



## Information om index för HD och ED

Höft- och armbågsledsdysplasi (HD och ED) är vanligt förekommande hos många hundraser. Svenska Kennelklubben inför skattning av avelsvärden (så kallat index) för HD och ED för ett effektivare avelsarbete för bättre ledhälsa. Dessa index införs i Avelsdata, inledningsvis för fem raser: golden retriever, labrador retriever, flatcoated retriever, berner sennenhund och rottweiler.

Skattning av avelsvärden innebär att man inte bara utnyttjar den information som finns om enskilda hundars egen höftleds- respektive armbågsledsstatus vid val av avelshund, utan även tar hänsyn till släktingars röntgenresultat. På så sätt får man bättre kunskap om den tilltänkta avelshundens gener och sannolikheten för att den ska nedärva, eller inte nedärva, HD eller ED. Detta kan bidra till att minska förekomsten av dessa ledproblem hos våra hundar mer effektivt än vad som hittills varit möjligt.

I detta dokument ges en beskrivning av varför HD-/ED-index behövs, vad index är, hur det beräknas och under vilka förutsättningar index för HD och ED är användbart i avelsarbetet. De facktermer som används förtydligas endast ytligt i texten, för mer utförliga förklaringar hänvisas till den ordlista som finns i slutet.

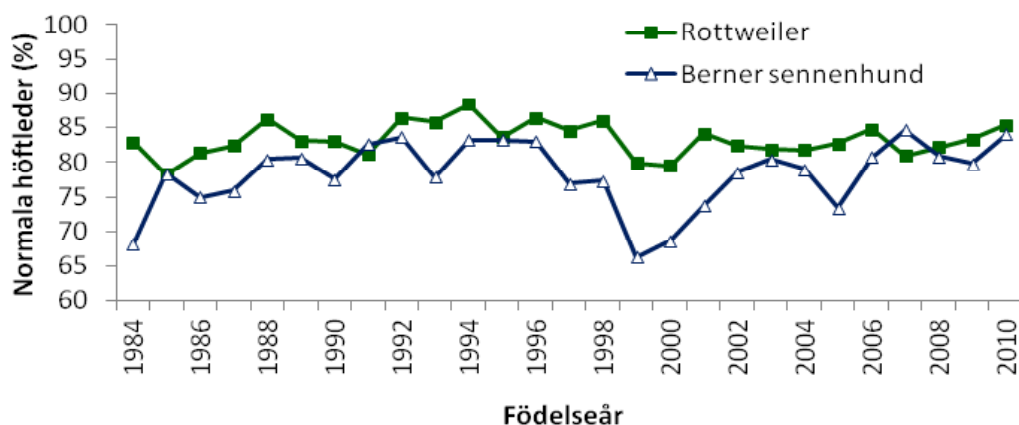
### Varför behövs index för HD och ED?

Många studier har visat att HD och ED är så kallade polygena, eller kvantitativa, egenskaper där fenotypen (det vi kan se eller mäta) påverkas av många gener och olika miljöfaktorer. Arvets inverkan på dessa egenskaper är relativt stor, arvbarheten ligger i de flesta studier på 30–40 %. Detta innebär att man kan förvänta sig goda möjligheter att genom avelsurval minska frekvensen av HD och ED. I tabell 1 nedan redovisas skattningar av arvbarheten för HD och ED i de raser för vilka index beräknas av SKK.

Ras	HD	ED
Rottweiler	40 %	33 %
Berner sennenhund	42 %	35 %
Golden retriever	41 %	30 %
Labrador retriever	42 %	28 %
Flatcoated retriever	41 %	–

Tabell 1. Arvbarhet för HD och ED i de fem raser för vilka index beräknas av SKK. För flatcoated retriever beräknas endast HD-index.

Den relativt höga arvbarheten till trots visar utvärderingar av dysplasi-förekomsten i olika länder att uppställda hälsoprogram i de flesta fall har varit ineffektiva. I Sverige har selektionen för bättre ledstatus varit effektivare än i många andra länder och gett en nedgång i såväl HD- som ED-förekomst i många raser. Urvalet har baserats på resultat från röntgenundersökning av höft- och armbågsleder och i många raser används uteslutande HD-fria individer i avel. Trots dessa åtgärder visar sammanställningar av HD-frekvensen i olika raser att de framsteg som man initialt (under åren 1976–1984) såg för HD när hälsoprogrammen infördes nu har planat ut (Figur 1). Vad beror detta på?



Figur 1. Andel hundar med normala höftleder (utan anmärkning alt. grad A eller B) vid röntgen fördelat på födelseår. Data från Svenska Kennelklubben.

En viktig orsak är sannolikt att röntgenbilden ger begränsade möjligheter att beskriva skillnader i ledens kvalitet, framförallt för hundar med normala leder. Även om HD och ED är kvantitativa egenskaper, med en underliggande kontinuerlig variation, graderas leden i ett fåtal klasser. Många hundar hamnar i samma klass trots att deras genupsättning (genotyp) kan skilja sig åt. Detta, i kombination med inverkan av miljöfaktorer, medför att den enskilda hundens röntgenresultat ger en ofullständig bild av dess genetiska förutsättningar.

### Ineffektiv selektion

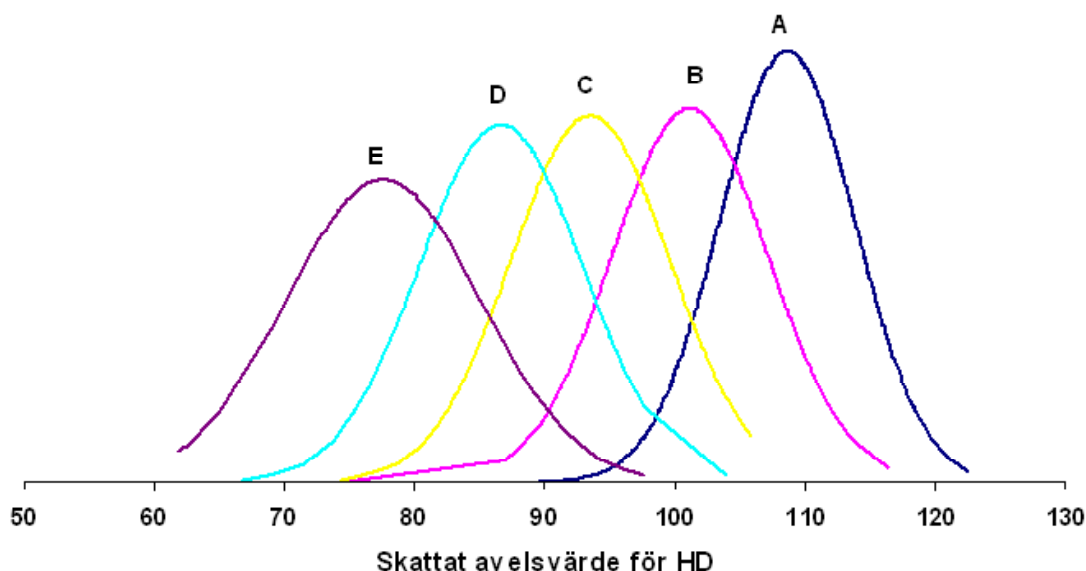
De hälsoprogram som upprättats för bättre ledhälsa baseras enbart eller huvudsakligen på individens eget röntgenresultat, så kallad individselektion eller fenotypselektion. Ett sådant urval innebär i praktiken att samtliga hundar med samma HD-/ED-grad bedöms som likvärdiga ur avelssynpunkt för den aktuella egenskapen. Selektionen inom denna kategori, till exempel hundar med normala armbågsleder, blir därmed slumpmässig och ineffektiv. Ju större andel av hundarna som har normala leder, desto mer ineffektiv blir individselektionen. I raser där man länge använt enbart hundar med normala leder i avel kommer man nu inte längre med individselektion, instrumentet blir för trubbigt. För ett fortsatt avelsframsteg i dessa raser krävs att man tar ökad hänsyn också till HD-/ED-resultat hos släktingar. Denna information går att systematisera i ett index. Genom att ta hänsyn även till släktingars resultat vid avelsvärderingen blir det möjligt att skilja individer med samma fenotypiska HD-/ED-status åt. Detta ger en säkrare värdering av individens avelsvärde jämfört med att bedöma enbart djurets egen fenotyp och gör det möjligt att

effektivare selektera de avelsmässigt bästa hundarna. För valpköpare innebär ett index att de lättare kan bedöma chanserna att få en friröntgad hund.

### Miljöfaktorer påverkar

Fenotypen för HD och ED påverkas, utöver arvsanlagen också av olika miljöfaktorer. Även detta bidrar till att enbart individens egen HD-/ED-status är ett osäkert mått på dess genotyp. Olika så kallade systematiska miljöfaktorer kan påverka röntgenresultatet. Några exempel på sådana faktorer är hundens kön, ålder vid röntgen och vilket sederingspreparat som använts vid röntgentillfället. Vid skattning av avelsvärden kan man ta hänsyn till och korrigera för effekten av olika systematiska miljöfaktorer som kan inverka på undersökningsresultatet. Det innebär att miljö- och genetiska effekter särskiljs mycket effektivare både inom och över tidsperioder. Med detta kan man också med större säkerhet skatta hur stort avelsframsteget varit och vilken påverkan andra faktorer haft på utvecklingen av HD och ED över tiden.

I figur 2 på nästa sida illustreras fördelningen av avelsvärden för HD hos hundar av rasen Berner sennenhund. Av figuren framgår att majoriteten av hundar med HD-status A har bättre (högre) index än de med HD-status B, som i sin tur i genomsnitt har bättre index än hundar med HD-status C etc. Överlappningen mellan kurvorna speglar effekten av att man i skattningen av avelsvärdet utöver individens egen HD-status även vägt in information om släktingar samt korrigerat för systematiska miljöeffekter. Därför kan en individ med HD-status A ha sämre avelsvärde än en hund med B, C, eller till och med D på höfterna. Men i genomsnitt kommer ändå individer med bättre HD-status även att ha ett bättre avelsvärde än de med sämre status. Den uppenbara fördelen med HD-/ED-index är att man med större säkerhet kan förutsäga i vilken utsträckning en hund kan förväntas bidra till HD eller ED hos avkommorna.



Figur 2. Fördelning av HD-index för berner sennenhundar med olika HD-status. Högre index motsvarar bättre avelsvärde för HD.

### Vad menas med avelsvärde och index?

För att kunna välja ut lämpliga föräldradjur till nästa generation måste man försöka bedöma vilka individer som är de avelsmässigt bästa. Detta kräver att man kan göra skillnad på om ett djur är bra på grund av sina arvsanlag, eller om det är miljön som varit gynnsam. Avelsvärdet är ett mått på individens nedärvningsförmåga, eller mer exakt en skattning av individens additiva genotypvärde. Detta innebär att avelsvärdet är en förutsägelse om hur hundens avkommor kommer att utvecklas i en viss egenskap, och inte ett mått på vad avelshunden själv har för resultat. Avelsvärdet ger oss en uppfattning om vilken effekt vi kan förvänta oss i kommande generationer av att använda det aktuella djuret i avel. I praktiken kan vi inte beräkna det exakta eller sanna avelsvärdet, istället får vi nöja oss med att skatta avelsvärdet. Detta skattade avelsvärde kallas ofta för index men ibland också för bara avelsvärde.

Det är viktigt att komma ihåg att ett index för HD eller ED ger information om hundens avelsvärde just i fråga om denna egenskap, inte om dess avelsvärde totalt. I den rasspecifika avelsstrategin (RAS) för varje ras behöver selektionen mot HD/ED bedömas i relation till hur avelsdjuren ska selekteras och användas med avseende också på andra egenskaper som är av betydelse, och med hänsyn till populationsstruktur och genetisk variation.

### Vad uttrycker indexet?

Indexet uttrycker hundens skattade avelsvärde för HD eller ED i förhållande till genomsnittet i rasen, eller mer exakt i förhållande till den för rasen definierade referenspopulationen. Hundarna i referenspopulationen ska återspegla den genetiska nivån avseende HD/ED hos den svenska populationen av aktuella (nu levande) hundar. Den enskilda hundens index uttrycker dess skattade avelsvärde för HD/ED i förhållande till genomsnittet för de hundar som ingår i referenspopulationen. Genomsnittligt index för hundarna i referenspopulationen sätts till 100. Hundar med ett index över 100 förväntas lämna avkommor med bättre HD-/ED-status än genomsnittet i referenspopulationen, och hundar med ett index under 100 förväntas lämna avkommor med en HD-/ED-status som är sämre än genomsnittet. Eftersom den genomsnittliga HD-/ED-statusen inte är densamma i de olika raserna motsvarar ett index på 100 olika HD-/ED-status beroende på ras.

Den referenspopulation som används vid beräkning av SKKs index för HD och ED innehåller svenska hundar födda under en femårsperiod, definierad som år  $n-6$  till  $n-2$  där  $n$  är innevarande år. Referenspopulationen ändras således vid varje årsskifte. År 2012 består referenspopulationen av hundar födda under perioden 2006-2010.

Spridningen för HD-/ED-index standardiseras kring genomsnittet på 100 med en genetisk standardavvikelse (SD) på 15 enheter för det ”sanna avelsvärdet”.

Eftersom säkerheten för det skattade avelsvärdet, det vill säga för HD-/ED-indexet, inte är 100 % kommer SD för indexvärdet att vara något lägre, runt 8–11. Man förväntar sig, baserat på normalfördelningen av de skattade avelsvärdena, att 95 % av hundarna har ett indexvärde som ligger  $\pm 2$  SD, det vill säga någonstans runt 80–120. Eftersom fördelningen av framförallt ED-index är något skev kommer den verkliga spridningen snarare att ligga på 75–115 i de flesta raser.

### Hur beräknas index för HD och ED?

Skattning av avelsvärden för HD och ED görs med den så kallade BLUP-metoden. BLUP är en förkortning av ”Best Linear Unbiased Prediction”. Namnet ger en beskrivning av metodens egenskaper, det vill säga det är en statistisk analys i vilken en linjär modell används för få fram den ”bästa” skattningen av avelsvärdet utan några systematiska fel (unbiased). I Sverige används sedan många år BLUP-metoden för skattning av avelsvärden inom mjölkko-, häst-, och fåraveln. Samma utveckling har skett internationellt, med begynnande tillämpningar även på hundsidan. Index för HD, och i viss utsträckning för ED, skattas för flera hundraser i våra nordiska grannländer (Finland, Norge och Danmark) samt i Tyskland.

BLUP-metoden är en simultan skattningsprocess där avelsvärden för ett stort antal individer skattas samtidigt genom samtidig lösning av en mängd ekvationer uppställda i form av så kallade matriser. Korrigering för systematiska miljöfaktorer görs också samtidigt som skattningen av avelsvärdena. Genom detta blir inte avelsvärderingen felaktig (biased) på grund av felaktiga antaganden om effekten av de olika miljöfaktorerna. BLUP-metoden kan användas med olika modeller som beskriver datamaterialet och där målsättningen är att så bra som möjligt kunna särskilja genetiska effekter (avelsvärden) från andra variationsorsaker (miljöfaktorer).

Vid skattningen av avelsvärden utnyttjas alla tillgängliga data, det vill säga all information om släktingars ledstatus som finns i SKKs veterinärdataregister för den aktuella rasen inkluderas i beräkningarna. Vid varje ny analys (uppdatering) med ny tillkommen information, till exempel i form av nya röntgenresultat för HD eller ED, skattas avelsvärden för samtliga individer på nytt.

Den statistiska modell som används av SKK vid skattning av avelsvärden för HD och ED inkluderar effekt av kön, födelsemånad, ålder vid röntgen, undersökningsår, sederingspreparat (endast för HD)

samt kombinationen av veterinärklinik och undersökningsår. Genom att inkludera information om systematiska miljöfaktorer i den statistiska modellen kan korrigering för dessa faktorer göras. Jämförelser av avelsvärden för individer av olika kön, ålder osv. blir därmed mer rättvisande.

### Uppdatering av index

En hunds HD-/ED-index är inte ett statiskt värde, utan påverkas av ny tillkommen information om HD-/ED-status hos till exempel avkommor eller syskon. Allteftersom nya hundar undersöks avseende HD och ED ökar den tillgängliga information som ligger till grund för skattningen av HD-/ED-index. Därför måste de skattade avelsvärdena rutinmässigt uppdateras. Det innebär att nya skattningar görs för samtliga hundar i data. Vid varje nytt beräkningstillfälle kommer all tillgänglig information om individens och släktingars HD-/ED-status att inkluderas. I de fall där ny information har tillkommit om individen själv eller om någon av dess släktingar kan det skattade avelsvärdet komma att ändras jämfört med föregående beräkning. Ju mer information skattningen av avelsvärdet baseras på, ju säkrare blir skattningen och desto mindre förändringar kommer ytterligare information att orsaka.

SKKs HD-/ED-index uppdateras rutinmässigt så ofta som en gång i veckan. Det innebär att tiden från att ny information om röntgenresultat för HD/ED tillkommer i SKKs register tills dess att denna information inkluderats i de skattade avelsvärdena inte blir länge än en vecka. En individ som undersökts för HD eller ED kommer därmed att kunna tilldelas ett index kort efter det att röntgenresultatet registrerats hos SKK. För användningen av index i det praktiska avelsarbetet är det värdefullt att de skattade avelsvärdena är aktuella och att de görs tillgängliga så snart som möjligt efter det att ny information tillkommit.

### Vad menas med avelsvärdets säkerhet och medelfel?

Ett viktigt begrepp i samband med avelsvärdering är avelsvärdets säkerhet. Det är viktigt att de djur vi bedömer vara de bästa ur avelssynpunkt också verkligen har de bästa arvsanlagen för egenskapen. Vi vill därför få en så säker skattning av avelsvärdet som möjligt. Eftersom vi kan ha olika antal informationskällor (det vill säga släktingar med röntgenresultat) samt att varje informationskälla kan innehålla varierande mängd genetisk information kan säker-

heten i det skattade avelsvärdet variera mellan 0 och 1 (där 0 betyder att man inte har någon information och 1 att man känner till djurets sanna avelsvärde). I praktiken kommer säkerheten för de index som publiceras i Avelsdata att variera mellan runt 0,6 till 0,9. Ett stort antal avkommor med information om HD-/ED-status ökar säkerheten i skattningen betydligt. Ju fler avkommor som ingår i beräkningen, desto mindre betydelse får informationen från övriga släktingar. Importerade hundar och hundar som har få släktingar undersökta kommer att få en osäker skattning av sitt avelsvärde.

Baserat på säkerheten i skattningen kan indexets medelfel beräknas. Medelfelet anger hur många enheter hundens index förväntas variera som mest mellan olika beräkningstillfällen ( $\pm$  medelfelet). Ett mindre medelfel indikerar ett säkrare index. Medelfelet publiceras tillsammans med hundens HD-/ED-index i Avelsdata under rubriken "Veterinärdata". I tabell 2 redovisas sambandet mellan säkerhet i skattningen och medelfelet (beräknat för index med en genetisk standardavvikelse på 15).

Säkerhet	Medelfel
0,60	12,0
0,65	11,4
0,70	10,7
0,75	9,9
0,80	9,0
0,85	7,9
0,90	6,5
0,95	4,7
0,99	2,1

Tabell 2. Samband mellan indexets säkerhet och medelfel. Beräknat för index med en genetisk standardavvikelse på 15.

Med en arvbarhet på 40 % kommer en hund med enbart information om eget röntgenresultat att få ett medelfel på 12 (säkerhet = 0,63), om även föräldradjurens är röntgade blir medelfelet 11 (säkerhet = 0,69). Hund som utöver information om eget och föräldradjurens resultat har 10 röntgade avkommor kommer att få ett medelfel på 10 (säkerhet = 0,82). Medelfelet för ett mycket säkert index kommer att ligga runt 5 (säkerhet = 0,95). För att uppnå en så hög säkerhet behövs ett stort antal (runt 50) röntgade avkommor.

## Vilka hundar får ett index publicerat i Avelsdata?

För att HD- och/eller ED-index för en individ ska publiceras i Avelsdata ställs krav på att hunden själv har ett undersökningsresultat för HD respektive ED. Detta krav är en avvägning mellan fördelarna med de upplysningar som ett tidigt publicerat index tillför och nackdelarna av att publicera osäkra skattningar som kan variera mycket mellan olika uppdateringar. Dessutom skulle en alltför tidig publicering av index, utan krav på egen HD-/ED-status, troligen innebära att motivationen för att röntga sin hund skulle minska och således medföra en reducerad andel röntgade hundar.

För utländska hundar med röntgenresultat från ett annat land finns i många fall inte något eget resultat inlagt i SKKs veterinärdata, även om dessa hundar i enlighet med hälsoprogrammet är formellt godkända för användning i avel. För utländska avelsdjur utan eget resultat i SKKs databas kommer därför HD-/ED-index att publiceras först när säkerheten i skattningen uppnått ett värde som motsvarar den säkerhet som ett eget undersökningsresultat ger. I praktiken innebär detta att en hund med utländskt röntgenresultat får sitt index publicerat först när den genom information från sina avkommor fått en tillräckligt säker skattning av avelsvärdet. Det antal avkommor som krävs för att uppnå samma säkerhet som ett eget resultat ger kan uppnås då runt 5–8 avkommor har röntgats, det vill säga efter en eller två kullar i vilka större andelen av valparna kommit till undersökning.

HD-/ED-index kommer att publiceras för hundar födda år 2000 eller senare. Detta eftersom hundar födda före det med stor sannolikhet är döda eller åtminstone inte längre är aktuella i avelsarbetet.

## För vilka raser är index användbart?

En central frågeställning är givetvis för vilka raser detta nya avelsverktyg är intressant. Det finns flera olika aspekter som bör beaktas vid utformningen av en strategi för bekämpning av HD och/eller ED i en ras. Den kanske viktigaste aspekten är hur stort problem förekomsten av HD och/eller ED utgör i rasen; hur frekvent är defekten och vilken klinisk betydelse har den? I vissa raser kan det rent av vara så att större avelshänsyn än optimalt redan tas till HD eller ED vilket medför att andra mer angelägna problem hamnar i skymundan. I sådana fall kan det vara olämpligt att införa ett index som riskerar att sätta ännu större fokus på HD-problematiken. I andra raser utgör däremot HD/ED ett betydande problem i form av hältor,

sämre brukbarhet och avlivning av unga och i övrigt friska individer.

I många raser har man under en längre period använt enbart fria hundar i avel och lyckas inte längre minska frekvensen dysplasi med urval baserat på enbart fenotyp. I dessa raser kan en selektion utifrån HD-/ED-index förväntas ge ett större genetiskt framsteg genom ökade möjligheter att skilja icke dysplastiska individer åt. I andra raser ligger HD-frekvensen på relativt höga nivåer, men den begränsade avelsbasen medför att en selektion av enbart fria individer inte är möjlig med hänsyn till den genetiska variationen i rasen. Även i dessa raser kan index vara ett användbart instrument för att skilja fenotypiskt likvärdiga individer åt, till exempel hundar med höftleder graderade som C. Därmed kan man förfina selektionen mot HD eller ED och undvika att onödigt många hundar selekteras bort på grund av sin HD-/ED-status.

### **Vilka förutsättningar ska vara uppfyllda för införande av index i en ras?**

En grundförutsättning för införande av HD- och/eller ED-index är att det finns tillräckligt mycket information om HD-/ED-status registrerat i rasen för att avelsvärden ska kunna skattas med tillfredställande säkerhet. I små raser, eller raser med mycket få undersökta hundar, kommer ett index inte att tillföra mycket mer information än den som redan finns, det vill säga de röntgade hundarnas fenotypvärden. I dagsläget går det inte att för varje enskild ras säga huruvida avelsvärden för HD respektive ED går att skatta med tillräcklig säkerhet. Sannolikt kommer krävas att rasen, inom ramen för SKKs genetiska hälsoprogram, har krav på känd HD-/ED-status eller krav på fria höfter/armbågar för föräldradjuren.

### **När blir index tillgängligt för min ras?**

Index för HD och ED införs från årsskiftet 2011/12 för de fem första pilotraserna: rottweiler, berner sennenhund, golden retriever, labrador retriever och flatcoated retriever (endast HD-index). Enligt projektplanen kommer index för HD och ED (i vissa raser enbart för HD) att införas för ytterligare raser från årsskiftet 2012/13. Beslut om vilka raser som då ska få index kommer att tas under 2012 och baseras bland annat på HD/ED-statistik från SKK och Agria samt dialog med berörda rasklubbar.

### **Index i avelsarbetet**

I de raser för vilka HD- och/eller ED-index införs behövs strategier för hur dessa ska användas i avels-

arbetet. Nuvarande regler om känd ledstatus och fria höftleder behöver ersättas med krav och/eller rekommendationer relaterade till det skattade avelsvärdet.

SKKs rekommendation är att föräldradjurens genomsnittliga HD-/ED-index vid parningstillfället ska vara större än 100, det vill säga  $(index\_far + index\_mor)/2 > 100$ . Denna rekommendation innebär att avkommorna förväntas få ett index för HD/ED som är bättre än genomsnittet i rasen (referenspopulationen). Om denna rekommendation följs kommer den genetiska nivån för HD/ED i rasen successivt att förbättras. I praktiken medför rekommendationen att en hund med index under 100 kan användas i avel under förutsättning att den paras med en individ vars index kompenserar för detta så att genomsnittet för föräldradjuren ändå blir större än 100. För ett genetiskt framsteg avseende HD/ED bör majoriteten av parningar göras med föräldradjur vars genomsnittliga index ligger väl över 100.

I Avelsdata kommer ”preliminärt kullindex vid parning” att redovisas för varje kull. Detta värde beräknas som föräldradjurens genomsnittliga index för HD/ED vid parningsdatum. Preliminärt kullindex beräknas för kullar födda efter den 1 januari 2012 där båda föräldradjuren har ett index publicerat.

Även vid provparning i Avelsdata kommer ett preliminärt index för HD respektive ED hos avkommorna att beräknas, baserat på information om föräldradjurens aktuella index. I raser med hälsoprogram för HD på nivå 3 resulterar en provparning med ett preliminärt HD-index under 100 i ett observandum med varningstriangel och texten: ”Parningen följer inte SKKs rekommendation att föräldradjurens genomsnittliga HD-index vid parningstillfället (preliminärt index för kullen) ska vara större än 100”. Eftersom en hunds HD-/ED-index inte är ett statistiskt värde kommer provparning av samma individer vid ett senare tillfälle kunna resultera i ett annat värde för preliminärt index till följd av att föräldradjurens HD-/ED-index har förändrats sedan den förra provparningen.

I raser med krav på fria höftleder (nivå 3 i hälsoprogrammet) kommer införande av index att innebära en förändring i registreringsbestämmelserna. Av de raser som i dagsläget har HD-index berör detta rottweiler och berner sennenhund. I stället för krav relaterade till individens eget resultat (krav på HD-grad A eller B), kommer registreringsbestämmelserna att baseras på föräldradjurens genomsnittliga index vid parningstillfället. Som nämnts ovan är SKKs rekommendation att detta värde ska vara över 100. Eftersom även hundar med grad C på höfterna i undantagsfall

kan komma att få ett bra HD-index tack vara goda resultat hos släktingar, kommer även C-hundar att tillåtas i avel. Hund med höftledsstatus D eller E får dock inte användas i avel, oavsett HD-index. Om uppfödare använder djur med höftledsstatus D eller E av dessa raser åsätts avkomman avelsspärr som inte kan tas bort. Detta gäller även importerad hund efter föräldradjur med svenskt undersökningsresultat grad D eller E. För utländska avelsdjur gäller fortfarande att avelsdjuret ska ha HD-grad A eller B.

De ändringar som görs i avelsstrategin för HD/ED i samband med införande av index i en ras bör även implementeras i den övergripande rasspecifika avelsstrategin (RAS) för rasen samt i rasklubbens regler för valphänvisning. Flera studier har visat att selektion baserad på skattade avelsvärden (BLUP) ger möjlighet till ett effektivare avelsarbete än vad avelsurval enbart baserat på individens eget röntgenresultat gör. Hur intensiv selektion för HD/ED som är lämpligt kan dock variera mellan raser, beroende på rasens förutsättningar avseende exempelvis andra hälsoproblem och dess populationsstruktur.

Införande av HD- och ED-index kan förväntas bidra till en ökad inavelsgrad till följd av att också släktingars röntgenresultat inkluderas vid skattningen av avelsvärdet, vilket medför en ökad sannolikhet för att närbesläktade djur selekteras i högre utsträckning. Därför bör introduktion av HD- och ED-index kombineras med strategier för att övervaka och kontrollera inavelsökningen, framförallt i numerärt små raser.

## Några centrala begrepp

### Genotyp

De gener en individ bär på kallar man för individens genotyp. Man kan prata om genotyper för ett locus (plats på kromosomen) och då har varje individ två anlag, så kallade alleler, på varje gen. Allelerna i ett visst locus kan sinsemellan vara lika eller olika. Man kan också prata om genotyper för olika egenskaper, till exempel HD eller ED. För många vanliga egenskaper vet vi inte hur många, eller vilka, gener som påverkar egenskapen (polygena eller kvantitativa egenskaper). Men det finns också egenskaper som styrs av enstaka gener (monogena eller kvalitativa egenskaper). En del sjukdomar och defekter är sådana egenskaper, dock inte HD och ED.

### Fenotyp

Det vi kan observera direkt är individens fenotyp. Denna är slutresultatet av alla effekter av både arv

och miljöfaktorer. Därför brukar man skriva fenotyp = genotyp + miljö. Egenskaper med låg arvbarhet påverkas i hög grad av miljöfaktorer och vice versa.

### Fenotypisk och genetisk variation

En kvantifiering av de skillnader som finns mellan fenotyper och genotyper för olika egenskaper kan göras genom att titta på fenotypisk och genetisk variation. Den fenotypiska variationen kan delas upp i genetisk variation, slumpmässig miljövariation och systematisk miljövariation. För att kunna särskilja den genetiska variationen ur den fenotypiska måste man ha ett bra material med registrerade observationer och en lämplig familjestruktur, till exempel föräldrar och avkommor. Då kan man räkna sig till hur mycket mer lika släktingar är än obesläktade individer. Arvbarheten, eller heritabiliteten, beräknas som genetisk (additiv) variation dividerat med fenotypisk variation.