

# Naturens egna självmordsbombare

En myra skyndar över en ruttnande stubbe. Myrkolonin är i fara. Fiendemyror väller in över grannskapet. Det finns bara en sak att göra. Myran skyndar sig fram till de närmaste fienderna och spänner musklerna så våldsamt att väggarna som skiljer kroppssegmenten från varandra spricker. En kladdig vätska sprutar ut ur myrans kropp. Vätskan fångar flera motståndare i en klistrig fälla. I explosionen dödas myran själv, men samtidigt har flera fiendemyror blivit oskadliggjorda. Ett av de mest gåtfulla resultaten av det naturliga urvalet har krävt sin tribut.

PATRIK LINDENFORS & JOHAN LIND

**H**ur förklarar man något så självdestruktivt som självmordsbombare hos djur? Särskilt när individen ifråga inte fortplantar sig själv och därför inte kan lämna några gener vidare till nästa generation? För hos de här myrorna – bland annat *Camponotus cylindricus* och *C. saundersi* – liksom hos nästan alla andra myror, fortplantar sig nämligen bara drottningarna av honorna. Svaret finns, som alltid när det gäller evolutionära problem, i generna.

Observationer av självupppoffrande, altruistiska, beteenden var länge den svåraste nöten för evolutionsbiologin att knäcka. Enligt Darwins teori om evolution genom naturligt urval ska de beteenden som bidrar till att öka individens överlevnad och reproduktiva framgång bli vanligare i jämförelse med andra beteenden. Men att spränga sig själv i småbitar ökar varken överlevnad eller reproduktiv framgång, så hur kan ett sådant beteende ha utvecklats?

Charles Darwin själv var mycket irriterad över problemet med altruistiska beteenden och tyckte att självupppoffrande samarbeten innebar ”en speciell svårhet, vilken först verkade oöverstiglig, och faktiskt ödesdigert för hela min teori”. Om arbetarna hos de sociala insekterna inte reproducerar sig, hur kan då deras egenskaper bli utsatta för naturligt urval? Trots att Darwin spekulerade i att lösningen låg i graden av släktskap mellan individer löstes inte det här problemet förrän mer än 100 år efter evolutionsteorins födelse.

*Fig. 1. En svensk släkting till de självmordsbombande sydostasiatiska Camponotus-arterna. Detta är en hästmyra, Camponotus herculeanus, som vaktar ingången till boet beläget i en gammal död ek.*

*Foto: Johan Lind*

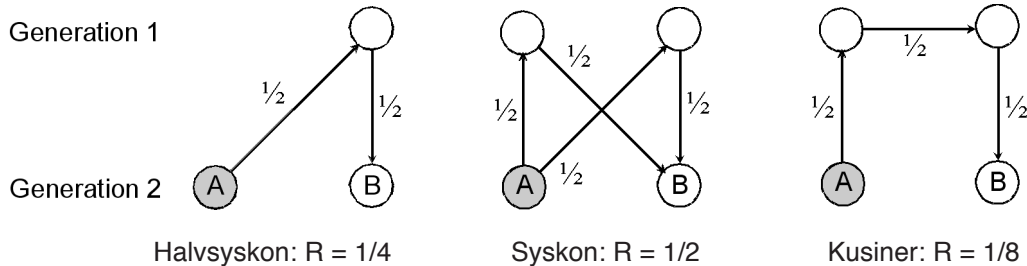


Lindenfors, P. & Lind, J. 2008. Naturens egna självmordsbombare – Fauna och Flora 103(3): 8–13.

## Hamiltons regel: $C < R \times B$

$C$  och  $B$  är variabler som mäter reproduktiv framgång, företrädesvis andelen gener i nästa generation. Ekvationen visar att en gen för samarbete gynnas då kostnaden för altruistgenen när genens bärare hjälper någon annan ( $C = \text{cost}$ ) är mindre än fördelen för den som blir hjälpt ( $B = \text{benefit}$ ) multiplicerat med sannolikheten att altruistgenen också finns i den hjälpta individen ( $R = \text{relatedness}$ ).

Släktskapskoefficienten,  $R$ , är den centrala variabeln i ekvationen. Den beräknas mellan två individer och visar hur nära släkt man är, vilket är samma sak som hur stor chans det är att en specifik gen finns hos båda individerna. (Gener som finns hos alla individer av samma art delar förstås alla. Ekvationen gäller variabla gener.) Beräkningen är enkel mellan närbesläktade individer men kan snabbt bli krånglig om man är släkt via fler än en individ.



Släktskapskoefficienten beräknas som sannolikheten för att en gen som finns hos individ A även finns hos individ B. Eftersom en individ ärver hälften av sina gener från den ena av sina föräldrar blir sannolikheten att ha ärvt en specifik gen  $1/2$ . För halvsyskon, som bara har en förälder gemensam, är släktskapet  $1/2 \times 1/2 = 1/4$ . För helsyskon, som ju kan ha fått genen från båda föräldrarna, är chansen  $1/2$  att dela en specifik gen ( $1/2 \times 1/2 + 1/2 \times 1/2$ ). Slutligen har kusiner, dvs. barn till en förälders helsyskon,  $1/8$  chans att dela genen ( $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ ).

**Hamiltons regel.** År 1964 fick problemet äntligen sin lösning genom en av de stora inom evolutionsbiologin, Bill Hamilton. Lösningen var dock på så hög matematisk abstraktionsnivå att det tog lång tid för den att få verkligt genomslag. Idag är artikeln en stor klassiker. (Det är dock troligt att de flesta som citerar den inte läst själva artikeln och utan bara en förklaring av den. Principen är relativt enkel, men ekvationerna är krångliga.)

Hamiltons genidrag var att föra ner det naturliga urvalet på gennivå och se vad som händer om man antar att en gen kan bära "egenskapen altruism". Altruism definieras i biologiska sammanhang som ett beteende som är kostsamt för den som utför det, men gynnsamt för mottagaren. Priset mäts i antal gener man överför till nästa generation, så om man offerar sin egen reproduktion för någon annans är man altruist i den

biologiska betydelsen. Men hur kan Hamiltons regel hjälpa oss förstå hur evolution genom naturligt urval kan resultera i att arbetsmyror offerar sin egen reproduktion för sin mamma drottningens?

Hamilton visade att en altruistgen bara kan sprida sig i en population under speciella omständigheter; då kostnaden för att hjälpa någon ( $C$ ) är mindre än sannolikheten för att genen finns hos den man hjälper ( $R$ ) multiplicerat med fördelen för den som blir hjälpt ( $B$ ), dvs.  $C < R \times B$ . Den här regeln kallas sedan dess "Hamiltons regel" och är det närmaste evolutionsbiologin kommit en egen  $E=mc^2$ . (Se Faktaruta)

För att öka sin spridning i populationen måste genen för altruism förändra sin värds beteende så att värden ökar samarbetet med de släktingar där sannolikheten är störst att altruistgenen har kopior av sig själv. Om genen kunde räkna på sin egen chans att



Fig 2. Bevingade hästmyredrönare på väg ut ur boet. Drönare kommer ur obefruktade ägg och bär bara på hälften så mycket genetiskt material som honorna. Foto: Johan Lind

spridas i populationen borde den därför inte göra någon skillnad på barn, föräldrar eller helsyskon, eftersom sannolikheten att dela en gen för samarbete med dem är lika stor. Men genen bör få sina bärare att hjälpa dessa släktingar mer än halvsyskon eller kusiner.

Det finns dock i biologiskt hänseende en viktig skillnad mellan att hjälpa sina föräldrar och att hjälpa sina barn, fast man är lika nära släkt med båda. Medan föräldrarna förmodligen har sin viktigaste tid av reproduktion bakom sig har barnen denna tid framför sig. En gen som vill spridas effektivt måste därför även få sin bärare att ta hänsyn till den framtida reproduktionspotentialen. Djur som hjälper varandra kan därför förväntas hjälpa sina barn mer än sina föräldrar.

Så gener kan gynna beteenden som gör att genen hjälper sig själv i andra individer. Vad har nu allt detta med självmordsbombarmyror att göra? För att förstå det måste vi dyka djupare ned i detaljerna kring myrornas genetik, som är annorlunda människans på ett avgörande sätt.

**Myrors genetik.** Hos människor får vi hälften av våra gener från mamma och hälften från pappa. Råkade könskromosomen du fick från pappa vara en Y-kromosom så blev du en pojke. Var den däremot en X-kromosom blev du en flicka. (Från mamman får vi alla en X-kromosom.)

Hos myror däremot blir alla avkommor som har hälften av generna från mamma och hälften från pappa honor, och således arbetsmyror (alla arbetare i en myrstack är honor). För att ”göra” hanar (drönare) lägger drottningen istället obefruktade ägg, men dessa innehåller ju bara hälften av hennes gener. Drönare har därför enkel kromosomuppsättning, medan myrhonor – såväl arbetare som drottningar – har dubbel kromosomuppsättning. (Fig. 3)

Det här systemet gör konstiga saker med släktskapskoefficienterna – det mått som anger hur nära släkt två individer är med varandra. Drottningen parar sig normalt bara en gång innan hon börjar lägga ägg. Eftersom hanarna har enkel kromosomuppsättning be-

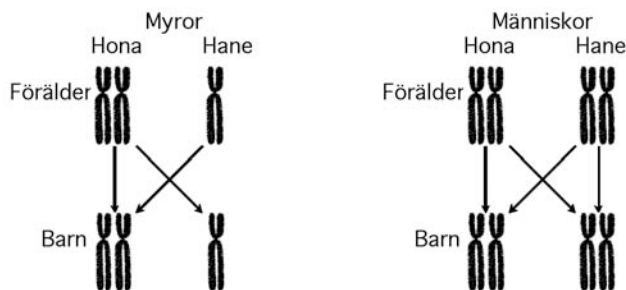


Fig. 3. Kromosomöverföring från förälder till barn hos myror och människor. Myrorernas form av genetisk könsbestämning kallas haplodiploidi och är gemensam för i princip alla arter inom insektsordningen Hymenoptera (steklar), den djurgrupp där sterila arbetare förekommer i störst utsträckning. Människor och alla andra däggdjur är diploida.

tyder det att alla drottningens döttrar kommer att ärva den enda kromosomuppsättning som deras pappa hade att ge. Alla honor får därför samma gener från sin pappa. Detta ökar släktskapet mellan systrar hos myror från 1/2 till 3/4.

En drottning skickar bara hälften av sina gener vidare till sin avkomma – vare sig det är hanar eller honor, så släktskapskoefficienten mellan honor och deras avkomma är fortfarande 1/2. En arbetsmyra (hona) i en myrkoloni är därför närmare släkt med sina systrar (3/4) än hon hade varit med sina egna barn (1/2)! På grund av detta gynnas en gen för samarbete mer om den får honorna att samarbeta för att producera fler systrar än egen avkomma. Och det är den principen som utgör grunden för ett myrsamhälle; arbetarna samarbetar för att det ska utvecklas fler systrar. (Tabell 1)

Vad gör hanarna då? Om man tittar på en tabell över släktskapskoefficienter så kan man räkna ut svaret. En hane är släkt med sin avkomma lika mycket som den är släkt med sina bröder. Därför har hanar inget att vinna på att samarbeta – särskilt inte med honorna (systrarna) som de är än mindre släkt med. Drönarna försvinner därför snabbt utan att dra ett enda strå till stacken.

## ”Drönarna försvinner därför snabbt utan att dra ett enda strå till stacken.”

Om man tittar närmare på släktskapstabellen för myror kan man även se en annan intressant detalj. En drottning är lika mycket släkt med sina döttrar som med sina söner; hon lämnar ju ifrån sig hälften av sina gener till båda. Drottningen borde därför lägga lika många ägg innehållande hanar som honor – vilket hon också gör. En arbetare är däremot 3/4 släkt med sina systrar och bara 1/4 släkt med sina bröder. Arbetarna vill därför att drottningen lägger 75% honägg och 25% hanägg. För att lösa den konflikten tar arbetarna i många myrsamhällen hanägg och matar sina växande systrar med tills kvoten är den eftersträfvade; det är en familjekonflikt av det blodigare slaget (eller kanske snarare av det hemolymfigare slaget – man kallar insekters blod hemolymfa).

Myror	Mor	Far	Dotter	Son	Syster	Broder
Hona	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	1/4
Hane	1	-	1	-	1/2	1/2

Tabell 1. Släktskapskoefficienter för den närmaste släkten hos myror och människor.

Människor	Mor	Far	Dotter	Son	Syster	Broder
Kvinna	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Man	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2





Fig. 5. Systrar, systrar och åter systrar. Här en av våra vanliga stackmyror, *Formica sp.*, som tar hjälp av ett träd i stackbygget. Foto: Johan Lind

**Lösningen på gåtan.** I myrornas genetik finner vi därför lösningen på självmordsbombarproblemet. Trots att självmordsbomberskan dör själv utan att ha reproducerat sig resulterar hennes beteende i att det överlever fler systrar i stacken. Att uppoffra sig för sina systrar gynnar hennes egna gener mer än om hon hade reproducerat sig själv. Och genom att spränga sig själv kan hon ta död på större och kanske fler myror än hon kunnat döda med andra metoder.

Skulle samma förklaring kunna användas för att förklara mänskliga självmordsbombare? Det omedelbara svaret är förstås nej, eftersom människor inte har det genetiska system som myror har. Det går dock att komma fram till skeva släktskapskoefficienter även med ett normalt genetiskt system – både termiter och nakenråttor (kalråttor) har samma typ av självuppoffrande samarbete som myror och förklaringen är också här asymmetriska släktskapsförhållanden (även om själva självmordsbombandet inte uppkommit hos dessa grupper, vad vi vet). Hos dessa grupper är det långa perio-

der av inavel varvat med episoder av utavel som gör att släktskapskoefficienterna blir skeva.

Men att människor länge skulle levt under de förhållanden som krävs för att få självmordstypen av försvarsbeteenden att vara genetiskt betingad tillhör nog en av de mer bisarra förklaringsmodellerna för dessa beteenden. Då är nog religion, eller andra kulturella konstruktioner, troligare förklaringsmodeller.

**Språkbruk.** Slutligen kan det vara på sin plats med en parentes om språkbruk. En gen har förstås ingen vilja och inte heller kapacitet att räkna ut den bästa lösningen på Hamiltons regel. Det som sker är istället att de beteenden med ärftlig grund som leder till fler avkommor blir vanligare och vanligare i en population. Denna process leder till mönstret att beteenden utvecklas *som om* gener har egen vilja och kunde räkna.

Det är härifrån metaforen om *den själviska genen* kommer – ett pedagogiskt verktyg för att lätt kunna förklara hur gener sprids i en population.

Det ironiska är att metaforen om själviska gener kom till för att förklara osjälviska beteenden av den typ vi beskrivit. Det lättaste sättet att förstå vad som händer är nämligen att föreställa sig gener som agerar själviskt och räknar på hur de bäst ska kunna hjälpa sig själva i andra individer. Trots det har illvilliga uttolkare uppfattat metaforen så att individerna som bär själviska gener också är själviska. Det är så långt från sanningen man kan komma.

Den skeptiske läsaren frågar sig säkert också om ”gener för altruism” överhuvud taget finns, ens i tankevärlden. Men det är faktiskt någonting vi kan vara helt säkra på. En myrdrottning som parat sig och ska till att grunda en ny koloni lägger sina ägg på en isolerad plats helt utan kontakt med andra myror. Arbetsmyrorna som kläcks börjar direkt samarbeta och bygga upp en myrkoloni. Dessa myror har ingen möjlighet att

lära sig altruistiska beteenden av andra individer eftersom de kommer ur samma kull. Myrorns samarbete är helt enkelt hårt knutet till deras genetik. Så till den milda grad att de gladeligen offerar livet för varandra. □

### **Patrik Lindenfors**

Forskar på evolutionen av kultur samt sambandet mellan könsskillnader och hjärnans utveckling. Centrum för evolutionär kulturforskning och Zoologiska institutionen, Stockholms universitet.

E-post: Patrik.Lindenfors@zoologi.su.se

### **Johan Lind**

Forskar på människors och andra djurs beteenden. Centrum för evolutionär kulturforskning och Zoologiska institutionen, Stockholms universitet.

E-post: Johan.Lind@zoologi.su.se



*Fig. 4. Ännu en svensk Camponotus-myra. Precis som denna är de sydostasiatiska Camponotus-arterna stora och kraftfulla myror, men i strider då garnityret inte räcker till som försvar spänner de musklerna längs kroppen så de exploderar. Foto: Johan Lind*