

## Docentenhandleiding bij “Kippenevolucie digitaal”



## Inhoud

Voorwoord .....	4
Doel van de docentenhandleiding .....	4
Doel van de opdracht: .....	4
Voorkennis.....	4
Randvoorwaarden .....	5
Samenwerkend leren (Broedplekken).....	5
Voordat je de lessenreeks start.....	5
Tijdens de lessen .....	6
Fok je ideale kip.....	7
Inleiding.....	7
Leerdoelen.....	7
Praktische aanwijzingen .....	7
Antwoordsuggestie .....	7
Selectie .....	8
Inleiding.....	8
Leerdoelen.....	8
Praktische aanwijzingen .....	8
Antwoordsuggestie .....	8
Natuurlijke selectie.....	9
Inleiding.....	9
Leerdoelen.....	9
Praktische aanwijzingen .....	9
Antwoordsuggestie .....	9
Vorm en functie.....	12
Inleiding.....	12
Leerdoelen.....	12
Praktische aanwijzingen .....	12
Antwoordsuggestie .....	12
Nieuwe variatie .....	13
Inleiding.....	13
Leerdoelen.....	13
Praktische aanwijzingen .....	13
Antwoordsuggestie .....	13
Hardy-Weinberg-evenwicht .....	16
Inleiding.....	16

Leerdoelen.....	16
Praktische aanwijzingen .....	16
Antwoordsuggestie .....	16
Fok evolutie .....	18
Inleiding .....	18
Leerdoelen.....	18
Praktische aanwijzingen .....	18
Antwoordsuggestie .....	18
Disclaimer .....	19

## Voorwoord

We hebben deze opdracht ontwikkeld omdat we zelf tegen een aantal beperkingen aanliepen m.b.t. het beschikbare lesmateriaal ten tijde van het digitale lesgeven door de corona maatregelen. We hebben onze bevindingen opgeschreven in een artikel in NVOX, en de Excel-opdracht en deze docentenhandleiding ter beschikking gesteld via de NVOX website, met als doel andere docenten de gelegenheid te geven gebruik te maken van dit materiaal of hen zelfs te inspireren om zelf ook een interactieve digitale onderzoeksopdracht te maken.

### Doel van de docentenhandleiding

Het doel van deze handleiding is om de uitvoering van de opdracht gemakkelijker te laten verlopen. Om dit zo goed mogelijk te doen, starten we deze handleiding met een aantal punten die betrekking hebben op de gehele opdracht:

- Doel van de opdracht
- Voorkennis
- Randvoorwaarden
- Samenwerkend leren (Broedplekken)
- Voordat je de lessenreeks start...

Daarna beschrijven we voor ieder tabblad van de Excel-opdracht onderstaande 4 punten:

- Inleiding
- Leerdoelen (bij dit tabblad)
- Praktische aanwijzingen
- Antwoord suggestie.

Aan het einde van dit document beschrijven we kort de beperkingen van deze opdracht (zie Disclaimer), geven we erkenning aan de mensen die deze opdracht mede mogelijk hebben gemaakt (zie Dankwoord) en tot slot vind u nog een aantal gebruikte bronnen (zie Referenties) waarnaar we verwijzen in dit document.

### Doel van de opdracht

Het doel van deze opdrachtenreeks is om de principes van evolutie te laten zien met verschillende simulaties in Excel, voortbordurend op de kennis die o.a. is opgedaan tijdens het voorafgaande thema erfelijkheid.

### Voorkennis

- Het is raadzaam om deze opdracht pas aan te bieden nadat de thema's voortplanting, erfelijkheid en ecologie zijn behandeld.
- Het is een pre wanneer leerlingen het uitbeeldpracticum zoals beschreven door "de praktijk" tijdens het thema erfelijkheid al eens hebben gedaan. Dit is een erg leuke opdracht die in een groep wordt uitgevoerd en kost ongeveer 1 les.
- Het is niet noodzakelijk om eerst de theorie van het thema evolutie te behandelen, voordat u met deze opdracht start. Vanzelfsprekend zullen leerlingen dan wel meer tijd nodig hebben om de betekenis van termen te achterhalen en om antwoorden op te zoeken.

## Randvoorwaarden

- Uiteraard is het hebben van een computer met Microsoft Excel een vereiste.
- Het is belangrijk om bij het openen van het document “macro’s inschakelen” aan te klikken, anders werken de knoppen niet.
- Zoals ook in de opdracht staat vermeld, is het belangrijk dat de leerling alleen gegevens in de groene velden invult en niet daarbuiten.  
Wanneer je gegevens verandert in de andere cellen loop je kans dat de formules niet meer correct functioneren en daardoor de opdracht niet meer goed werkt.
- Wij hebben ervaren dat op sommige laptops de groene invulvelden niet goed zichtbaar zijn door de stand van het beeldscherm.

## Samenwerkend leren (Broedplekken)

- Afhankelijk van hoe de opdracht aangeboden wordt, dienen er digitale dan wel fysieke plekken gecreëerd te worden waar leerlingen met dezelfde fokopdracht kunnen samenwerken. Dit zijn de zogenaamde broedplekken waar ze samen op een antwoord kunnen broeden.
- Met name bij het digitale groepswork is het onmogelijk om tegelijkertijd zicht te houden op alle groepjes. Daarom is het maken van duidelijk afspraken over houding en gedrag belangrijk.
- Een mogelijke instructie die gebruikt kan worden voor het samenwerken is de RIDE (Respect, Intelligent Collaboration, Deciding together, Encouraging) instructie die is beschreven door Gijlers, Saab, Van Joolingen, De Jong, & Van Hout-Wolters. (2009) in de context van samenwerkend onderzoekend leren. Wij hebben dit vrij vertaald naar het Nederlands naar de ‘RISA’-instructie.

RISA (RIDE) regel	Sub regel
(R) Respect	<ul style="list-style-type: none"><li>• Iedereen heeft een kans om bij te dragen</li><li>• Ieders idee wordt serieus genomen</li></ul>
(I) Intelligent samenwerken	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deel alle belangrijke informatie en suggesties</li><li>• Verhelder de informatie / leg uit!</li><li>• Leg je antwoorden uit</li><li>• Geef kritiek</li></ul>
(S) Samen beslissen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Een expliciete en gezamenlijke overeenkomst gaat vooraf aan besluiten en acties</li><li>• Accepteren dat de groep (in plaats van een individueel lid) verantwoordelijk is voor beslissingen en acties</li></ul>
(A) aanmoedigen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vraag om uitleg</li><li>• Vraag door totdat je het begrijpt</li><li>• Geef positieve feedback</li></ul>

## Voordat je de lessenreeks start...

- Het enthousiasmeren van leerlingen voor een opdracht is cruciaal voor het verdere verloop. Een korte discussie over evolutie, ondersteund met wat tekeningen of filmpjes is onmisbaar.

## Tijdens de lessen

- Wij hebben goede ervaringen met het model “Ik-wij-jullie” waarbij eerst de docent het begin over het fokken van kippen online voordoet en daarna de opdracht naar de leerlingen gestuurd wordt, zodat de leerlingen hier zelfstandig mee aan de slag kunnen. Onze ervaring is dat leerlingen het erg leuk vinden om zelf de dieren te kruisen, nadat ze gezien hebben hoe dit werkt!
- Probeer de begrippen die in het handboek worden genoemd expliciet te benoemen tijdens het bespreken van de opdracht, zodat het verband tussen de opdracht en de bijbehorende theorie duidelijk wordt voor de leerling. Als voorbeeld hebben we een begrippenmatrix in bijlage 1 geplaatst. Deze matrix bevat de vetgedrukte begrippen uit de relevante hoofdstukken die in de lesmethode Nectar (4VWO) worden beschreven, gecategoriseerd per Excel tabblad.

## Fok je ideale kip

### Inleiding

Dit is de digitale versie van de opdracht zoals ontwikkeld door Caspar Geraedts en Gilles de Hollander. Het doel is om met deze opdracht, die binnen het thema "erfelijkheid" al als groepsopdracht is aangeboden, de voorkennis te activeren. Daarnaast wordt er data gegenereerd die in de latere tabbladen nodig zijn om mee verder te werken.

### Leerdoelen

- De leerling kan uitleggen wat domesticatie is.
- De leerling kan uitleggen hoe erfelijke eigenschappen doorgegeven kunnen worden.
- De leerling kan uitleggen hoe selectie door de mens het genotype en fenotype beïnvloedt.
- De leerling kan kunstmatige selectie toepassen en de hierbij gemaakte keuzes verantwoorden.

### Praktische aanwijzingen

- Start de les door de interesse te wekken met een aandachtrichter. Maak de leerlingen enthousiast!
- Doe eerst zelf een aantal kruisingen voor, zodat de leerlingen hebben gezien hoe de eerste opdracht werkt.
- De leerling bekijkt zijn opdracht en fokt in vier generaties een kip die hier zoveel mogelijk aan voldoet door te selecteren op vijf genen. Dit is een digitale versie van de opdracht "Fok je ideale kip" (De Praktijk & Stichting Biowetenschappen en Maatschappij, 2010).
- In de volgende les kan een aantal leerlingen hun scherm delen om te laten zien wat voor een soort kip ze hebben gefokt. In breakout rooms kunnen leerlingen onderling de F5-generatie vergelijken. Zijn er leerlingen met exact dezelfde F5-generatie? Hoe komt dit?
- Tip: Als variatie op de opdracht is het mogelijk om tussen de verschillende fokopdrachten een kip uit te wisselen.
- Tabblad 1 afmaken als huiswerk voor de volgende les.

### Antwoordsuggestie

vraag	Antwoord suggestie	opmerking
1-13	Eigen antwoord	Vraag uit methode "variatie in Vee"
14	<ul style="list-style-type: none"><li>• de meeste groepjes zullen een eind op weg zijn in het bereiken van hun 'ideale' kip</li><li>• om wél het gewenste genotype te bereiken zal het meestal voldoende zijn om nog een aantal generaties door te fokken</li><li>• mocht een groepje per ongeluk een 'ideale' allel zijn kwijtgeraakt is kruisen met een kip uit een ander groepje een optie</li></ul>	Vraag uit methode "variatie in Vee"

## Selectie

### Inleiding

In deze opdracht wordt een eerste stap richting populatiegenetica gemaakt. De leerling analyseert op een speelse manier de allelfrequentie door naar grafieken te kijken en analyseert welke selectie stappen veel invloed hadden. Er wordt een link gelegd tussen kunstmatige selectie en natuurlijke selectie.

### Leerdoelen

- De leerling kan uitleggen wat selectie voor een gevolgen heeft voor een volgende generatie.
- De leerling kan uitleggen welke selectiestap succesvol was en waarom op het niveau van genotypefrequentie.

### Praktische aanwijzingen

- Laat een aantal leerlingen hun scherm delen en de grafieken uitleggen. Is het voor andere leerlingen duidelijk op te maken uit deze grafieken op welke allelen er is geselecteerd? Klopt dit?

### Antwoordsuggestie

vraag	Antwoord suggestie	opmerking
1	Groter... verschillende allelen coderen vaak voor verschillende eigenschappen (en met meer allelen zijn er meer allelencombinaties mogelijk).	Vraag uit methode "variatie in Vee"
2-3	Eigen antwoord	Vraag uit methode "variatie in Vee"
4	<ul style="list-style-type: none"><li>• Af</li><li>• Toe</li><li>• Minder</li><li>• Meer</li><li>• sneller</li></ul>	Vraag uit methode "variatie in Vee"
5-6	Eigen antwoord	



## Natuurlijke selectie

### Inleiding

In deze deelopdracht wordt de vertaalslag gemaakt van kunstmatige selectie binnen vier generaties naar natuurlijke selectie binnen 4000 generaties. De data die zijn gecreëerd in opdracht 1 worden nu als simulatiedata voor een hele populatie over een lange tijdsperiode gezien. De leerling probeert natuurlijke scenario's te bedenken voor de (veranderende) allelfrequenties en met deze gegevens een evolutionair verhaal te schrijven over het ontstaan van de kip.

### Leerdoelen

- De leerling kan uitleggen dat natuurlijke selectie langzamer verloopt dan kunstmatige selectie.
- De leerling kan uitleggen dat op het niveau van genotype het principe tussen kunstmatig en natuurlijke selectie hetzelfde is.
- De leerling kan uitleggen dat voor natuurlijke selectie een reproductievoordeel noodzakelijk is.
- De leerling kan uitleggen dat door natuurlijke selectie normaal gesproken de allelfrequentie in een populatie zeer langzaam verandert.
- De leerling kan uitleggen dat een grote allelfrequentieverandering in een korte periode veroorzaakt wordt door een ramp.

### Praktische aanwijzingen

- De ervaring leert dat leerlingen het lastig vinden om een mogelijke oorzaak te bedenken. Door het stellen van vragen is het mogelijk om de leerling creatief te laten denken en een beetje de juiste richting op te sturen. Hieronder een aantal suggesties.
  - Plotseling toe / afgenomen
    - Wanneer er een plotselinge toe- of afname is, is het waarschijnlijk dat dit wordt veroorzaakt door een plotselinge verandering in de omgeving, zoals een ramp (bottleneck effect) en een bepaald genotype hierna in het voordeel was, waardoor er een reproductief voordeel is.
  - Geleidelijk toe / afgenomen
    - Wanneer er een geleidelijke toe- of afname is, is het waarschijnlijk dat er een kleiner reproductief voordeel was t.o.v. het andere allel. Er werden meer jongen geboren of meer jongen overleefden.
  - Stabiel
    - Het allel heeft mogelijk een belangrijke functie. (Later tijdens de opdracht over het Hardy-Weinberg evenwicht leren ze meer over stabiel blijvende allelen.)

### Antwoordsuggestie

vraag	Antwoord suggestie	opmerking
1-2	Eigen antwoord	
3	<ul style="list-style-type: none"><li>• A: Groeihormoon zorgt voor meer vlees, sterkere kippen, die minder snel</li></ul>	

	<p>aangevallen worden. Evt. voor grotere eieren, sterkere nakomelingen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a: Minder groeihormoon zorgt voor een langere levensduur, dus meer kans op overleven en meer nakomelingen.</li> <li>• B: Agressief gedrag zorgt ervoor dat kuikens beschermd worden, daardoor meer overlevenden.</li> <li>• b: Minder conflicten, daardoor minder letsel en daardoor meer overlevenden.</li> <li>• C en c: Zowel naar witte als naar zwart-wit gespikkelde veren kan er seksuele selectie optreden.</li> <li>• D: Voortplanting: meer eieren zorgt voor meer kuikens.</li> <li>• d: de dieren zijn wat groter, dit kan de kans op overleven vergroten of kan de seksuele selectie positief beïnvloeden.</li> <li>• E: Veergroei vergroot de kans op aantrekkelijke mannetjes en dus meer kans op paring en nakomelingen.</li> <li>• e: Zonder veerkuif heeft de kip beter zicht en kan hij langer overleven.</li> </ul>	
4	<p>Allelen hebben soms zowel voordelen als nadelen. Bijv. het allel voor veerleur: hoe mooier de veren, des te meer kans op voortplanting, maar ook des te meer kans om op te vallen voor roofdieren.</p> <p>AA heeft te snelle groei en teveel gewicht (plofkip) en dit zou de overlevingskansen sterk kunnen verminderen.</p>	
5	<p>Bij allopatrische soortvorming treedt er een scheiding op, waardoor de populatie gesplitst wordt. Bij sympatrische soortvorming is de populatie wel bij elkaar, maar paren ze toch niet met elkaar, meestal vindt er seksuele selectie plaats. De meeste scenario's in deze opdracht zijn te verklaren met sympatrische soort.</p>	
6	<p>Leerling legt op goede manier uit dat het genotype zorgde voor een eigenschap die de overleving van de kip verbeterde (struggle for life) en dat deze kip daardoor meer nakomelingen kon krijgen (survival of the fittest) en dus het best aangepast was.</p>	
7	<p>Natuurlijke selectie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De omgeving</li> <li>• groot</li> <li>• Weinig</li> <li>• Langzaam</li> </ul> <p>Kunstmatige selectie:</p>	<p>Vraag uit methode "variatie in Vee"</p>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• De mens</li><li>• Klein</li><li>• Veel</li><li>• snel</li></ul>	
--	---	--

## Vorm en functie

### Inleiding

In deze opdracht wordt het effect van een genotype op het fenotype onderzocht. Deze opdracht heeft als doel om de leerling het verband tussen vorm en functie te laten inzien. Met deze informatie zal de leerlingen een visualisatie van de veranderende kippen maken.

### Leerdoelen

- De leerling kan vertalen van genetische variatie naar vorm en functie
- De leerling kan visualiseren op basis van tekst.

### Praktische aanwijzingen

- Sommige leerlingen hebben moeite om te starten met een tekening. Een sjabloon van een kip die ze kunnen overnemen als uitgangspunt kan de drempel wegnemen bij sommige leerlingen.

### Antwoordsuggestie

vraag	Antwoordsuggestie	opmerking
1	Eigen antwoord	
2	Bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"><li>• vleugels om te vliegen</li><li>• Staart om te vliegen</li><li>• Klauwen om op een tak te kunnen zitten</li></ul>	
3	Eigen creatie. Voor een voorbeeld: zie artikel in NVOX.	

## Nieuwe variatie

### Inleiding

Omdat de voorgaande opdrachten wel de verandering van de relatieve frequenties van bestaande allelen in een populatie over tijd weergeven, maar niet de introductie van nieuwe variatie, gaat de leerling in deze opdracht wat dieper in op de processen die nieuwe variatie in het genoom kunnen opleveren zoals puntmutaties, deleties en inserties.

Na selectie wordt het andere ingrediënt van evolutie onder de loep genomen: genetische variatie. Er wordt gekeken naar recombinatie en, in meer detail, naar het ontstaan van nieuwe mutaties en het effect hiervan op een populatie.

### Leerdoelen

- De leerling kan uitleggen wat het effect van een somatische mutatie is op niveau van cel, organisme en populatie.
- De leerling kan uitleggen wat recombinatie is.
- De leerling kan uitleggen dat er zonder mutaties geen adaptatie mogelijk is en uiteindelijk alles zal uitsterven.

### Praktische aanwijzingen

- Als voorbereiding op deze les helpt het om leerlingen nog even naar de theorie over moleculaire biologie te laten kijken. Wat is ook alweer...
  - DNA
  - RNA
  - Triplet codon
  - Aminozuur
  - Eiwit
  - Mutatie
    - Punt mutatie
    - Deletie
    - Insertie

### Antwoordsuggestie

vraag	Antwoordsuggestie	opmerking
1	Eigen antwoord. Waarschijnlijk is het antwoord 'nee', de oerkip is niet terug te fokken met de kippen uit deze populatie. Alleen door het kruisen met kippen uit een andere populatie kun je bepaalde allelen weer terug in deze populatie brengen en de oerkip terugfokken.	
2a	Ander soort: <ul style="list-style-type: none"><li>• F1 levend: Nee / soms ja, maar onvruchtbaar (zie definitie van een soort, uitzonderingen zijn o.a. muilddier, muilezel, lijger, etc.</li></ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F1 gezond: Ja.</li> <li>• Genetische diversiteit: groot maar onvruchtbaar</li> </ul> <p>Ander ras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F1 levend: Ja</li> <li>• F1 gezond: Ja.</li> <li>• Genetische diversiteit: neemt toe</li> </ul> <p>Andere populatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F1 levend: Ja</li> <li>• F1 gezond: Ja.</li> <li>• Genetische diversiteit: neemt toe</li> </ul> <p>Ander gezin:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F1 levend: Ja</li> <li>• F1 gezond: Ja.</li> <li>• Genetische diversiteit: neemt toe</li> </ul> <p>Zelfde gezin:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F1 levend: Ja</li> <li>• F1 gezond: Nee (Meestal mankeert er e.e.a.)</li> <li>• Genetische diversiteit: neemt af</li> </ul>	
2b	eerst de oerkip, dan tegelijkertijd de drie verschillende varianten. De een gaat niet per se sneller dan de andere.	
2c	DNA-analyse kan nauwkeuriger de graad van verwantschap aangeven. Des te hoger de mate van verwantschap, des te later de afsplitsing heeft plaatsgevonden.	
3	Als er alleen allelen verloren gaan, zal een populatie op een gegeven moment niet meer in staat zijn om zich aan te passen aan veranderende leefomstandigheden. Juist de variatie in allelen bij een populatie zorgt ervoor dat grote kans is dat er altijd wel een gedeelte van de populatie bij een veranderende leefomstandigheid kan overleven en nakomelingen kan krijgen.	
4	Links boven: Mutatie Daaronder: Recombinatie. Op alle overige plekken een +	Vraag uit methode "variatie in Vee"
5	Bij fokken worden ook specifieke eigenschappen met elkaar gecombineerd, en daarmee ook de genen die voor die eigenschappen coderen. Als het fokprogramma gericht is op het maken van een 'zuivere' lijn en er alleen maar allelen verdwijnen is er geen sprake van recombinatie.	Vraag uit methode "variatie in Vee"
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mutatie (substitutie): Er verandert één stikstofbase. Dit verandert het triplet, maar heeft niet per se tot gevolg dat er</li> </ul>	

	<p>een ander aminozuur wordt geplaatst</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deletie: Er verdwijnt 1 stikstofbase. Dit heeft gevolgen voor dit codon en alle volgende codons. Er zullen heel veel andere aminozuren worden geplaatst.</li> <li>• insertie: Er wordt 1 stikstofbase toegevoegd. Dit heeft gevolgen voor dit codon en alle volgende codons. Er zullen heel veel andere aminozuren worden geplaatst.</li> </ul>	
7	Een eiwit is opgebouwd uit een keten van aminozuren. Welke aminozuren in deze keten worden geplaatst en in welke volgorde, bepaalt de vouwing van het eiwit en daarmee de vorm en daarmee weer de functie. Een verandering van een aminozuur kan dus een verkeerd functionerend eiwit opleveren.	
8	Eiwitten voeren taken uit in je lichaam (bijv. groeihormoon) en zorgen voor je fenotype (lang). Een verandering in dit eiwit (een niet functionerend groeihormoon) kan dus ook een verandering in fenotype geven (je bent klein).	
9	Sommige genen zorgen voor eiwitten die zo belangrijk zijn voor het overleven van het individu dat een mutatie, en dus een veranderde vorm van het eiwit, meteen dodelijk zou zijn. Deze mutatie komt dus niet voor in de populatie.	
10	Zonder recombinatie zouden de nakomelingen steeds ook aa zijn. Als er op een gegeven moment een grote A ontstaat komt deze daarna als Aa in de populatie voor. Alleen als Aa x Aa plaatsvindt, is er een kans op een nakomeling met AA.	

# Hardy-Weinberg-evenwicht

## Inleiding

Bij dit werkblad berekent de leerling het verschil tussen de allelfrequentie en genotypefrequentie van twee metingen waar 4000 jaar tussen zit m.b.v. de Hardy-Weinberg formules. Er wordt gebruik gemaakt van een stappenplan en een uitgewerkt voorbeeld om de "cognitive load" te verlagen (Kirschner, 2006).

## Leerdoelen

- De leerling kan uitleggen wat het Hardy-Weinberg-evenwicht is.
- De leerling kan rekenen met de Hardy-Weinberg formules.

## Praktische aanwijzingen

- De methode die we hier beschrijven, helpt leerlingen om stap voor stap de HW-formules toe te passen. Het is aan te bevelen om de eerste opdracht samen te doen. Eventueel daarna zelf nog een paar keer een aantal scenario's verzinnen waar leerlingen mee kunnen oefenen.
- De ervaring leert dat leerlingen dit lastig vinden. Extra oefenen met deze lesstof is noodzakelijk om deze theorie eigen te maken.

## Antwoordsuggestie

vraag	Antwoord suggestie	opmerking
1	1: Met behulp van gidsfossielen. Dit zijn fossielen met een grote geografische verspreiding die slechts een beperkte tijd hebben bestaan. 2: Met behulp van isotooponderzoek waarbij naar de halfwaardetijd wordt gekeken. De hoeveelheid C12 blijft constant, C14 halveert iedere 5730 jaar.	
2a	$A=0,09$ $a=0,91$	
2b	$AA=0,008$ , $Aa= (2 \times 0,08)$ $0,16$ , $aa=0,83$	
3a	Stap 1: <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>P^2 + 2Pq + q^2 = 1</math></li><li>• <math>P + q = 1</math></li></ul> Stap 2: <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>3495-026 = AA / Aa = 469</math></li><li>• <math>aa = 3026</math></li></ul> Stap 3: <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>q^2 = 0.87</math></li><li>• <math>q = \sqrt{0.87}</math></li><li>• <math>q \approx 0.93</math></li></ul> Stap 4: <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>P + q = 1</math></li><li>• <math>P + 0.93 = 1</math></li><li>• <math>P = 0.07</math></li></ul>	



	<p>Stap 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P^2 = 0.07 \times 0.07</math></li> <li>• <math>P^2 \approx 0.0049</math></li> <li>• <math>Pq = 0.93 \times 0.07</math></li> <li>• <math>Pq \approx 0.0651</math></li> </ul> <p>Stap 6: zie 3b en 3c</p>	
3b	$A=0,07, a=0,93$	
3c	$AA=0,0049, Aa=0,13, aa=0,87$	
4	De getallen zijn nog niet heel erg veranderd, er heeft een verschuiving in genotypen plaatsgevonden. Het gaat te ver om te zeggen dat er evolutie heeft plaatsgevonden.	
5	Nee, dit laat zien dat de omstandigheden erg stabiel zijn geweest. Evolutie treedt sneller op bij wisselende omstandigheden.	

## Fok evolutie

### Inleiding

In deze laatste opdracht wordt er nog een keer teruggekeken naar de verschillende opdrachten en worden de mechanismen voor evolutie nog eens uitgelicht.

Gekenen wordt naar mogelijke verloop van een mutatie binnen een kleine populatie over een aantal generaties. Organisatieniveau: organisme en populatie.

### Leerdoelen

- De leerling kan uitleggen welke voorwaarden er voor het Hardy-Weinberg evenwicht gelden.
- De leerling kan uitleggen welke voorwaarden niet gelden binnen de evolutie van de eigen kip.

### Praktische aanwijzingen

- De leerlingen kun je een voorwaarde laten noemen die wel of niet geldt en dan een andere leerling hierop laten reageren, of een extra voorbeeld laten benoemen. Op deze manier kun je online een onderwijsleergesprek over dit onderwerp voeren.

### Antwoordsuggestie

vraag	Antwoordsuggestie	opmerking
1	Als de voorouder homozygoot is voor een eigenschap, dan is de ontstane variatie waarschijnlijk een mutatie.	
2	In principe niet: er werd steeds geselecteerd.	
3	Eigen antwoord	
4	Als je aanneemt dat sierkippen niet prettig samenleven met vleeskippen, dan zal er geneflow zijn geweest.	
5a	Eigen antwoord, afhankelijk van het scenario dat de leerling heeft bedacht..	
5b	Dit zou kunnen: de meest gunstige mutatie is een nieuwe groep geworden	
5c	Eigen antwoord.	dr. Gerard Verschuuren voor zijn uitleg over Monte Carlo simulation of random walk in evolution, gebruikt in . ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=WGO5SYnWnQw">https://www.youtube.com/watch?v=WGO5SYnWnQw</a> )

## Disclaimer

De achterliggende ontwerpgedachte is om leerlingen stof van verschillende hoofdstukken te laten integreren en combineren op een manier die het langzame, ongrijpbare proces van evolutie concreet maakt door dit simulatiepracticum. Er is getracht een zo concreet mogelijk overzicht te geven van de leerdoelen, eindtermen en geïntegreerde begrippen. De termen en begrippen komen terug in de verschillende opdrachten, maar worden niet overal expliciet genoemd. Belangrijk om te vermelden is, dat deze werkvorm geen uitgekristalliseerde en geoptimaliseerde didactiek betreft, maar een eerste versie, gemaakt binnen de beschikbare tijd. Er ligt nog een aantal mooie mogelijkheden om deze opdracht verder vorm te geven!

Hoewel we met uiterste zorg ons materiaal hebben samengesteld kan het zijn dat we kleine foutjes over het hoofd hebben gezien. Indien u kritische op- en/of aanmerkingen heeft die tot verbetering van de opdracht kunnen leiden, kunt u deze via email naar [s.blok@hetnieuweeemland.nl](mailto:s.blok@hetnieuweeemland.nl) sturen. Wij proberen dit dan z.s.m. in de opdracht te verwerken. Het delen van deze opdracht wordt van harte aangemoedigd onder de vermelding van de Creative commons licentie en mag onder deze vermelding gedeeld worden. (De Praktijk & Stichting Biowetenschappen en Maatschappij, 2010).

## Dankwoord:

Naast de auteurs zoals omschreven in het artikel is deze opdracht is mede tot stand gekomen door:

- Caspar Geraedts en Gilles de Hollander namens De Praktijk: Deze opdracht bevat onderdelen die soms letterlijk zijn overgenomen, soms zijn bewerkt en soms zijn gedigitaliseerd m.b.v. Excel uit de opdracht "Variatie in Vee".
- dr. Gerard Verschuuren voor zijn uitleg over Monte Carlo simulation of random walk in evolution, gebruikt in sheet 7) Fok Evolutie.  
(<https://www.youtube.com/watch?v=WGO5SYnWnQw>)
- Aad Monquill voor zijn advies en feedback over wiskunde didactiek m.b.t. het uitleggen van de Hardy-Weinberg formules.
- Henk Heerdink en Steven Walstra voor het testen, meedenken en verstrekken van feedback op deze opdracht.
- Klas EVG4BioIB en EVG4BioI2 van Het Nieuwe Eemland College (schooljaar 2019-2020) om deze opdracht als eerste te maken ten tijde van de corona-crisis.

## Referenties:

Gijlers, H., Saab, N., Van Joolingen, W. R., De Jong, T., & Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2009). Interaction between tool and talk: how instruction and tools support consensus building in collaborative inquiry-learning environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(3), 252–267. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2008.00302.x>

Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 46(2), 75-86

Bijlage 1: Begrippenmatrix Nectar VWO 4

		1) Fok je ideale kip	2) selectie	3) Natuurlijke selectie	4) Vorm en functie	5) Nieuwe variatie	6) Hardy-Weinberg-evenwicht	7) Fok evolutie
<b>H7 evolutie</b>	<b>7.1 ontstaan van de mens</b>	selectiedruk DNA	selectiedruk DNA	selectiedruk DNA overlevingskansen struggle for live	overlevingskansen struggle for live			
	<b>7.2 ontstaan van nieuwe soorten</b>	selectiedruk kunstmatige selectie domesticeren	selectiedruk kunstmatige selectie domesticeren	selectiedruk survival of the fittest allopatrische soortvorming sympatrische soortvorming seksuele selectie	Selectie druk survival of the fittest	variatie in eigenschappen mutaties recombinitie		
	<b>7.3 het verhaal van fossielen</b>				rudimentaire organen			
	<b>7.4 Evolutie theorie in ontwikkeling</b>	nucleotiden genetisch materiaal	nucleotiden genetisch materiaal	nucleotiden genetisch materiaal	genetisch materiaal	voorouders genetisch materiaal cladogram	nucleotiden genetisch materiaal	nucleotiden genetisch materiaal
	<b>7.5 Een populatie vol allelen</b>	mutatie genenpool genotype frequenties	genotype frequenties	populatiegenetica genotype frequenties genenpool flessenhalseffect		mutaties genenpool toeval inteelt immigratie	populatiegenetica founder effect genotype frequenties allelfrequenties Hardy-weinberg-evenwicht $p+q=1$ $p^2+2pq+q^2=1$	populatiegenetica genotype frequenties genenpool toeval Hardy-weinberg-evenwicht
<b>overige hoofd stukken</b>	<b>H6 Soorten en populaties</b>	mutatie		biotische factoren abiotische factoren habitat mutatie adaptatie	soort uiterlijke kenmerken	soort uiterlijke kenmerken vruchtbare nakomelingen populaties genetische diversiteit	mutatie	mutatie
	<b>H5 Erfelijkheid</b>	DNA chromosoom fenotype genotype genoom genen mutaties allelen meiose dominant recessief homozygoot heterozygoot overerving P-generatie F1-generatie f2-generatie	klassieke veredeling			DNA chromosoom fenotype genotype genoom genen mutaties allelen meiose translocatie recombinitie puntmutatie letale allelen		
	<b>H4 voorplanting</b>	bevruchting embryo haploïd DNA				bevruchting embryo DNA		
	<b>H3 weten schappelijk onderzoek</b>		resultaten tabellen grafiek stapeldiagram waarneming conclusie beschrijvend onderzoek	hypothese resultaten tabellen grafiek stapeldiagram waarneming conclusie beschrijvend onderzoek	tekening			

	H2 Cel en leven	Cellen organismen organisatie niveau molecuul organel cel organisme populatie soort erfelijk materiaal voortplanten DNA-molecuul erfelijke eigenschap				molecuul eiwitten aminozuren DNA triplet codon		
--	-----------------	---	--	--	--	--	--	--

## Bijlage 2: Eindtermenmatrix VWO

Domein	subdomein	specificatie / eindterm	1) Fok je ideale kip	2) selectie	3) Natuurlijke selectie	4) Vorm en functie	5) Nieuwe variatie	6) Hardy-Weinberg-evenwicht	7) Fok evolutie	
Domein A. Vaardigheden	A1. Informatie vaardigheden gebruiken	De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.	<input checked="" type="checkbox"/>							
	Subdomein A2. Communiceren	De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.				<input checked="" type="checkbox"/>				
	Subdomein A5. Onderzoeken	4. een hypothese opstellen bij een onderzoeksvraag en verwachtingen formuleren;				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
		8. op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;			<input checked="" type="checkbox"/>					
	Subdomein A6. Ontwerpen	4. verschillende (deel)uitwerkingen geven voor taken en eigenschappen van een ontwerp;				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
		5. een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen, prioriteiten en randvoorwaarden;				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium	5. Een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen: *rekenen met getallen in breuken en machten; * rekenen met verhoudingen (ratio), percentages en gemiddelden; * omwerken van formules; * grafieken opstellen en daarbij rekening houden met de plaats van de afhankelijke en de onafhankelijke variabele;							<input checked="" type="checkbox"/>	
		6. Verbanden leggen op basis van tabel- en grafiekgegevens.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Subdomein A11: Vorm-functie-denken	De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarbij van biologische objecten op verschillende organisatieniveaus vanuit een gegeven vorm naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.					<input checked="" type="checkbox"/>				

	Subdomein A13: Evolutionair denken	De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarmee biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus verklaard worden met behulp van <b>theorie over evolutiemechanismen</b>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Subdomein A14: Systeendenken	De kandidaat kan in contexten een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Domein B. Zelf regulatie	B8.3 Dynamiek en evenwicht	3 uitleggen welke rol biotische en abiotische factoren spelen bij de dynamiek binnen een ecosysteem;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Domein C. Zelf organisatie	C1.1 Genexpressie	3 beschrijven dat genen afhankelijk van de omstandigheden tot expressie komen;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Domein D. Interactie	D5.2 Interactie met (a)biotische factoren	2. beschrijven welke rol abiotische en biotische factoren spelen bij de instandhouding en ontwikkeling van een ecosysteem;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Domein F. Evolutie	F1.1 DNA	1 benoemen dat DNA functioneert als universele drager van genetische informatie;	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		2 uitleggen dat dezelfde genetische informatie in verschillende organismen voor kan komen;	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		3 uitleggen hoe met gegevens verkregen door DNA-analyse de graad van verwantschap van soorten kan worden vastgesteld.					<input checked="" type="checkbox"/>		
	F1.2 Mutatie	1 beschrijven welke typen mutatie er zijn;						<input checked="" type="checkbox"/>	
		2 uitleggen waardoor mutatie veroorzaakt kan worden;						<input checked="" type="checkbox"/>	
		3 uitleggen dat mutatie het fenotype kan beïnvloeden;	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	
		4 uitleggen dat mutatie plaatsvindt onafhankelijk van het mogelijke effect ervan op overlevingskans of voortplanting van de cel of het organisme.						<input checked="" type="checkbox"/>	
	F1.3 Recombinatie	1 uitleggen hoe bij geslachtelijke voortplanting voortplantingscellen met een unieke combinatie van genen ontstaan door recombinate van chromosomen en delen daarvan.	<input checked="" type="checkbox"/>						
	F1.4 Genetische variatie	1 uitleggen hoe genetische variatie in een populatie vergroot wordt door mutatie en recombinate;						<input checked="" type="checkbox"/>	
		2 uitleggen hoe door de mens gewenste genencombinaties verkregen worden door genetische modificatie.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Subdomein F2. Soortvorming	De kandidaat kan met behulp van de concepten populatie, variatie, selectie en soortvorming ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en wereldbeeld verklaren op welke wijze nieuwe soorten kunnen ontstaan.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
F2.1 Populatie	1 omschrijven wat onder een populatie wordt verstaan;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	2 uitleggen hoe frequenties van genotypen en fenotypen in populaties in tijd en ruimte veranderen;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
	3 uitleggen dat populaties emergente eigenschappen hebben.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
F2.2 Variatie	1 beschrijven wat onder genetische variatie in een populatie wordt verstaan;	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				

		2 uitleggen hoe allelfrequenties/genfrequenties in een populatie kunnen veranderen door random mutaties, genetic drift en gene flow;					<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
		3 verbanden kwantificeren tussen allelfrequenties/genfrequenties en frequenties van genotypen van opeenvolgende generaties met gebruik van de regel van HardyWeinberg.						<input checked="" type="checkbox"/>	
	F2.3 Selectie	1 uitleggen dat adaptatie van populaties door selectie van organismen tot stand komen;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
		2 uitleggen dat selectiedruk adaptaties bijeen brengt die het voortplantingssucces van de soort vergroten;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
		3 overeenkomsten en verschillen tussen natuurlijke en kunstmatige selectie beschrijven.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
	F2.4 Soortvorming	1. beschrijven dat soorten groepen individuen zijn die reproductief van elkaar geïsoleerd zijn;					<input checked="" type="checkbox"/>		
		2 uitleggen dat populaties divergeren door genetic drift, mutatie en selectie;					<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
		3 uitleggen dat soorten ontstaan door reproductieve isolatie;			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
		4 uitleggen hoe de verwantschap en afstamming van soorten weergegeven kan worden in de vorm van een cladogram.					<input checked="" type="checkbox"/>		

