

GRUNNLEGGENDE GENETISKE BEGREPER

Del I - en serie om kattegenetikk

Dette er første del i en serie om kattegenetikk. I denne første delen vil jeg ta for meg de ulike genetiske begrepene som blir brukt i genetikken. Ikke bare i kattegenetikk, men i all genetikk. De hele blir fremstilt noe forenklet i forhold til "virkeligheten", slik all vitenskap gjerne blir. Jeg har forsøkt å skrive det hele så forståelig og forklarende som mulig i håp om at alle kan få med seg det som blir skrevet.

Denne første delen kommer ikke til å handle om katter spesielt og kan kanskje virke til å være unødvendig i et blad om katter. Grunnen til at jeg tar denne delen med er fordi ikke alle kjenner disse begrepene fra før av. Hvis de skal forstå hva det hele handler om så må denne første delen læres først. Seinere deler av denne serien kommer først og fremst til å handle om pelsfarger, mønster og andre pelsfaktorer. Dette er den delen av genetikk om katter man vet mye om. Når det kommer til andre faktorer av det som "lager en katt" blir bilde straks mer komplisert, og man vet lite om genetikken bak dette.

Så hvorfor skal man i det hele tatt bry seg med å lære noe om genetikk? Det kan være både vanskelig, uforståelig og komplisert. Spesielt til å begynne med. Det er svært få av oss som går med ambisjoner om å bli genetikere så det kan da ikke være SÅ viktig å kunne noe om genetikk?

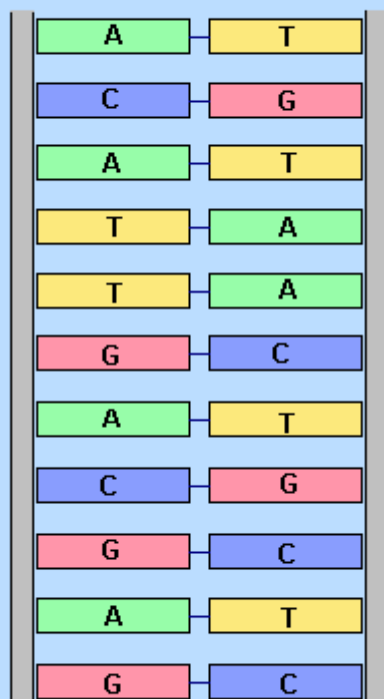
For å avle frem vakre katter kan man vel bare sette sammen to katter av god kvalitet?

Så klart man kan det. Men dersom man vil vite mer om hvorfor kattungene blir som de blir og hva man kan forvente i et kull så må man kunne noe om genetikk.

OPPSKRIFTEN PÅ LIV

Alt levende fra den minste mikrobe til sopp, kjempe trær, fisk, fugler, mennesker og dyr har en genetisk oppskrift på hvordan vi skal se ut, og til en viss grad hvordan vår adferd er. Oppskriften kan også gi beskjed om vi skal ha noen sykdommer (som ikke er forårsaket av mikrober), feil, mangler og noen avvikende egenskaper.

Skjematisk tegning av DNA



Figur 1: En svært forenklet tegning av DNA molekylets oppbygging.

Denne oppskriften arves fra foreldre til avkom. Hvis man vet noe om foreldrenes genetiske informasjon kan man dermed forutsi noe om hvordan det er sannsynlig at avkommene vil bli. Det sier seg selv at dette kan være til stor fordel når man skal drive med selektiv avl (avle på bestemte egenskaper), slik som avl på rasekatter.

Selve oppskriftens kode kalles deoksyribonukleinsyre, forkortet DNA (unntatt hos virus og enkelte andre mikrober, der er oppskriften RNA). De fleste har antagelig hørt ordet DNA, men ikke fult så mange vet hva dette faktisk er for noe. For å forklare hva dette er skal jeg begynne med den minste biten og arbeide meg opp til et helt individ. Denne forklaringen er meget forenklet.

De minste "bitene" vi her trenger å bry oss om heter et atom. Et atom er en bitte liten del som har bestemte egenskaper. Når flere slike atomer knytter seg til hverandre kaller man det et molekyl. DNA er et kjempestort molekyl. DNA kan man tenke seg som en vindeltrapp der rekkverkene ikke går parallelt. Rekkverkene er lange remser av sukkermolekyler og fosfat. Mellom disse rekkverkene har man noen "trappetrinn" som man kaller baser. Hvert trappetrinn består av to baser.

Det finnes totalt 4 ulike baser i DNA molekylet. Disse heter adenin (A), tymin (T), cytosin (C) og guanin (G). A er alltid knyttet sammen med T og C er alltid knyttet sammen med G. Det er basene som

danner fundamentet for oppskriften på liv. Det kan kanskje virke lite at kun 4 ulike baser kan si så mye komplisert som det en genetisk kode gjør. Egentlig er dette temmelig komplisert. En datamaskin bruker for eksempel et binært

system. Dette betyr at all informasjon i en datamaskin bare har to ulike "baser", 0 og 1 (baser er ikke rette ord å bruke om datamaskiner, men for sammenligningens skyld har jeg valgt å gjøre dette her).

De fire bokstavene i DNA molekylet; A, T, C og G, blir avlest 3 og 3 samtidig. Disse tre bokstavene vil være koden for en bestemt aminosyre (et annet molekyl). Når mange aminosyrer blir hengt sammen kaller man det et peptid. Når flere peptider blir hengt sammen kaller man det et protein. Det er proteinene man ser et uttrykk av i det hele individet. Enzymer og hormoner er også typer av proteiner.

DNAet til et individ foreligger i et eller flere kromosomer. Et kromosom er en lang kjede med DNA som er pakket tett, tett sammen. Mennesket har 23 par kromosomer (46 kromosomer totalt), katter har 19 par kromosomer. Vi kaller det par av kromosomer fordi 2 og 2 kromosomer inneholder de samme genene. Hvor den ene halvparten kommer fra mor og den andre fra far. Alle cellene i kroppen inneholder et fullstendig sett med DNA, og dermed hele den genetiske oppskriften til individet.

På disse kromosomene ligger den informasjonen man kaller gener. Hvert gen har en helt spesiell plass å være på, kalt locus (flertall loci). Siden man har to eksemplarer av hvert gen, gir dette en mulighet til å ha en noe ulik variant av de to genene i samme individ. Disse variantene av gener kaller man alleler.

Det siste kromosomparet er kjønnskromosomene. Det er disse som bestemmer hvilket kjønn avkommet skal få. Man kaller det kvinnelige kjønnskromosom for X og det mannlige for Y. Det mannlige kjønnskromosomet er svært lite og inneholder nesten ingen gener. En hunnkatt har kjønnskromosomparet XX, mens en hannkatt har kjønnskromosomparet XY. En kattunge får ALLTID en X fra moren, og enten en X eller en Y fra faren. Slik sett kan man godt si at det er faren som bestemmer kjønn på kattungen.

DOMINANT OG RECESSIVT

Dominant og recessivt er betegnelser på hvordan de ulike variantene av et gen, allelene, oppfører seg ovenfor hverandre. Men før jeg forklarer mer om dette er det to begreper som må forklares.

Genotype: Genotypen til et individ er den informasjon individet har mottatt både fra mor og far. Genotypen for et bestemt gen er de begge de to kopiene av genet som ligger på hvert sitt kromosom av kromosomparet.

Fenotype: Fenotypen til et individ er den delen av genotypen man ser resultatet av i individet. Det som blir uttrykt.

Når dette så er forklart så fortsetter jeg med å forklare hva dominante og recessive (vikende) alleler er. Hvis det hele virker ganske uforståelig på dette tidspunkt så håper jeg det blir mer forståelig når du leser videre.

Et dominant allel er ALLTID uttrykt i fenotypen til et individ. Hvis det er tilstedet, så ser man det. Dominante gener blir skrevet med **STOR** bokstav.

Et recessivt (vikende) allel er kun uttrykt i fenotypen til et individ dersom det forekommer på begge kromosomene. Forekommer det kun på det ene kromosomet, vil det dominante allelet overstyre det recessive og man ser ikke noe til at det er der i fenotypen. Man sier individet bærer på allelet (ofte bruker man ordet gen i stedet for allel, selv om dette ikke er helt korrekt). Recessive alleler skrives alltid med **liten** bokstav.

Hvis man har et individ med to like alleler, 2 dominante eller 2 recessive kopier av et gen, kaller man det homozygot.

Hvis man har et individ med to ulike alleler, 1 dominant og 1 recessiv kopi av et gen, kaller man det heterozygot.

For å lettere forklare hva som er forskjellen på dominant og recessivt skal jeg illustrere dette med et eksempel.

I dette eksemplet bruker jeg erter. Dette skal riktignok handle om kattegenetikk, men foreløpig forklares kun de aller mest grunnleggende begreper og jeg har derfor valgt å illustrere med eksempler som de fleste ikke har noe stort forhold til. Det var også erter av denne typen som inspirerte genetikkens "far" Gregor Mendel til å sette opp de første arvelovene. Lenge før DNA var kjent.

Homozygot Krysning med 1 egenskap

P: homozygot gul ert x homozygot grønn ert



krysnings skjema

F₁:

	g	g
G	 Gg	 Gg
G	 Gg	 Gg

Alle avkommene blir heterozygote med en gul fenotype

Figur 2: Enkelt krysnings skjema. P= foreldregenerasjonen, F₁= første generasjons avkom.

tallene vil nærme seg denne statistiske fordelingen ganske nøyaktig.

For å bruke slike krysnings skjemaer må altså foreldrenes genotype være kjent. Siden man ikke kan se genotypen til et individ med annet det recessive trekket kommer til uttrykk (ertene er grønne, altså er genotypen **gg**) må man tilegne seg denne informasjonen på annet vis. Man vet at en individet er heterozygot, bærer på det recessive genet, dersom et av disse kravene er oppfylt:

- en av foreldrene til individet hadde den recessive genotypen (erta var grønn)
- individet har fått avkom som har den recessive genotypen (har fått grønne ertene blant avkommet)

Man kan IKKE si at individet er bærer på det recessive allelet (bærer på allelet for å få en grønn ert som avkom) ut fra at en eller flere av besteforeldrene hadde dette trekket (var grønne), men sannsynligheten for at de skal bære på denne egenskapen øker selvsagt. I figur 2 og 3 starter man med å krysse en gul og en grønn ert. F₂ avkommene har 50% sjanse for å bære på allelet for grønn farge, 25% sjanse for å være grønn og 25% sjanse for å ikke bære på denne egenskapen. Sannsynligheten øker også dersom helsøsken har fått avkom med denne egenskapen da dette må bety at minst en av de felles forfedrene må ha båret på denne egenskapen.

Man kan heller ikke si om et individ med den dominante fenotypen uttrykt (gul ert) er homozygot eller heterozygot for denne egenskapen. At individet ikke for avkom med den recessive fenotypen (grønn ert) betyr IKKE at individet er homozygot for den dominante egenskapen. Men sannsynligheten for dette øker i takt med at flere og flere avkom ikke får den recessive fenotypen.

Et individ har selvsagt mer enn en egenskap som er styrt av dominant og recessive gener. Hvis vi tenker oss at disse ertene også kan være glatte (**R**) eller ruglete (**r**), hvor ruglete er den recessive egenskapen. Kan vi ta med

Hos disse ertene er allelet for gul farge (**G**) dominant over genet for grønn farge (**g**). Hvis man så krysser en homozygot gul ert; **GG**, med en homozygot grønn ert; **gg**, vil alle avkommene få et dominant allel, **G** fra den ene av sine foreldre og et recessivt allel, **g** fra den andre av foreldrene. Alle avkommene blir da heterozygote **Gg** (dette er genotypen) og får det dominante allelet uttrykt, de blir gule (dette er fenotypen).

I skjemaet i figur 2 er dette satt opp på en enkel og oversiktlig måte.

Hvis man krysser to heterozygote gule ertene, **Gg**, fra F₁ generasjonen blir resultatet som illustrert i figur 3.

Krysnings skjemaer som disse er svært enkle og gir raskt en god oversikt over hva man kan forvente. Det er allikevel viktig å bite seg merke i at slike krysnings skjemaer kun gir de statistiske mulighetene for å få en bestemt genotype og fenotype i avkommene etter to foreldre med kjent genotype. Man kan godt krysse to heterozygote gule ertene og kun få grønne ertene, eller kun få homozygote gule ertene. Det er først når man har utallige krysningsforsøk og enorme mengder avkom at

Heterozygot Krysning med 1 egenskap

F₁: heterozygot gul ert x heterozygot gul ert



krysnings skjema

F₂:

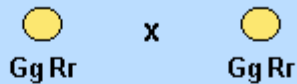
	G	g
G	 GG	 Gg
g	 Gg	 gg

Fenotypen til disse avkommene blir i forholdet 3 : 1
Genotypen er i forholdet: 1 : 2 : 1

Figur 3: Krysning mellom to av de heterozygote F₁ avkommene fra figur 2 med hverandre vil gi en F₂ generasjons avkom som har 3 ulike genotyper og 2 ulike fenotyper

Heterozygot Krysning med 2 egenskaper

P: heterozygot gul, glatt ert x heterozygot gul, glatt ert



krysnings skjema

F₁:

	GR	Gr	gR	gr
GR	GGRR 	GGRr 	GgRR 	GgRr
Gr	GGRr 	GGrr 	GgRr 	Ggrr
gR	GgRR 	GgRr 	ggRR 	ggRr
gr	GgRr 	Ggrr 	ggRr 	ggrr

Fenotype: 9 , 3 , 3 , 1

Fenotypen til avkommene er her i forholdet
9 : 3 : 3 : 1, som vist ovenfor

Det er flere enn 4 genotyper

Figur 4: Krysning mellom to ertre som er heterozygote for 2 egenskaper.

begge foreldrene. Et slikt tilfellet er illustrert i figur 5, der C^W er allelet for hvit farge og C^R er allelet for rød farge. Avkommene blir alle heterozygote, $C^R C^W$, og får en rosa farge.

CO-DOMINANS

Dette er et begrep som brukes der to alleler for en egenskap er like dominante. Dette forekommer blant annet i menneskets ABO blodtype system (dette må IKKE forveksles med blodtype hos katt, da det er helt andre faktorer som spiller inn her). Allelet for blodtype A, I^A og allelet for blodtype B, I^B er co-dominante. Hvis man krysser et menneske som er homozygot for blodtype A (genotypen er $I^A I^A$), men et menneske er homozygot for blodtype B (genotypen er $I^B I^B$) får alle barna blodtype AB (genotype $I^A I^B$). De har med andre ord begge foreldrenes blodtype uttrykt i sin blodtype. Det recessive genet i menneskets ABO system er i , og det er dette genet som i dobbel dose gir blodtype O, ii . Genotypen $I^A i$, gir blodtype A, mens genotypen $I^B i$ gir blodtype B

POLYGENER

Polygener ennå en faktor som kompliserer hele bildet. Ordet "poly" betyr "flere" eller "mange". Polygener betyr derfor "mange gener".

Polygenene er som regel noen små gener som forårsaker mindre modifikasjoner/forandringer på fenotypen. Ofte

sjangsene for både farge og ruglethet i et krysnings skjema. Hvis man krysser to ertre som er heterozygote for begge egenskaper får man et skjema som ser ut som i figur 4. Som du sikkert har lagt merke til blir bilde straks mer komplisert og skjemaet blir mye større når man tar med 2 egenskaper i stedet for 1. Man har her gått fra 4 til 16 ruter med mulige avkom. Hvis man legger til ennå en egenskap slik at man tar hensyn til 3 ulike egenskaper vil skjemaet få 64 ruter. Så bildet blir straks stor og uoversiktlig dersom man skal ta med mange egenskaper på en gang.

Jeg håper jeg nå har tatt for meg hva dominant og recessivt er grundig nok til at dere alle har forstått det.

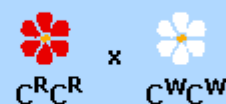
UFULLSTENDIG DOMINANS

Dessverre er ikke det genetiske bildet så enkelt som at alle egenskaper er styrt av dominante eller recessive gener som virker med tydelige resultater slik som gul farge og glatt overflate på ertre.

En av disse tingene som gjør alt litt mer komplisert kalles for ufullstendig dominans. Dette betyr rett og slett at den dominante varianten av et gen ikke overstyrer den recessive varianten helt og holdent. Ved en kryssning av to homozygote individer som har ulike varianter av et gen uttrykt vil vi ved ufullstendig dominans få avkom som har denne egenskapen uttrykt forskjellig fra

Ufullstendig Dominans

P: homozygot rød blomst x homozygot hvit blomst



krysnings skjema

F₁:

	C^R	C^R
C^W	$C^R C^W$ 	$C^R C^W$
C^W	$C^R C^W$ 	$C^R C^W$

Alle avkommene blir heterozygote og Rosa, de viser dermed en egenskap som er ulike fra den begge foreldrene viser

Figur 5: Ufullstendig dominans

kaller man de + gener og – gener. Hva polygenene gjør avhenger av hvilken egenskap de tilhører. Her skal jeg ta et eksempel fra katteverden.

En blå katt (kalt grå av folk flest) kan enten være veldig intenst blå med en dyp farge, denne katten har mange + polygener som gjør fargen mørker og mer intens. Hvis katten derimot har mange – polygener blir fargen langt mindre intens og dyp. Forskjellene i blåfarge hos katter er dermed et trekk som er styrt av polygener.

KOBLEDE GENER

Når man sier at noen gener er koblede, så betyr det at de ligger på det samme kromosom. Dermed blir de nedarvet samtidig til et avkom. For eksempel er alle genene på kromosom nr. 8 er koblede. Til nærmere genenes loci (plassering på kromosomet) er, til sterkere koblet er de.

Grunnen til at man kaller de sterkt koblet er fordi gener på et kromosom kan ”bytte plass” med gener på et annet kromosom, dette skjer med noe man kaller overkrysning. Dette skjer kun under den celledelingen som lager kjønnceller (eggceller og sædceller), meiosen. Hvis en overkrysning skjer skiller genene på samme kromosom lag og man får en ny genkombinasjon på kromosomet. Her kommer uttrykket sterkt koblet inn. Det er nemlig mindre sannsynlighet for at to ”nabogener” skal skille lag enn det er at genene i hver sin ende av kromosomet skal skille lag.

EKSTRA KOMMENTARER

Denne delen av artikkelserien om katte genetikk var muligens noe tørr og kjedelig, men det er viktig at disse begrepene forstås dersom dere skal forstå kattegenetikken i de kommende artiklene. Innføringen i genetikkens verden som her er skrevet er meget forenkelt og overflatisk, men den burde holde til å gi dere nok kunnskap til å forstå det som drøftes i seinere artikler.

Til slutt vil jeg påpeke at det er ingenting ved genetikk som er absolutt. Det er en pågående forskning på området og det som her blir representert er hvordan man per i dag antar at det hele henger sammen. Om 5 år har man kanskje helt andre ideer. Selv om de aller mest grunnleggende ideene som her er forklart nok vil holde seg en god stund til men bli utvidet og gjort små forandringer på.

OPPGAVER

Hvis dere ønsker å teste deres viten kan dere gjøre disse oppgavene, svarene kommer i neste artikkel.

1)

- a) Sett opp et krysningsskjema mellom en heterozygot gul ert (**Gg**) og en grønn ert (**gg**)
- b) Hvor mange grønne erter, og hvor mange gule erter får du?
- c) er noen av ertene homozygote?

2)

- a) Sett opp et krysningsskjema mellom 2 individer med følgende genotyper **I^Ai** x **I^Bi**
- b) Hvilke(n) blodtyper får avkommene?