



# Krydsningsavl

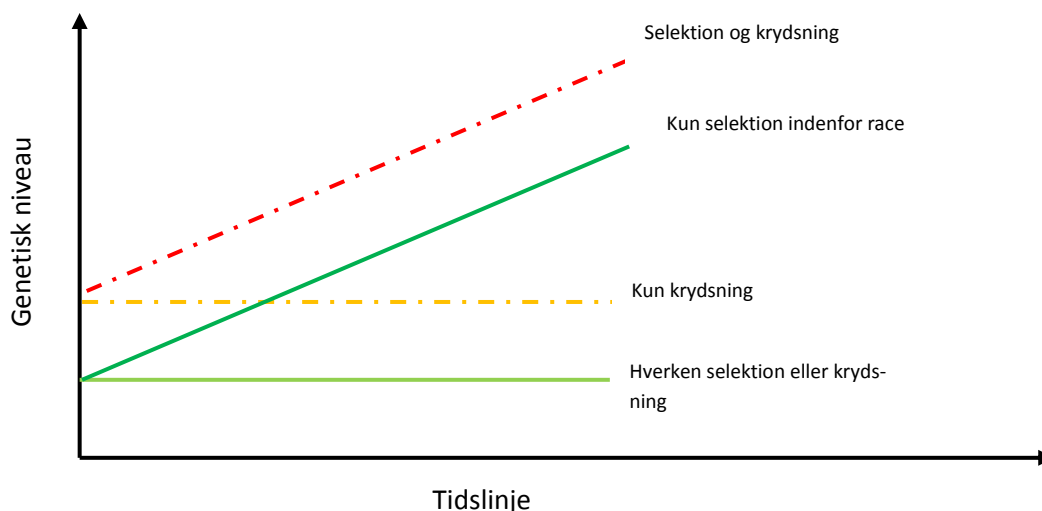
## En vej til opnåelse af større robusthed og holdbarhed ved danske malkekøer

*Morten Kargo, seniorrådgiver, Institut for molekylær biologi og genetik, Foulum-AU og specialkonsulent, SEGES Kvæg*

Krydsning af racer og linjer er ikke ny viden. Det har været kendt i over 200 år, at man ved at krydse opnår forstærkede præstationer grundet krydsningsfrodighed. Det har også været velkendt, at ubeslægtede individer alt andet lige klarer sig bedre end beslægtede som følge af indavlsdepression. Naturen har, som beskrevet af Darwin, gennem århundreder sørget for, at den stærkeste overlever. Denne overlevelse er stærkt korreleret med egenskaber som frugtbarhed, evnen til at føde levedygtigt afkom og sygdomsresistens - altså egenskaber relateret til frugtbarhed og robusthed. Derved er disse egenskaber over meget lang tid blevet forbedrede. Egenskaber har forholdsvis lav arvbarhed, hvilket vil sige, at en ret lille andel af den fænotypiske variation, vi ser, skyldes arv, men det er også egenskaber, hvor indavlsdepression og den modsatte pendant krydsningsfrodighed virker kraftigt.

### Krydsningsfrodighed

Krydsningsfrodighed er defineret som krydsningsafkommets avlsmæssige overlegenhed i forhold til gennemsnittet af forældreracernes avlsmæssige niveau (det additive niveau). I teorien bestemmes et dyrs samlede avlsmæssige værdi af den additive effekt, dominanseffekten og den epistatiske effekt. I avlsværdiurderingen tages der højde for additive effekter, da disse effekter videregives til afkommet. Krydsningsfrodighed opstår som følge af vekselvirkninger mellem forskellige gener (arveanlæg) inden for det samme genpar (dominanseffekter) og mellem gener fra forskellige genpar (epistatiske effekter), hvor dominanseffekten er den vigtigste. Oftest er dominanseffekten størst i dyr, som indeholder gener fra forskellige racer - heraf navnet krydsningsfrodighed. Da kombinationen af gener i afkommet adskiller sig fra kombinationen af gener i hvert forældredyr, bliver langt den væsentligste del af krydsningsfrodigheden ikke videregivet til afkommet. Krydsningsfrodighed kan altså betragtes som en ekstra gevinst, der lægges oveni den permanente avlsfremgang, der skabes i de rene racer, som det fremgår af figur 1. Krydsningsfrodighedens størrelse afhænger bl.a. af, hvor beslægtede forældreracerne er med hinanden, og hvor indavlede dyrene er inden for hver forældrerace. Generelt kan man sige, at jo mindre beslægtede forældreracerne er med hinanden, og jo mere indavlede forældreracerne er des større krydsningsfrodighed. Krydsningsfrodighed kommer især til udtryk i de funktionelle egenskaber. Det er dog ikke kun de egenskaber, der kontrolleres af mange gener, som f.eks. ydelse, mastitisresistens og frugtbarhed, der påvirkes i en positiv retning af krydsningsavl. Risikoen for at arvelige sygdomme, der kontrolleres af ét gen og nedarves recessivt (vigende), kommer til udtryk, mindskes ligeledes ved at krydse dyr fra forskellige racer. I tabel 1 er der angivet overordnede tal for, hvor stor krydsningsfrodighed der kan opnås for udvalgte økonomisk vigtige egenskaber i malkekvægsproduktionen.



Figur 1. Ideen i krydsningsavl

Tabel 1. Krydsningsfrodighed for udvalgte egenskaber for en gennemsnitlig førstegangskrydsning

Egenskab	Krydsningsfrodighed
Ydelse	3 pct.
Frugtbarhed	10 pct.
Koens evne til at føde	10-15 pct.
Kalvens evne til at blive født	- 10-15 pct.
Holdbarhed	10 – 15 pct.
DB pr. ko	Minimum 10 pct.

### Hvorfor er vi avlsmæssigt der, hvor vi er?

Da vi for omkring 150 år siden begyndte et systematisk avlsarbejde med kvæg, var det primært for at forbedre egenskaber som ydelse og eksteriør – egenskaber med høj arvbarhed. Grunden, til at disse egenskaber blev udvalgt, var selvfølgelig, at de havde stor økonomisk betydning, og at de var nemme at registrere. I en lang periode var det avlsmæssige fokus fraværende i forhold til egenskaber relateret til robusthed i renavl, og avlsarbejdet blev ofte foretaget indenfor linjer med høj slægtskab imellem dyrene til følge. Allerede i tresserne var den røde danske malkerace så indavlet, at dyrene i gennemsnit var ligeså beslægtede som fætre og kusiner, og dyrene mistede robusthed. Det slog praktisk talt en race, med et efter datidens målestik meget højt avlsmæssigt potentiale for ydelse, ihjel.

Racebegrebet er imidlertid fleksibelt og politisk bestemt. RDM besluttede sig for at tillade indkrydsning med forskellige racer. Det blev kaldt renavl, men var krydsningsavl. Resultatet udeblev ikke, de nye hybrid RDM dyr var robuste og stærke. Vore andre malkeracer SDM og Jersey havde kørt knapt så hårdt på linjeavl som RDM og havde desuden mulighed for at hente avlsmateriale ind fra søsterracer i andre lande - primært USA. Avlsværdiurderingsmetoderne blev samtidig bedre, især med indførelsen af "Animal Model", hvor beslægtede dyrs præstationer indgår i et dyr avlsværdi. Det betød stor avlsfremgang for egenskaberne produktion og eksteriør, som for Holstein og Jersey var de primære egenskaber i det i praksis anvendte avlsmål sidst i forrige århundrede, men betød også en meget stærkt koncentration på enkelte tyrelinjer. En Holstein ko anno 2016 i den

vestlige verden har således ca. 1/3 af generne fra 3 tyre. Da produktionsegenskaber samtidig har en avlsmæssig ugunstig sammenhæng med egenskaber, der relaterer sig til robusthed og holdbarhed, var der over en længere årrække avlsmæssig tilbagegang for disse egenskaber.

Brugen af NTM indekset (indtil 2008 S-indekset), indeholdende mange funktionelle egenskaber, i udvælgelsen af racernes kvægavlsforeningstyre de seneste 15-20 år har rettet op på dette, men mange malkekvægsproducenter ønsker endnu mere fremgang for disse egenskaber, og her kommer krydsning så igen ind i billedet.

### **Andre arter anvender mere systematisk krydsning i malkekvæget**

Andre arter, såsom svin og fjerkræ, har for længst inddraget systematisk krydsningsavl som en meget vigtig part af produktionen. Således er langt over 95 % af de slagtesvin, som slagtes i Danmark, resultatet af systematiske krydsningsprogrammer. Hos kvæg har omfanget imidlertid, indtil for få år siden, været meget begrænset og er stadig på et lavt niveau, idet kun 9 % af de kviekalve, som fødes, stammer fra systematiske krydsningsprogrammer. Der er forskellige årsager til, at det er gået trægt indenfor malkekvægavlen. Den ene er, at kvægbrugerne qua en ret høj udskiftningsprocent, indtil indførelsen af kønssorteret sæd, har skullet bruge næsten alle fødte hundyr i produktionen og dermed som mødre til de kommende produktionsdyr. Desuden har avlsfremgangen, indtil indførelsen af genomisk selektion, været afhængig af, at der var en tilstrækkelig stor renracet population til at afprøve kvægavlsforeningstyre i. Med genomisk selektion behøver den renracede kerne dog ikke være så stor som hidtil. Derfor kan den nødvendige avlsfremgang, som vist i figur 1, opnås i en mindre del af populationen eller i en mindre race, således at krydsningsavl ikke hæmmer avlsfremgangen i de rene racer.

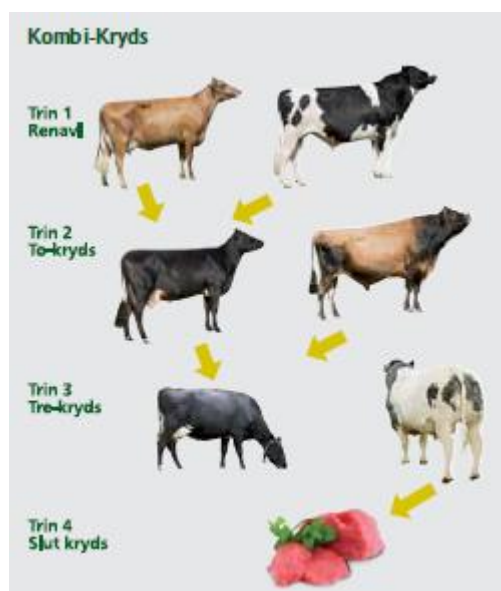
### **Systematiske avlsplanssystemer - rotationskrydsning versus Kombi-Kryds**

Førstegangskrydsninger (F1-krydsninger) opstår ved krydsning mellem to racer. Eftersom forældrene til F1-krydsningerne har forskellig genetisk baggrund, er de gener, som afkommet modtager fra hhv. koen og tyren, mere forskellige end hos renracet afkom. Man siger, at F1-krydsninger udviser fuld krydsningsfrodighed. Krydsningsfrodigheden er derfor altid større i F1-krydsninger end i krydsningsdyr, der er et resultat af tilbagekrydsning med én af forældreracerne. Ved rotationskrydsning anvendes krydsningshundyrerne til videre avl, og samtlige dyr i besætningen indgår således i krydsningsprogrammet. Det er muligt at bevare en større andel af den fulde krydsningsfrodighed i rotationskrydsning med tre racer end i rotationskrydsning med to racer (tabel 2). I krydsningsprogrammet Kombi-Kryds udviser samtlige krydsningsdyr fuld krydsningsfrodighed, fordi der ikke tilbagekrydses med dyr fra forældreracerne. Kombi-Kryds kræver en højere grad af styring end trerace-rotationskrydsning, således at der hele tiden er det rette antal dyr i de forskellige dyregrupper. Desuden kræver Kombi-Kryds gode reproduktionsresultater eller/og anvendelse af kønssorteret sæd. Til gengæld er krydsningsfrodigheden større i krydsningsdyrene ved brug af Kombi-Kryds end ved brug af rotationskrydsning.

Tabel 2. Krydsningsfrodighed i forskellige avlssystemer som procent af fuld krydsningsfrodighed

Krydsningsdyr	Krydsningsfrodighed, %
F1: Race 1 × Race 2	100
Rotationskrydsning med to racer: (Race 1 × Race 2) × Race 1 (eller Race 2)	67
Rotationskrydsning med tre racer: (Race 1 × Race 2) × Race 3	86
Krydsningsdyrene i avlsprogrammet Kombi-Kryds	100

Ideen i Kombi-Kryds er vist i figur 2. De bedste dyr af udgangsracen insemineres med kønssorteret sæd af egen race. Herved opnår den renracede kerne et øget avlsmæssigt niveau, idet de renracede hundyr er tillagt på de avlsmæssigt bedste dyr. De resterende hundyr i kernen insemineres med kønssorteret sæd af en anden malcerace og føder dermed To-kryds. Alle To-kryds dyr insemineres med kønssorteret sæd af en tredje malcerace og føder derved Tre-kryds. Som følge af den intense brug af kønssorteret sæd i de foregående led kan alle Tre-kryds insemineres med kødkvægssæd.



Figur 2. Ideen i Kombi-Kryds

### Racer

Anvendelse af systematisk krydsningsprogrammer er ensbetydende med, at man kan drage nytte af de styrker, de enkelte racer har set i forhold til de krav, der er til dyrene i de forskellige produktionssystemer. Dette er årsagen til fleksibiliteten i krydsningsavl, men samtidig også årsagen til, at der ikke kan gives et endegyldigt svar på hvilke racer, der skal indgå i et krydsningsprogram hos en given kvægbruger, før produktionsforholdene er undersøgt til bunds.

I de fleste produktionssystemer i Danmark vil anbefalingen være at anvende racerne Holstein, Nordisk Rødt og Jersey eller en af de to Alpine racer Montbeliarde eller Fleckvieh. Specifikke forhold i relation til staldinventar kan dog i nogle tilfælde udelukke Jersey pga. racens størrelse.

## Udbredelse af systematisk krydsningsavl udenfor Danmark

Lidt populært kan man sige, at krydsning er spirende i Europa, har kimblade i USA, og står i fuld flor i New Zealand, hvor krydsningsdyrene udgør ca. 42 % af de knap 5 millioner malkekøer, og over 50 % af de førstekalvskøer, som indsættes, er krydsningsdyr. Andelen af krydsningskøer er således stadig i fremgang i New Zealand, hvor mælkeproduktionen gennem mange år har været underlagt verdensmarkedspriser.

## Resultater fra praksis

Generelt ser vi, at krydsningsdyr malke på samme niveau eller en anelse bedre end renrace Holstein køer under de samme managementforhold, og samtidig har de væsentlig bedre funktionelle egenskaber. I tabel 3 er vist, hvorledes krydsninger mellem Nordisk Rødt og Holstein klarer sig i forhold til rene Holstein køer. Disse resultater er årsagen til, at disse krydsningsdyr har 10 % flere dyr, der opnår en 3. kælving end Holstein. Helt nye danske resultater for Montbeliarde-Holstein krydsninger viser, at denne type krydsninger også yder lidt bedre end Holstein og samtidig har gode funktionelle egenskaber. Dette er i tråd med resultater fra både USA og Frankrig.

Tabel 3. Indenfor besætningsforskelle imellem Nordisk Rødt \* Holstein krydsninger og rene Holstein

	Mælk kg	Fedt kg	Protein kg	Inseminerings- interval dage	Insemineringer antal	Yverbetændelse procentpoint
1. laktation	- 98	+ 10	+ 4	- 6	- 0,10	- 1,6
2. laktation	- 381	+ 2	- 3	- 6	- 0,08	- 5,2

I de krydsningsprojekter, vi har haft i de seneste år, har vi haft en tæt opfølgning på fem besætninger, der startede op med Kombi-Kryds for ca. 5 år siden, og nu er vi ved at have de første resultater. De er lovende i alle fem besætninger. I tabel 4 er vist resultater fra en af besætningerne, hvor der findes mange To-kryds imellem Jersey og Holstein. Som det fremgår af tabellen, har krydsningerne gode præstationer i forhold til de rene Holstein køer, selv om de er tillagt på de avlsmæssigt dårligste Holstein køer. På linket her ses en video fra en af de andre demonstrationsbesætninger: [https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Avl/Sider/Film-om-Kombi-Kryds\\_2279.aspx](https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Avl/Sider/Film-om-Kombi-Kryds_2279.aspx)

Tabel 4. Sammenligning imellem Jersey \* Holstein krydsninger og rene Holstein køer i en af Kombi-Kryds demonstrationsbesætningerne

	Holstein		Jer x Hol	
	Præstation	Antal dyr	Præstation	Antal dyr
1. laktation				
Kg fedt + protein	681	56	710	47
Dage 1. til sidste ins	29	49	21	40
Antal ins pr. drgt.	1,72	47	1,70	40
Tilfælde mastitis	0,06	49	0,16	43
2. laktation				
Kg fedt + protein	791	23	822	29
Dage 1. til sidste ins	32	16	21	20
Antal ins pr. drgt.	1,44	16	1,7	20
Tilfælde mastitis	0,06	18	0,07	28

### Fremtiden

SEGES Kvæg har et mål om, at 40 % af de danske kvægbesætninger i 2020 skal anvende en eller anden form for systematisk krydsningsavl, idet det vil styrke den samlede økonomi i kvægbruget. Med de resultater vi ser i praksis i både Danmark og i udlandet, bør dette være opnåeligt. Det kræver imidlertid gode rådgivnings- og styringsværktøjer. Derfor er insemineringsplanprogrammet her ved årsskiftet forbedret, så det er blevet meget lettere at styre et systematisk krydsningsavlsprogram, og i løbet af forår/sommer vil en DMS udskrift, der viser forskellige krydsningsgruppers ydelse, frugtbarhed m.m. indenfor besætningen være tilgængelig, og i løbet af et år vil SimHerd Crossbred, som beregner den økonomiske effekt af krydsning på besætningsniveau, være udviklet.