeft bij deze gegevens ook voor LGB een hoger genetisch niveau dan de beste tweeliijnrotatiekruising. Als het gemiddelde niveau van de drie zuivere lijnen gelijk is aan 9,29, dan is de prestatie van de drieliijnrotatiekruising gelijk aan die van de beste tweeliijnrotatiekruising. Bij constante genetische niveaus voor N en F en bij constante heterosis van 0,96 geeft drieliijnrotatiekruising een hoger genetisch niveau dan de beste tweeliijnrotatiekruising, indien het genetisch niveau van Y hoger is dan 8,93.

Aangenomen is in bovenstaande berekeningen dat de maximale heterosis (0,74) voor de drieliijnrotatiekruising en de beste twee-

lijnrotatiekruising gelijk is. Bovendien is aangenomen dat de heterosis constant blijft bij verandering van het C-niveau.

De eerste aanname is niet echt nodig. Immers, ook met behulp van afzonderlijke heterosiscomponenten voor TGB uit tabel 15 kan de drieliijnrotatiekruising met de beste tweeliijnrotatiekruising worden vergeleken.

drieliijnrotatiekruising (FYN)	tweeliijnrotatiekruising (FN)
F = 11,36	F = 11,36
Y = 11,33	N = 10,90
N = 10,90	$h_{FN} = 0,58$
$h_{FY} = 0,23$	} $_{gem} = 0,31$
$h_{FN} = 0,58$	
$h_{YN} = 0,13$	

gemiddeld niveau drieliijnrotatiekruising (FYN): $11,2 + 6/7 \times 0,31 = 11,47$

gemiddeld niveau tweeliijnrotatiekruising (FN): $11,13 + 2/3 \times 0,58 = 11,52$

Het verschil in genetisch niveau tussen de drieliijnrotatiekruising en de tweeliijnrotatiekruising is 0,05 in het voordeel van de tweeliijnrotatie. Om het genetisch niveau van de drieliijnrotatiekruising net zo hoog te krijgen (bij een gelijkblijvende heterosis) moet het gemiddelde met 0,05 verhoogd worden. Dit gemiddelde van drie rassen kan zo hoog worden door de N (die 1/3 deel uitmaakt) met $3 \times 0,05$ te verhogen. Om een betere drieliijnrotatiekruising te krijgen moet het genetisch niveau van N dus minimaal 11,05 zijn

Schatting van heterosis voor LGB levert een nagenoeg gelijke waarde op als welke in de literatuur wordt gevonden. Dit onderzoek is gericht op de heterosis die veroorzaakt wordt door het gekruist zijn van de moeder. Er is geen onderscheid gemaakt naar de mate van gekruist zijn van de worpen.

Sellier (1976) vindt een heterosis van 11% (8% (hm) en 3% (h^b)). Schneider et al. (1982) vonden een maternale heterosis voor LGB bij geboorte van 10,3%. Vergeleken met de geschatte gemiddelde heterosis voor LGB bij drieliijnrotatie ($0,96 / (1/3 \times 9,48 + 1/3 \times 9,47 + 1/3 \times 9,21) = 10,2\%$) komen de waarden goed overeen.

Opvallend in de resultaten van dit onderzoek is dat het Fins Landras beter naar voren lijkt

te komen dan de Yorkshire. Weliswaar is het additief genetisch effect van TGB van de Fin het laagst (tabel 12), maar zowel LGB als NLGB lijken gunstiger (tabel 13 en 14) dan bij de York. Ook de heterosis tussen Fin en Nederlands Landras lijkt groter dan de heterosis tussen York en Nederlands Landras (tabel 15). Dit kan een verklaring zijn voor de goede prestatie van de rotatiezeug ten opzichte van de F1-zeug.

6.2.2 Praktische aspecten van rotatiekruising
De bedoeling van de enquêtes was om een goed beeld te krijgen van de voors en tegens van rotatiekruising in de praktijk. Hiervoor zijn in totaal van 31 bedrijven ervaringen geanalyseerd. Waarschijnlijk zijn dit bijna alle bedrijven in Nederland die rotatiekruising toepassen.

De indruk uit de enquêtes is dat de varkenshouders die rotatiekruising toepassen tevreden zijn over deze methode. Fokkerij-organisaties daarentegen lijken minder enthousiast. Een reden hiervoor kan zijn dat ze een revolutionaire omschakeling naar rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij willen voorkomen. Grootschalig toepassen van rotatiekruising heeft immers grote gevolgen voor de structuur van de productiepyramide. Alle zeugenproductiebedrijven zijn dan overbodig geworden. Dit heeft weer consequenties voor onder andere de fokwaardeschatting. Voor schatting van lijnniveaus kan geen gebruik meer gemaakt worden van zuivere lijndieren in de zeugenproductie. De zeugen voor de zeugenproductie zijn dan namelijk de rotatiezeugen. Een gedetailleerde analyse van de gevolgen van het op grote schaal toepassen van rotatiekruising voor de fokkerij-organisaties is in dit verslag achterwege gelaten.

6.2.3 Vergelijking reproductieresultaten van rotatiezeug en F1-zeug

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de reproductieresultaten van de rotatiezeug en de F1-zeug is een extrapolatie gemaakt met behulp van ander onderzoek, omdat direct vergelijkend materiaal niet voorhanden is. Voor de vergelijking van de rotatiezeug met de F1-zeug (in paragraaf 5.1) is gebruik gemaakt van gegevens uit vergelijkend onderzoek van het Nederlands

Varkens Stamboek door Knap en Van Ham (1988 en 1989). In dit onderzoek zijn de reproductieresultaten van de DN-zeug vergeleken met die van de YN-zeug. Aangenomen is dat het verschil in reproductieresultaten tussen beide typen dieren in dat onderzoek ook zou gelden wanneer beide typen dieren op het Proefstation voor de Varkenshouderij zouden zijn gehuisvest. Een mogelijke genotype-milieu-interactie is hierbij verwaarloosd. Tevens is aangenomen dat het verschil tussen beide typen dieren midden jaren '80 ook eind jaren '80 nog zou gelden. De resultaten van de DN en de rotatiezeugen zijn echter recenter dan de gegevens van de YN- en DN-zeugen, wat betekent dat de resultaten in paragraaf 5.1 slechts een zeer globale indicatie geven.

6.2.4 Vergelijking economische resultaten van rotatiezeug en FI-zeug

De economische evaluatie van rotatiekruising in de zeugenhouderij is uitgevoerd in de vorm van een vergelijking van een aantal posten van het saldo van rotatiezeugen en F1-zeugen bij een gesloten bedrijfsopzet. Hierbij is uitgegaan van het systeem zoals het Stamboek dit hanteert.

Bij rotatiekruising kan in principe ieder dier een fokkerijdekking krijgen, maar meestal worden de 10% beste dieren geselecteerd. Bij driewegkruising met eigen aanfok zijn alleen de zuivere lijn-dieren geschikt voor de fokkerij. Hiervoor wordt het advies van het Stamboek gehanteerd (12,5% zuivere lijn-zeugen, waarvan 1,5% om de lijn in stand te houden). De hoogte van deze percentages is onder andere afhankelijk van de bedrijfsgrootte. Uiteindelijk heeft de hoogte van de percentages vooral effect op het saldo door het kleinere aantal biggen (in zuivere lijn-dieren is de worpgrootte kleiner) en door het grotere aantal fokkerijproducten (die een lagere opbrengst hebben). De (vrijwillige)

begeleidingskosten zijn bij het Stamboek voor de rotatiezeugen hoger. Het is echter waarschijnlijk dat dit ook bij andere fokkerij-instellingen het geval is, omdat deze organisaties een deel van de kosten van de dure topfok vergoed willen zien.

Het verschil in financiële resultaten tussen fokkerijbijproducten en vleesvarkens in de mesterij is uitgerekend op basis van gegevens van de rotatiekruising op het Proefstation voor de Varkenshouderij. Hieraan kleven twee bezwaren. De gegevens leveren slechts een indicatie op van de waardeverschillen en het betreft alleen rotatiekruisingsdieren. Deze dieren zullen waarschijnlijk betere resultaten in de mesterij realiseren dan zuivere lijn-bijproducten. Er blijken verschillen in groei in de mesterij (vanaf 25 kg). Waarschijnlijk is hierbij ook de voederconversie van fokkerijbijproducten wat ongunstiger, niet alleen in de mesterij maar ook tijdens de opfok van biggen. Hier wordt echter geen rekening mee gehouden. Ook bij de berekening van voerkosten voor biggen is zowel bij de rotatiezeug als de FI-zeug gerekend met een 29 kg voeropname per big (tot 25 kg).

Voor zuivere lijn-paringen is gesteld dat deze resulteren in 0,8 biggen per zeug per jaar minder. Dit komt neer op $1,5 \times 0,8 = 1,2\%$ biggen per zeug per jaar minder in de FI-kruising dan in de rotatiekruising. Dit heeft een groot effect op de opbrengstverschillen tussen de twee type zeugen. Bij deze saldoberekening wordt zoveel mogelijk uitgegaan van de rotatiekruising op het Proefstation. In een zuiver theoretische benadering zou het vreemd zijn om bij de FI-zeug met een lagere worpgrootte te rekenen dan bij de rotatiezeug. In dit geval lijkt echter de derde (in theorie slechtste) lijn een zeer gunstige invloed te hebben op de resultaten van de rotatiekruising.

7 BETEKENIS VOOR DE PRAKTIJK

Rotatiekruising is een zeer goede methode om een gesloten bedrijfsopzet te realiseren, zodat de insleep van ziekte door aanvoer van dieren volledig kan worden voorkomen. Bedrijven kunnen via KI gebruik maken van de genetische vooruitgang in de topfokkerij. Het Proefstation voor de Varkenshouderij werkt met een drielijnsrotatiekruising bestaande uit de lijnen Nederlands Landvarken, Groot Yorkshire-zeugenlijn en Fins Landvarken.

Als nadeel van de rotatiekruising wordt vaak verlies aan uniformiteit genoemd; de uniformiteit van de vleesvarkens zou slechter zijn. In het onderzoek op het Proefstation voor de Varkenshouderij is echter gevonden dat de variatie in productieresultaten van de vleesvarkens uit drie typen rotatiezeugen niet groter was dan de variatie in productieresultaten van vleesvarkens uit de driewegkruising (Huiskes en Binnendijk, 1996).

Een ander belangrijk nadeel dat vaak wordt genoemd is het verlies aan heterosis. Een normale kruising levert 100% heterosis op, de rotatiekruising slechts 6/7 daarvan. In dit rapport blijkt de gemiddelde heterosis voor levend geboren biggen in de rotatiekruising 0,96 big extra ($p = 0,003$). Uitgaande van 6/7 heterosis is dat 0,8 big bij geboorte en (met 12% uitval tijdens de kraamperiode) 0,7 big minder bij spenen,

In de literatuur varieert de heterosis nogal. Sellier (1976) vindt een gemiddelde heterosis (bij geboorte) van 0,75 big. Schneider (1982) vindt een gemiddelde heterosis van 0,95 big bij spenen. Hale (1986) vindt geen heterosis op worpgrootte. De rotatiekruising heeft in percentage inderdaad een iets lagere heterosis dan de FI-zeug. De zuivere lijnzeugen die ten behoeve van de FI-fokkerij moeten worden gehouden, hebben echter helemaal geen heterosis. Het uiteindelijke effect is ook afhankelijk van de derde lijn; in theorie is die altijd slechter. De Fin blijkt het echter goed te doen, wat het gunstige resultaat van de rotatiezeug ten opzichte van de F1 in dit rapport kan verklaren.

Vergeleken met de productie van FI-zeugen in een gesloten bedrijf zijn er voordelen voor

de rotatiekruising, omdat bij rotatiekruising geen zuivere lijn in stand gehouden hoeft te worden en er grotere selectiemogelijkheden zijn bij het aanwijzen van de zeugen voor de fokkerij. Ook in het saldo is er winst te behalen. Per zeug per jaar levert de rotatiekruising ongeveer twintig gulden per zeug meer op dankzij een flexibelere planning en ondanks de hogere kosten voor begeleiding van eigen opfok (volgens dit rapport). De flexibele planning is mogelijk doordat zeugen die geschikt zijn voor de fokkerij ook als vermeerderingszeug kunnen worden ingezet. Hierdoor is een zeer strakke weekplanning van dekkingen ten behoeve van de fokkerij mogelijk. Ook is het saldo per jaar van vleesvarkens uit de rotatiekruising met F, Y en N ongeveer vijftien gulden hoger dankzij de betere groei en de betere voeropname (Huiskes en Binnendijk, 1996).

De rotatiekruising vraagt wel een perfecte identificatie en registratie van de zeugen, dat wil zeggen dat de vadervolgorde van de zeugen goed bijgehouden moet worden, om te voorkomen dat de systematiek in de rotatievolgorde verloren gaat en daarmee het kruisingsvoordeel in de volgende generatie zeugen. Een mogelijk hulpmiddel hiervoor is bijvoorbeeld het werken met een verschillende kleur oormerk of het opnemen van een eigen letter in het nummer van de zeug voor elk van de vaderlijnen.

Ten opzichte van de aankoop van jonge fokzeugen stelt eigen aanfok van de zeugenstapel hogere eisen aan de bedrijfsvoering. Dit betreft een goede planning van de benodigde aanwas van opfokzeugen en een goede selectie van opfokgeltjes. Begeleiding vanuit de fokkerijgroepering is hiervoor aan te raden.

De meeste bedrijven die overwegen om rotatiekruising toe te passen zullen langzaam omschakelen. Beginnende bedrijven kunnen ook overwegen eenmalig rotatiezeugen aan te kopen van bedrijven met een goede gezondheidsstatus die al een aantal jaren werken met de rotatiekruising. Na ongeveer acht generaties stabiliseert de hete-

rosis op 85,7% in een drielijnsrotatiekruising (Kanis en Vesseur, 1996). Bedrijven die rotatiezeugen aankopen beginnen dan direct in de stabiele situatie.

Zoals eerder gemeld is een van de belangrijkste motieven voor varkenshouders om rotatiekruising toe te passen het minimaliseren van ziekte-insleep door aankoop van nieuwe dieren. Voorkomen moet worden dat dit effect tenietgedaan wordt door bijvoorbeeld de aankoop van zoek- of dekberen. Elke aanvoer van diermateriaal houdt immers een risico in. Weliswaar is het risico bij

incidenteel één dier aanvoeren kleiner dan bij elke week meerdere dieren aanvoeren. Ook zullen de fokkerijgroeperingen er veel aan doen om het risico zo klein mogelijk te maken. Er zijn echter voldoende voorbeelden uit de praktijk waarbij de aankoop van één dekbeer tot een kleine ramp heeft geleid. Een recent voorbeeld is de varkenspestuitbraak in Noord-Duitsland na aankoop van een dekbeer uit Zuid-Duitsland. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij worden beertjes van het bedrijf zelf als zoekbeer aangehouden.

8 CONCLUSIES

- 1 De Groot-Yorkshire zeugenlijn (Y) is het ras met het hoogst geschatte additief genetische niveau voor TGB (= totaal aantal geboren biggen per worp), namelijk 11,12 biggen. De TGB-niveaus van Fins Landras (F) en Nederlands Landras (N) zijn respectievelijk geschat op 11,07 en 10,84 biggen. Deze verschillen zijn echter niet significant. Gebruik van de drie rassen in een drielinrotatiekruising resulteert in een heterosis voor TGB van 0,74 totaal geboren big extra ($p = 0,028$) (zie tabel 12).
- 2 Voor het aantal levend geboren biggen per worp (LGB) is het additief genetisch niveau van Y met 9,21 biggen het laagst geschat. F en N hebben geschatte LGB-niveaus van achtereenvolgens 9,47 en 9,48 biggen. Ook deze verschillen zijn niet significant. De drie lijnen geven in een drielinrotatiekruising een heterosis van 0,96 extra levend geboren big ($p = 0,003$) (zie tabel 13).
- 3 Op basis van deze gegevensset is het niet gelukt om significant van nul afwijkende heterosiscomponenten te schatten (zie tabel 15). De gevonden waarden tussen F en Y, F en N, en Y en N werden geschat op respectievelijk 0,23 ($p = 0,757$) 0,58 ($p = 0,429$) en 0,13 ($p = 0,855$) totaal geboren biggen extra.
- 4 Als twee systemen met eigen opfok van gelten: de rotatiezeug en de Fi-zeug, in een driewegkruising worden vergeleken, lijkt de rotatiezeug beter te presteren. De worpgrootte ligt voor beide zeugtypen op een vergelijkbaar niveau, het saldo is gunstiger voor de rotatiezeug (hoofdstuk 5).
- 5 Nauwkeurige identificatie en registratie van de dieren, voldoende en goede opfokgelegenheid en interesse in de fokkerij zijn volgens zeugenhouders belangrijke vereisten voor het succesvol toepassen van rotatiekruising.
- 6 Volgens zeugenhouders zijn voordelen van rotatiekruising de toenemende selectiemogelijkheden, de geringere kans op ziekte-insleep en de lagere kosten voor vervanging van de zeugen.
- 7 Fokkerijbijproducten, de veronderstelde geringere uniformiteit van zowel zeugen als vleesvarkens en de moeilijker planning van vervanging van de zeugenstapel vormen volgens zeugenhouders de nadelen van rotatiekruising.
- 8 Omdat de Nederlandse varkenshouderij zeer export-afhankelijk is, zullen in de toekomst steeds hogere eisen worden gesteld aan de gezondheidsstatus van de Nederlandse varkensstapel. Risico's op ziekte-insleep door aankoop van dieren moeten zoveel mogelijk worden vermeden. Gezien de ervaringen in de praktijk is rotatiekruising een goede methode om deze risico's te beperken.

9 LITERATUUR

- Bennett, G.L. 1986. *Alternative swine industry breeding systems*. Proc. 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, USA. 16-22 juli, p. 45-56.
- Bennett, G.L. 1987. *Periodic rotational crosses. II Optimizing breed and heterosis use*. Journal of Animal Science, 65, p.1477-1486.
- Buchanan, D.S., H.R. Grugler, R.L. Hintz and R.K. Johnson 1987. *Sow productivity traits for four breeds of swine: purebred and crossbred lifters*. Animal Science Research Report, 19, p. 22-24.
- Ehrhardt-Dziambor, R., A. Valle Zarate und P. Horst 1993. *Kreuzungsparameterschätzung bei einer Rotationskreuzung zwischen Schweinen der Deutschen Landrasse und Pietrain*. Arch.Tierz., Dummerstorf, 36:3/4, p. 359-369.
- Hale, O.M., K. Bondari and E.R. Cleveland 1986. *Sex ratio, growth and survival of Duroc, Hampshire and crossbred pigs*. 3rd World Congress on Genetics applied to Livestock Production (USA), 16-22 juli, p. 63-69.
- Handboek voor de varkenshouderij 1993*. Publikatie nr. 37, Informatie- en Kennis Centrum Varkenshouderij, Rosmalen, 362 p.
- Huiskes J.H. 1995. Persoonlijke mededeling.
- Huiskes J.H. en G.P. Binnendijk 1996. *Rotatiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 2: vleesvarkenshouderij*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Proefverslag Pi.163
- Kanis E. en P.C. Vesseur 1996. *Rotatiekruising, een aan trekkelijk systeem om insleep van ziekten te voorkomen*. Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 121: 10, p. 284-286.
- Kisner, K., B. Möllers, H. Brandt und P. Glodek 1995. *Die Analyse von Sauenaufzuchtleistungen in der Versuchsstation Rellihausen zur Entwicklung von Kriterien der Wurfqualität: 1 Mitteilung: Der Einfluß der fixen Effekte der Rassenkombination, der Wurfnummer und die Verteilung der Geburtsgewichte*. Arch.Tierz., Dummerstorf, 38: 1, p. 73-86.
- P.W. Knap en G.H.J.M. van Ham 1988. *Reproductiegegevens van vier typen F-zeugen*. Varkens, januari, p. 13-18.
- P.W. Knap and G.H.J.M. van Ham 1989. *Genotype by herd interaction effects on reproductive performance of dutch herdbook multiplier sows*. Stamboek, interne publicatie, 15 p.
- Kwantitatieve Informatie veehouderij 1995-1996*. 1995. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede, 293 p.
- Merks, J.W.M. 1995. Persoonlijke mededeling.
- Quintana, F.G. and O.W. Robison 1983. *Systems of crossbreeding in swine: 1. Estimation of genetic parameters*. Zeitschrift für Tierzucht und Zuchtungsbiologie, 100:4, p. 271-279.
- Statistical Analysis Systems Institute 1985. *SAS users guide: statistics*. Version 5 edition. Cary, North Carolina, 956 p.
- Schneider, J.F., L.L. Christian and D.L. Kuhlers 1982. *Crossbreeding in swine: genetic effects on litter performance*. Journal of Animal Science, 54:4, p. 739-746.
- Sellier, P. 1976. *The basis of crossbreeding in pigs; a review*. Livestock Production Science, 3, p. 203-226.
- Weerts, T. 1996. Persoonlijke mededeling.
- Westerlaken, L. en Brakel, C.E.P. van 1996. *De rentabiliteitsindex en het productiegetal*. Praktijkonderzoek varkenshouderij, april 1996, 10: 2, p.14-15.
- Wijne, G.J.C.M. 1994. *Vruchtbaarheidskenmerken en heterosis van verschillende typen rotatiezeugen*. Scriptie Veefokkerij, Landbouwniversiteit Wageningen, 34 p.

BIJLAGEN

Bijlage 1: X-matrix, y- en b-vector bij voortzetting rotatiekruising

$$Y = \begin{bmatrix} N \\ FYN \\ NFYN \\ YNFYN \\ FYNFYN \\ NFYNFYN \\ \\ YNFYNFYN \\ FYNFYNFYN \\ NFYNFYNFYN \\ YNFYNFYNFYN \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{nu} \\ \\ \\ \text{toekomst} \end{matrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/4 & 1/2 & 1/4 & 1/2 & 1/2 & 0 \\ 5/8 & 1/4 & 1/8 & 0 & 1/2 & 1/4 \\ 5/16 & 1/8 & 9/16 & 1/4 & 0 & 5/8 \\ 5/32 & 9/16 & 9/32 & 9/16 & 5/16 & 0 \\ 37/64 & 9/32 & 9/64 & 0 & 9/16 & 9/32 \\ * & 37/128 & 18/128 & 73/128 & 18/64 & 0 & 37/64 \\ & 37/256 & 146/256 & 73/256 & 73/128 & 37/128 & 0 \\ * & 293/512 & 146/512 & 73/512 & 0 & 146/256 & 73/256 \\ & 293/1.024 & 146/1.024 & 585/1.024 & 146/512 & 0 & 293/512 \end{bmatrix}$$

$$b = N \ a_1 \ a_2 \ b_1 \ b_2 \ b_3$$

* Afhankelijkheid (weergegeven in paragraaf 3.1.1) geldt niet voor de zevende en de laatste rij van de X-matrix

$$4 \times 18/64 + 4 \times 37/64 - 6 \times 73/128 \text{ is ongelijk aan } 18/128$$

$$4 \times 146/512 + 4 \times 293/512 - 6 \times 585/1024 \text{ is ongelijk aan } 146/1024$$

Bijlage 2: Enquête gehouden onder Cofok-bedrijven

1. Bedrijfsomvang (aantal gemiddeld aanwezige dieren)

..... opfokzeugen (vanaf 10 weken tot 1^e inseminatie)

..... zeugen

..... vleesvarkens (vanaf 23 kg)

2. Hoeveel jaar bent u al deelnemer van het Cofok rotatieprogramma?

.....jaar

3. Op welke manier zorgde u voordat u met rotatiekruising begon, voor de vervanging van uw zeugenstapel (Het juiste antwoord aankruisen)

- Aankoop van 7-maand opfokzeugen
- Aankoop van 7-maand opfokzeugen van een andere fokkerij-organisatie
- Aankoop van 10-weekse fokbiggen
- Eigen aanfok
- Anders

4. Wat is het percentage zeugen op uw bedrijf dat wordt gebruikt voor de productie van moederdieren (opfokzeugen)?

.....%

5. Wat is het percentage uitval bij de zeugen op uw bedrijf over 1994?

.....%

6. Wat zijn volgens U de vereisten voor bedrijf/varkenshouder om succesvol rotatiekruising toe te kunnen passen? (Via cijfers rangorde van belangrijkheid aangeven, waarbij 1=belangrijkst, niet alle mogelijkheden hoeven een cijfer te krijgen)

- Interesse in varkensfokkerij
- Nauwkeurige identificatie, registratie en administratie van de dieren op het bedrijf
- Minimale bedrijfsgrootte, namelijk..zeugen
- Goede opfokgelegenheid hebben
- Anders, namelijk

7. Waarom bent U destijds begonnen met rotatiekruising?

(Via cijfers rangorde van belangrijkheid aangeven, waarbij 1=belangrijkst, niet alle mogelijkheden hoeven een cijfer te krijgen)

- Ik wilde mijn bedrijf gesloten houden
- Minder kans op ziekte insleep
- Meer selectiemogelijkheden, omdat gekozen kan worden uit de gehele zeugenstapel
- Financieel voordeel, omdat geen opfokzeugen gekocht hoeven te worden
- Mogelijkheid om zelf opfokzeugen op te fokken
- Anders, namelijk

8. Wat zijn volgens U de nadelen van rotatiekruising?

(Via cijfers rangorde van belangrijkheid aangeven, waarbij 1=belangrijkst. Een mogelijkheid niet invullen betekent: geen nadeel)

- Afname uniformiteit van de zeugenstapel
- Afname uniformiteit van de vleesvarkens

- Bijproducten
- Verplicht om zelf opfokzeugen op te fokken
- Moeilijker planning van vervanging zeugenstapel door onregelmatige productie van opfokzeugen
- Slechtere technische resultaten van de zeugenstapel
- De noodzaak van een goed registratie- en identificatiesysteem
- Anders, namelijk

9. Wat doet u met de bijproducten van rotatiekruising op uw bedrijf?

- Gaan met de biggenstroom mee
- Zelf afmesten
- Vaste afnemer
- Meerdere afnemers
- Anders, namelijk

10. Ziet u rotatiekruising voor uw bedrijf ook in de toekomst als het meest ideale systeem?

- Ja, want
- Nee, want
- Geen mening

11. Hoe ervaart u de foktechnische begeleiding in de rotatiekruising vanuit Cofok?

- Onvoldoende
- Voldoende
- Goed
- Uitstekend

Naam _____
 Adres _____
 Postcode : _____
 Woonplaats : _____

Bijlage 3: Enquête gehouden onder Stamboek-bedrijven

1. Bedrijfsomvang (aantal gemiddeld aanwezige dieren)

..... opfokzeugen (vanaf 12 weken tot 1^e inseminatie)

..... zeugen (na 1^e inseminatie)

..... vleesvarkens (vanaf 23 kg)

2. Hoe lang past U op uw bedrijf al rotatiekruising toe?

..... jaar

3. Welke lijnen gebruikt U voor rotatiekruising? (Aangeven met een kruisje in het betreffende hokje)

zeugenkant

eindbeer vleesvarkens

Fins landras

Nederlands landras

Yorkshire

Duroc

Andere, namelijk

4. Wat is het percentage zeugen op uw bedrijf dat wordt gebruikt voor de productie van moederdieren?

.....%

5. Wat is het percentage uitval bij de zeugen op uw bedrijf over 1994?

.....%

6. Wat zijn volgens U de vereisten voor bedrijf/varkenshouder om succesvol rotatiekruising toe te kunnen passen? (in volgorde van belangrijkheid, 1-5, 1= belangrijkste, zet een kruis wanneer het niet van toepassing is)

- Interesse in varkensfokkerij
- Nauwkeurige identificatie, registratie en administratie van de dieren op het bedrijf
- Minimale bedrijfsgrootte, namelijkzeugen
- Voldoende opfokgelegenheid hebben
- Anders, namelijk

7. Waarom bent U destijds begonnen met rotatiekruising? (in volgorde van belangrijkheid, 1-4, 1 = belangrijkste, zet een kruis wanneer het niet van toepassing is)

- Minder kans op ziekte insleep
- Meer selectiemogelijkheden, omdat gekozen kan worden uit de gehele zeugenstapel
- Financieel voordeliger dan aankoop van opfokzeugen
- Anders, namelijk

8. Wat zijn volgens U de nadelen van rotatiekruising? (in volgorde van belangrijkheid, 1 - 9, 1 = belangrijkste, zet een kruis wanneer het geen nadeel is)

- Afname uniformiteit van met name de zeugen
- Bijproducten
- Het niet beschikbaar zijn van voldoende goede lijnen voor de rotatiekruising

- Moeilijker planning van vervanging zeugenstapel door onregelmatige productie van opfokzeugen
- Door rotatiekruising dienen zeugenplaatsen opgeofferd te worden voor opfokplaatsen
- De noodzaak van een goed registratie- en identificatiesysteem
- Heterosisverlies ten opzichte van een 3- of 4-wegkruising
- Noodzaak om zelf opfokzeugen op te fokken
- Anders, namelijk

9. Hoeveel % van de bijproducten mest U zelf af?

.....%

9a Wat doet U met de bijproducten van rotatiekruising, indien U deze niet zelf afmest?

- a) gaan met biggenstroom mee
- b) gaan naar aparte afmester
- c) Anders, namelijk

10. Denkt U dat onderstaande technische resultaten van de zeugen verbeterd dan wel verslechterd zijn, door omschakelen naar rotatiekruising? (aangeven met + of -, niet invullen wanneer er geen verandering was)

- Aantal gespeende biggen per zeug per jaar
- Interval spenen-dekken
- Worpindex
- Anders, namelijk

11. Denkt U dat onderstaande mesterij-resultaten verbeterd dan wel verslechterd zijn, door omschakelen naar rotatiekruising? (aangeven met + of -, niet invullen wanneer er geen verandering was)

- groei
- voederconversie
- vleespercentage
- % dieren classificatie AA + A
- Anders, namelijk

12. Hoe wordt U op dit moment begeleid door het Varkensstamboek?

....., omdat

13. Eventuele opmerkingen

Naam : _____
 Adres : _____
 Postcode : _____
 Woonplaats : _____

REEDSEERDERVERSCHENENPROEFVERSLAGEN

Proefverslag Pl. 128

Vrijwaringsprogramma's tegen infectieziekten voor Nederlandse varkensbedrijven. J.W.G.M. Swinkels en Vesseur, P.C., maart 1995.

Proefverslag Pl. 129

Vermindering van het volume van zeugenmest door middel van omgekeerde osmose. J. P.B.F. van Gastel en Thelosen, J.G.M., mei 1995.

Proefverslag Pl. 130

Ervaringen met de Haglando-mestschuif op een vleesvarkensbedrijf in PROPRO. A. L.P. van de Sande-Schellekens, Brakel, C.E.P. van en Backus, G.B.C., juli 1995.

Proefverslag P1.131

Invloed van de energiewaarde in voer op de mesterijresultaten en slachtkwaliteit van borgen. C.M.C. van der Peet-Schwering e.a., juli 1995.

Proefverslag P1.132

Ervaringen met het ontwikkelen van het expertsysteem "SHE". E.R. ter Elst-Wahle, Backus, G.B.C. en Vesseur, P.C., juni 1995

Proefverslag P1.133

Oppervlakte en urine-afvoer van de dichte vloer in relatie tot hokbevuiling bij vleesvarkens. G.M. den Brok en Voermans, M.P., juli 1995.

Proefverslag P1. 134

Ammoniakemissie-arme kraamstallen. J.G. L. Hendriks, Brok, G.M. den en Voermans, M.P., augustus 1995.

Proefverslag Pl .135

Invloed van de tijdsduur tussen inseminatie en ovulatie op de produktie van zeugen. P.C. Vesseur, Binnendijk G.P. en Soede, N.M., september 1995.

Proefverslag P1.136

Bronststimulering van scharrelzeugen tijdens de lactatieperiode door gebruikmaking van natuurlijke hulpmiddelen. P.C. Vesseur, Plagge, J.G. en Scholten, R.H.J., september 1995.

Proefverslag P1.137

Het effect van bloedplasma in speenvoeders met verschillende eiwitbronnen op de opfokresultaten van biggen. C.M.C. van der Peet-Schwering en Binnendijk, G.P., oktober 1995.

Proefverslag Pl. 138

Vloeruitvoering en hokbevuiling bij gespeende biggen. H.M. Vermeer, Altena, H. en Vrielink, M.G.M., oktober 1995.

Proefverslag P1. 139

Gescheiden afvoer van urine en faeces in combinatie met spoelen bij vleesvarkens. E.R. ter Elst-Wahle en Brok, G.M. den, november 1995.

Proefverslag P1.140

Effect van multifasenvoeding op de technische resultaten en het waterverbruik van borgen en zeugen. C.M.C. van der Peet-Schwering en Plagge, J.G., december 1995.

Proefverslag P1. 141

Ammoniakarm huisvestingssysteem voor gespeende biggen. M.P. Voermans en Hendriks, J.G.L., februari 1996.

Proefverslag Pl. 142

Signaleren van afwijkingen in het eet- en drinkgedrag bij vleesvarkens. P. J. L. Ramaekers e.a., februari 1996.

Proefverslag Pl. 143

Bedrijfsvoering en bedrijfsuitrusting op hoogproductieve zeugenbedrijven. P. F. M. M. Roelofs en Backus, G.B.C., maart 1996.

Proefverslag P1. 144

MiA R of mineralenboekhouding? C. E. P. van Brakel, Geurts, J. en Backus, G.B.C., maart 1996.

Proefverslag P1. 145

Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. C.M.C. van der Peet-Schwering, Verdoes, N., Voermans, M.P. en Beelen, G.M., maart 1996.

Proefverslag Pl. 146

Ammoniakemissie in een vleesvarkensstal

bij gebruik van een vloeibare afdeklaag in de mestkelder E.R. ter Elst-Wahle en Brok, G.M. den, mei 1996.

Proefverslag P1. 147
Economische evaluatie van het voeren van natte bijproducten aan vleesvarkens. C. E.P. van Brakel, Scholten, R.H.J. en Backus, G.B.C., april 1996.

Proefverslag P1. 148
Aanzuren van vleesvarkensmest met organische zuren. J.G.L. Hendriks en Vrielink, M.G.M., mei 1996.

Proefverslag P1. 149
Zware vleesvarkens en luchtgedroogde ham. J.H. Huiskes, Binnendijk G.P. en Trigt, P.H. van, juni 1996.

Proefverslag P1. 150
Microbieel aanzuren van vleesvarkensmest. J.G.L. Hendriks en Vrielink, M.G.M., juni 1996.

Proefverslag P1. 151
Onbepaalde wateropname van dragende zeugen in groepshuisvesting. H.M. Vermeer, Peet-Schwering, C.M.C. van der en Wilt, F.J. van der, juli 1996.

Proefverslag P1. 152
Gedoseerde wa terverstrekking aan individueel gehuisveste dragende zeugen. C. M.C. van der Peet-Schwering, Voermans, M.P. en Vermeer, H.M., augustus 1996.

Proefverslag P1.153
Automatisch geregelde na tuurlijke ven tila tie bij vleesvarkens. I.A.A.C. Mouwen, Geurts, P.J.W.M., Binnendijk, G.P. en Brakel, C.E.P. van, augustus 1996.

Proefverslag P1. 154
Effect van vloeruitvoering op hokbevuiling en ammoniakemissie bij vleesvarkens. E. R. ter Elst-Wahle en Brok, G.M. den, augustus 1996.

Proefverslag P1. 155
Effect van mestkoeling op de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal. G.M. den Brok en Verdoes, N., augustus 1996.

Proefverslag P1. 156
Het effect van tarweras op de technische resultaten, de slachtkwaliteit, de gezondheid en de mestsamenstelling van vleesvarkens. R.H.J. Scholten, Plagge, J.G. en Peet-Schwering, C.M.C. van der, augustus 1996.

Proefverslag P1. 157
Aardappeleiwit (Protamyl® PF en Protastar®) in voer voor gespeende biggen. J.G. Plagge en Peet-Schwering, C.M.C. van der, september 1996.

Proefverslag P1. 158
Het grupstalsysteem voor guste en dragende zeugen in relatie tot ammoniakemissie. M.P. Voermans en Hendriks, J.G.L., september 1996.

Proefverslag P1. 159
Speendiarrée bij biggen: de factoren voeding en Escherichia coli. E.M.A.M. Bruininx en Peet-Schwering, C.M.C. van der, september 1996.

Proefverslag P1. 160
PVE/IKB-Productinformatie Biggen. Informatie-uitwisseling tussen vermeerderaars en vleesvarkenshouders. J.B. van der Fels en Huiskes, J.H., september 1996.

Proefverslag P1. 161
Klimaatregeling met koude-opslag in vleesvarkensstallen. N. Verdoes, Telle, M.G., Mouwen, I.A.A.C., Tuinte, J.H.G., Vrielink, M.G.M. en Brakel, C.E.P. van, oktober 1996.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 18,50 per verslag (m.u.v. P1.117, deze kost f 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen f 20,- per P I-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én f 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. P1.117, deze kost f 75,-). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor f 250,- per jaar.