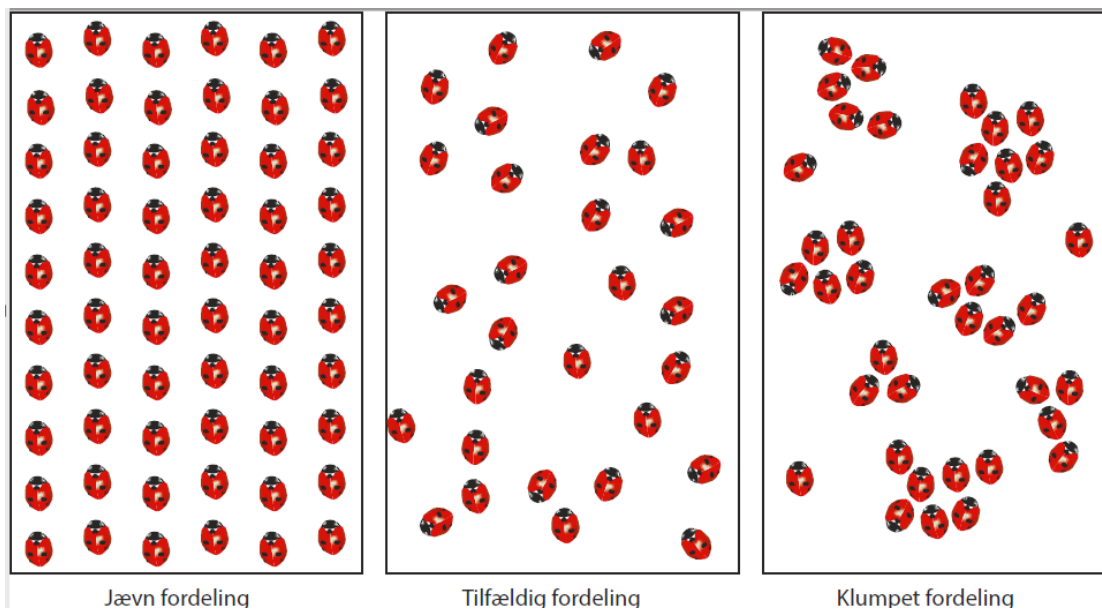


## Opgave 1. *Populationsbestemmelse ved stikprøve*

Populationer af planter og dyr kan være fordelt på forskellig måde i en biotop, se *figur 1*. Individer af en art er oftest klumpet fordelt i naturen.



*Figur 1*

Tre eksempler på fordeling af individer i en biotop.

1. Giv en mulig forklaring på, at individer af en art oftest er klumpet fordelt i en biotop.

Populationstætheden, fx antal individer pr.  $\text{m}^2$ , kan bestemmes ved stikprøver. For at få et godt estimat af populationstætheden skal arealet af stikprøven være større, hvis arten er klumpet fordelt, end hvis arten er jævnt fordelt.

2. Forklar, hvorfor arealet af stikprøven skal være større, hvis arten er klumpet fordelt, end hvis arten er jævnt fordelt. Inddrag *figur 1*.

En gruppe gymnasieelever arbejder med at simulere bestemmelse af populationstæthed af mariehøns ved hjælp af stikprøver. Eleverne har den hypotese, at nøjagtigheden af bestemmelsen af populationstætheden vil øges i takt med at arealet af stikprøven forøges. Fremgangsmåden er vist i den vedlagte film.

Eleverne udfører tre serier à 50 stikprøver. I første serie anvendes en plastikskive med et areal på  $7,07 \text{ cm}^2$ , i anden serie en skive med et areal på  $28,27 \text{ cm}^2$  og i tredje serie en skive med et areal på  $63,62 \text{ cm}^2$ .

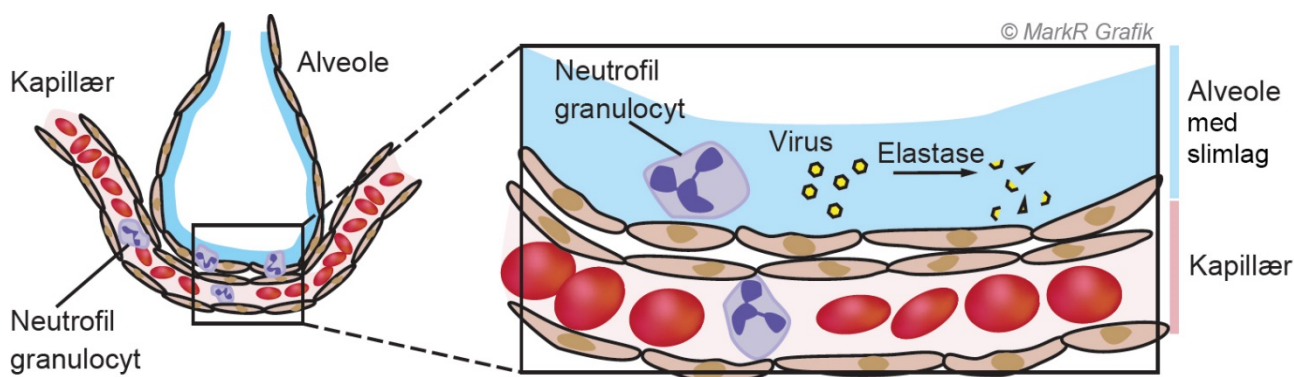
Den faktiske tæthed af mariehøns på papiret er  $0,064$  pr.  $\text{cm}^2$ , idet det totale antal mariehøns på papiret er 120, og arealet af papiret er  $1871 \text{ cm}^2$ .

De ubehandlede data fra de tre serier findes i vedlagte [Excel-dokument](#).

3. Foretag relevant databehandling, der kan vise hvilken af de tre stikprøvestørrelser, der kommer nærmest på den faktiske tæthed af mariehøns på papiret. Begrund dit valg af databehandling.
4. Skriv en konklusion på gymnasieelevernes populationsbestemmelse ved stikprøve på grundlag af fremgangsmåden, vist i den vedlagte film, og din databehandling.
5. Diskuter, hvilke andre forhold der kan have indflydelse på bestemmelse af populationstætheden af mariehøns i naturen.

## Opgave 2. Sygdommen $\alpha$ -1-antitrypsinmangel

Neutrofile granulocytter<sup>1</sup> fra det uspecifikke immunforsvar udskiller enzymet elastase i lungernes alveoler, se *figur 1*. Elastase er en protease.

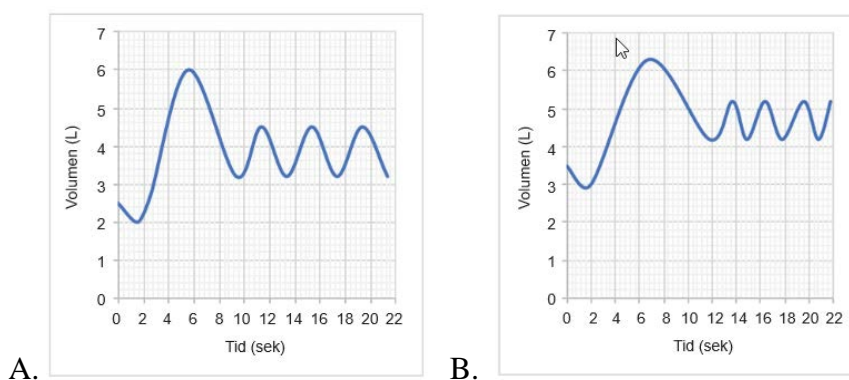


*Figur 1*  
Granulocytter udskiller elastase i alveolerne i lungerne.

1. Forklar betydningen af, at neutrofile granulocytter kan udskille elastase i lungernes alveoler ved infektion. Inddrag *figur 1*.

Elastase kan også nedbryde elastiske proteiner i lungernes væv. I leveren produceres imidlertid en inhibitor,  $\alpha$ -1-antitrypsin, som udskilles til blodbanen. Inhibitoren hæmmer elastase i lungernes væv.

Personer med sygdommen  $\alpha$ -1-antitrypsin-mangel har en nedsat koncentration af inhibitoren  $\alpha$ -1-antitrypsin i blodet. *Figur 2* viser resultater af målinger af åndedrættet hos to personer, hvor person B lider af  $\alpha$ -1-antitrypsin-mangel. Målingen er foretaget i hvile med et spirometer, som måler volumen af indåndings- og udåndingsluft som funktion af tiden. De to personer har samme alder, køn, højde, vægt og træningstilstand.



*Figur 2.*  
Målinger af åndedræt i hvile hos: A. Person uden  $\alpha$ -1-antitrypsinmangel. B. Person med  $\alpha$ -1-antitrypsinmangel. Første åndedræt viser maksimal udånding og indånding. De efterfølgende viser personens åndedræt i hvile.

2. Forklar, med udgangspunkt i *figur 2*, hvordan  $\alpha$ -1-antitrypsinmangel påvirker en persons lungefunktion.

Der findes to alleler af genet for  $\alpha$ -1-antitrypsin, *M* og *Z*. Normalallelen er *M*, mens mutantallelen *Z* kan medføre sygdommen  $\alpha$ -1-antitrypsinmangel. Allelerne betragtes som codominante.

<sup>1</sup> Neutrofile granulocytter er hvide blodceller.

En dansk forskergruppe undersøgte blodplasmaets niveau af  $\alpha$ -1-antitrypsin hos homo- og heterozygote personer. *Figur 3* viser resultaterne.

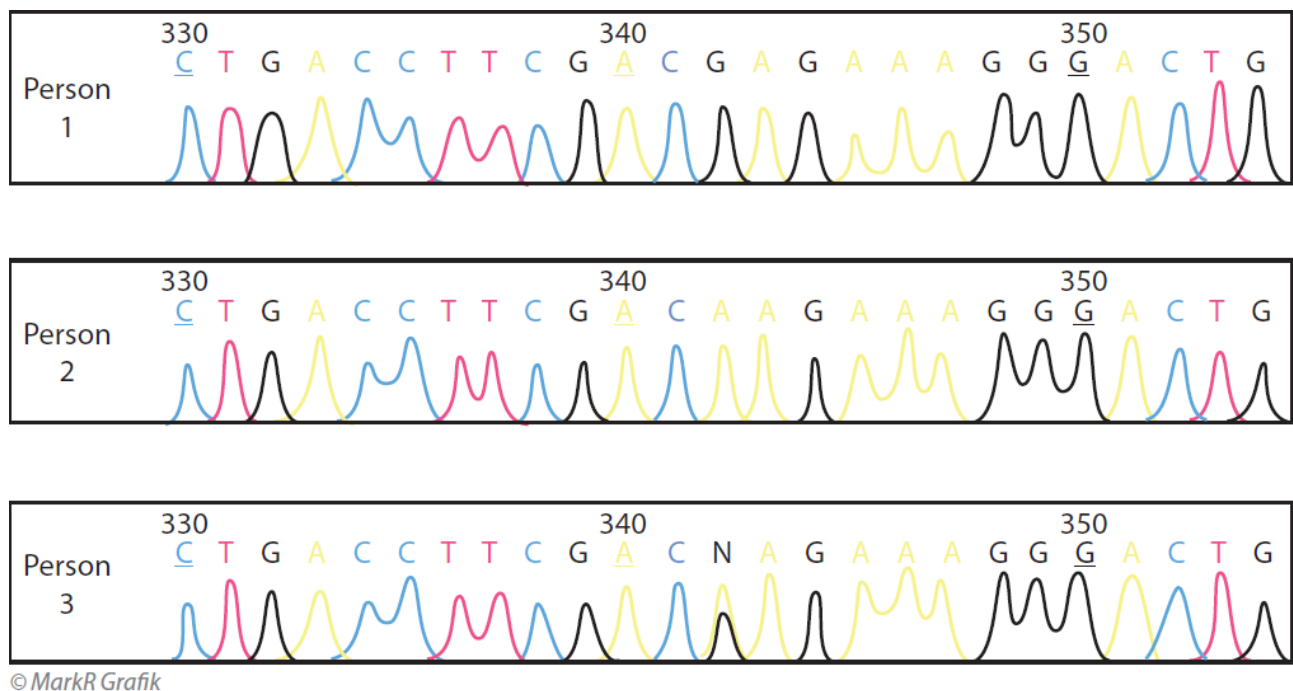
Personernes genotype	Relativt indhold af $\alpha$ -1-antitrypsin i blodplasma
<i>MM</i>	100
<i>MZ</i>	83
<i>ZZ</i>	16

*Figur 3.*

Blodplasmaets indhold af  $\alpha$ -1-antitrypsin hos homo- og heterozygote personer.

3. Argumentér for, at allelerne *M* og *Z* er codominante. Inddrag *figur 3*.

*Z*-allelen er opstået ved en punktmutation. Ved mutationen er guanin (G) udskiftet med adenin (A). *Figur 4* viser et kromatogram fra en sekventering af genet for  $\alpha$ -1-antitrypsin fra tre personer med genotyperne *MM*, *MZ* og *ZZ*.



*Figur 4.*

Udsnit af kromatogram fra sekventering af  $\alpha$ -1-antitrypsingenet fra personer med genotyperne *MM*, *MZ* og *ZZ*. X-aksen angiver baseposition fra exonets start. N repræsenterer et nukleotid, som ikke kan identificeres.

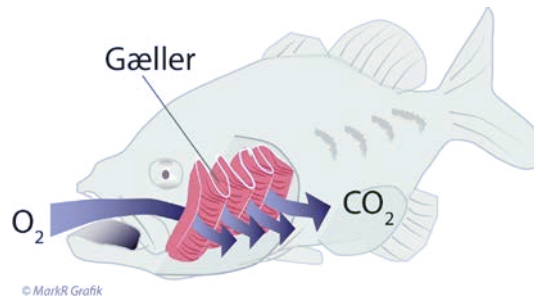
4. Angiv genotyperne på person 1, 2 og 3 ud fra resultaterne vist i *figur 4*.

Normalt transporteres  $\alpha$ -1-antitrypsin ud af levercellerne til blodet, mens den variant af  $\alpha$ -1-antitrypsin, der dannes fra *Z*-allelen i stedet klumper sammen i levercellerne.

5. Forklar, hvordan mutationen kan medføre, at  $\alpha$ -1-antitrypsin dannet fra *Z*-allelen ikke transporteres ud af levercellerne.

### Opgave 3. Fiskedød forårsaget af alger

I danske farvande forekommer den encellede alge, *Pseudochattonella farcimen*, som i stort antal kan være dødelige for fisk. Algen udskiller stoffer, der kan irritere og ødelægge fiskenes gæller. Figur 1 viser gællers funktion hos fisk.

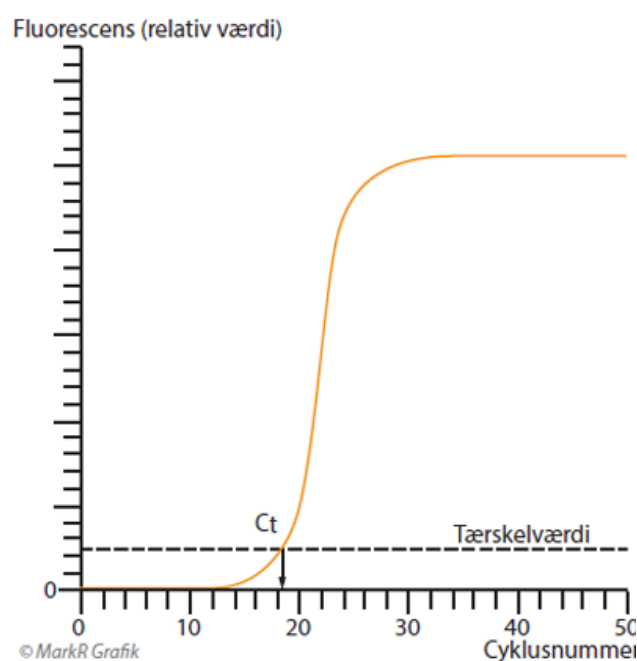


Figur 1.  
Gællers funktion hos fisk.

1. Forklar, hvorfor irritation og ødelæggelse af fiskens gæller kan medføre fiskedød.

En gruppe forskere har udviklet en metode, hvor de ved brug af real-time PCR kan bestemme hvor mange *P. farcimen*-celler, der er i en vandprøve. Ved metoden real-time PCR bruges en DNA-probe, der specifikt binder til et udvalgt DNA-område. Under DNA-replikationen nedbrydes proben. Nedbrydning af proben resulterer i udsendelsen af fluorescens, se animation i nedenstående video. (Video findes i den digitale opgave).

Den udsendte fluorescens bestemmes løbende og kan bruges som et mål for mængden af dannet DNA. Figur 2 viser resultatet af en real-time PCR.



Figur 2.  
Resultat af en real-time PCR.

Real-time PCR-maskinen kan først måle den udsendte fluorescens efter at fluorescensen har nået tærskelværdien, se *figur 2*. Det mindste antal PCR-cykler, der skal til, for at maskinen kan måle en fluorescens, kaldes Ct-værdien. Ct-værdien er derfor et udtryk for den mængde af udvalgt DNA, som var tilstede i prøven i begyndelsen af real-time PCR.

2. Forklar, hvorfor Ct-værdien er et udtryk for mængden af udvalgt DNA, der var til stede i prøven i begyndelsen af real-time PCR.

Forskere har udviklet en probe, som kan bruges til at adskille *P. farcimen* fra andre algearter, som forekommer i danske farvande. Forskerne lavede sekvensanalyse af DNA fra forskellige algearter.

3. Forklar, hvordan resultater fra sekvensanalyse af forskellige algearter kan anvendes til at udvikle en probe, der kan adskille *P. farcimen* fra andre algearter.

For at lave en standardkurve bestemte forskerne Ct-værdien for en fortyndingsrække af *P. farcimen*-celler. Sammenhængen mellem koncentrationen af celler pr. mL og Ct-værdi er tilnærmelsesvis logaritmisk. Resultatet fremgår af *figur 3*.

<i>Pseudochattonella farcimen</i>	Ct-værdi
10	36,45
100	31,39
1.000	28,34
10.000	24,36
100.000	20,33

*Figur 3.*

Samhørende værdier for *P. farcimen*-celler pr. mL og Ct-værdier.

Figurens data kan hentes i vedlagte [excel-dokument](#).

I foråret 2015 forekom der en opblomstring af *P. farcimen* i Horsens Fjord. *Figur 4* viser Ct-værdier for *P. farcimen* i vandprøver, indsamlet i Horsens Fjord på fem udvalgte datoer. *Pseudochattonella farcimen* har optimal vækst ved 4 °C.

Dato	Ct-værdi	<i>Pseudochattonella farcimen</i> (celler pr. mL)
17. marts 2015	19,09	?
19. marts 2015	30,85	?
26. marts 2015	32,24	?
14. april 2015	32,70	?
24. april 2015	34,50	?

*Figur 4.*

Ct-værdier for *P. farcimen* i vandprøver indsamlet i Horsens Fjord på fem udvalgte datoer.

Figurens data kan hentes i vedlagte [excel-dokument](#).

4. Bestem antallet af *P. farcimen*-celler i vandprøverne på baggrund af data, vist i *figur 3*.
5. Giv forslag til, hvorfor der er ændring i antallet af celler i perioden 17. marts 2015 til 24. april 2015, se *figur 4*.

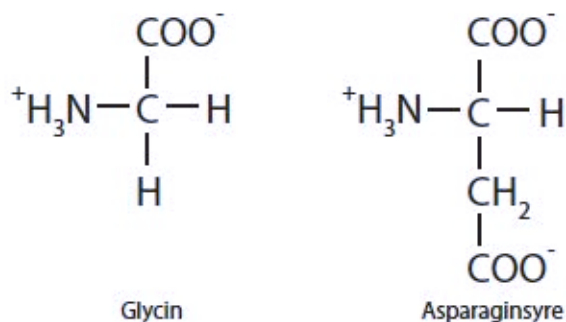
#### Opgave 4. Orangutangers $\alpha$ -globin-gener

Proteinet  $\alpha$ -globin indgår i hæmoglobin. Hos orangutang, *Pongo pygmaeus*, se figur 1, findes to alleler af  $\alpha$ -globin-genet:  $W_1$  og  $W_2$ . De to alleler koder for hver sin variant af  $\alpha$ -globin-proteinet. Begge varianter indeholder 141 aminosyrer. Den ene variant indeholder aminosyren glycine på den plads, hvor den anden variant indeholder asparaginsyre. Strukturformler for glycine og asparaginsyre er vist i figur 2. De to  $\alpha$ -globin-varianter kan adskilles ved en protein-elektroforese, hvor proteinet bevarer sin oprindelige struktur og ladning.



Foto: Jørgen Baungard Hansen

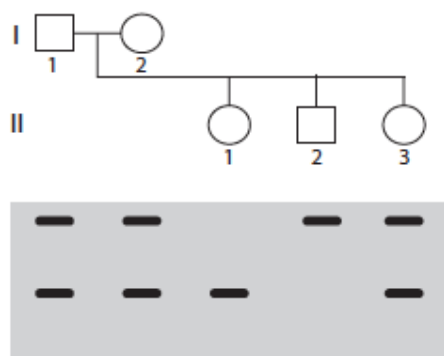
Figur 1.  
Orangutang, han. Tanjung Puting National Park, Borneo.



Figur 2.  
Strukturformel for glycine og asparaginsyre<sup>2</sup> ved pH 7.

1. Forklar, hvorfor de to varianter af proteinet  $\alpha$ -globin kan adskilles ved protein-elektroforese. Inddrag figur 2.

Figur 3 viser en stamtavle over to generationer af orangutanger samt resultat af proteinelektroforese af  $\alpha$ -globinvarianter. Hannen II-2 har genotypen  $W_1W_1$ .



Figur 3. Stamtavle over to generationer orangutanger, samt resultat af elektroforese på individernes  $\alpha$ -globinvarianter. Hannen, II-2, har genotypen  $W_1W_1$ .

2. Angiv genotyper for I-1 og II-, vist i figur 3. Begrund dit svar.

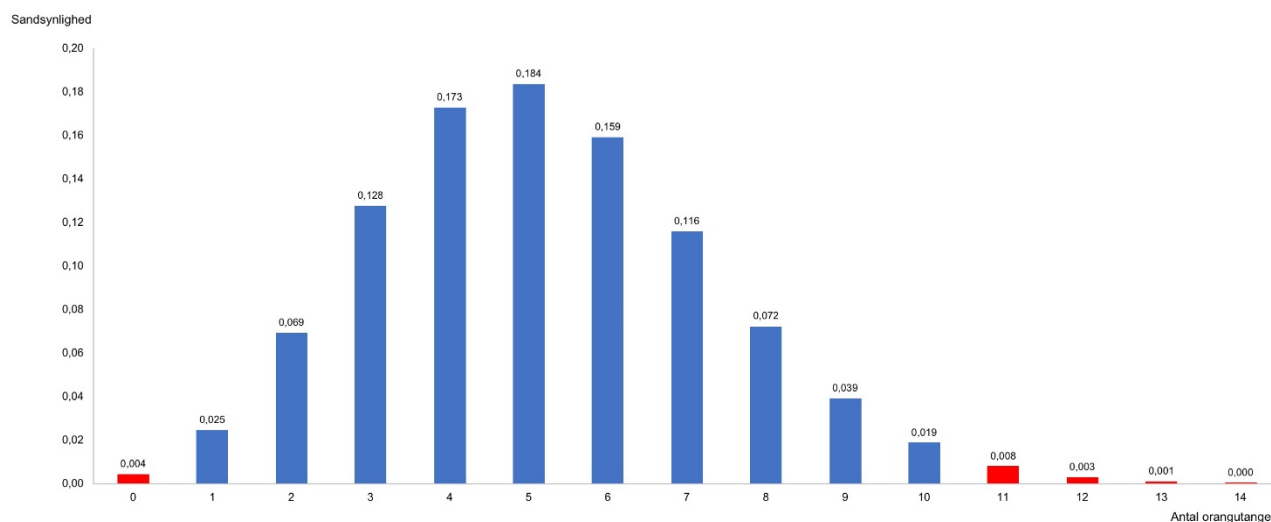
<sup>2</sup> Asparaginsyre kaldes også aspartat.

Hos orangutanger på Borneo er allelfrekvensen  $p(W_1) = 0,69$  og allelfrekvensen  $q(W_2) = 0,31$ .

3. Forklar, hvorfor den forventede sandsynlighed for, at en orangutang på Borneo har genotypen  $W_2W_2$ , er 0,096 under forudsætning af Hardy-Weinberg-ligevægt.

Orangutanger lever i områder, hvor de er udsat for smitte med tropesygdommen malaria, der kan medføre døden. Forskere har den hypotese, at orangutanger med genotypen  $W_2W_2$  har øget modstandsdygtighed over for malaria, og de forventer derfor ikke, at populationen er i Hardy-Weinberg-ligevægt. For at undersøge dette opstillede forskerne den nulhypotese,  $H_0$ , at der er Hardy-Weinberg-ligevægt i populationen. Blandt 54 orangutanger observerede de, at 11 af orangutangerne har genotypen  $W_2W_2$ .

Figur 4 viser binominalfordelingen for det forventede antal orangutanger med genotypen  $W_2W_2$  under forudsætning af Hardy-Weinberg-ligevægt. Antalsparameteren er 54, og sandsynlighedsparameteren er 0,096.



Figur 4.

Binominalfordeling for det forventede antal orangutanger med genotypen  $W_2W_2$ .

4. Angiv på baggrund af figur 4, om  $H_0$  kan forkastes med et signifikansniveau på 5%.
5. Vurder, om antallet af observerede orangutanger med genotypen  $W_2W_2$  kan underbygge hypotesen om, at de to  $\alpha$ -globinvarianter kan have betydning for orangutangens modstandsdygtighed over for malaria.