

# THEMA 5

## EVOLUTIE

Dit thema heet: Evolutie. De soorten organismen die nu op aarde leven, hebben niet altijd bestaan. Miljarden jaren geleden zijn de eerste levensvormen op aarde ontstaan. Sinds die tijd zijn de soorten organismen voortdurend veranderd. Er zijn soorten uitgestorven en er zijn nieuwe soorten bijgekomen. In dit thema leer je hoe dat waarschijnlijk in zijn werk is gegaan.

GA NAAR HET PLANNINGSFORMULIER OP  
[WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL](http://WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL)





## **BASISSTOF**

- 1 . De evolutietheorie **220**
- 2 . Voorbeelden van evolutie **224**
- 3 . Argumenten voor evolutie **227**
- 4 . De ontwikkeling van het leven in het water **231**
- 5 . De ontwikkeling van het leven op het land **237**
- 6 . De stamboom van het leven **240**

## **EXTRA BASISSTOF**

- 7 . Werken met informatiebronnen:
  - Evolutie van de mens **242**
- 8 . Leren en werken: Competenties **246**

## **SAMENVATTING & DIAGNOSTISCHE TOETS**

- Samenvatting **247**
- Diagnostische toets **249**

## **VERRIJKINGSSTOF**

- 1 . De evolutie van de paardachtigen **254**
- 2 . Fossielen **255**

 Zie ePack op [www.biologievoorjou.nl](http://www.biologievoorjou.nl) voor onlinelessen en -toetsen.

# 1. De evolutietheorie

Je leest de basisstof door. Je komt dan vanzelf opdrachten tegen. Deze opdrachten maak je in je werkboek.

Tot in de negentiende eeuw dacht men dat alle soorten organismen altijd onveranderd hadden bestaan. Men ging daarbij uit van de letterlijke tekst van de Bijbel. In het eerste boek van de Bijbel (Genesis) staat beschreven hoe de aarde en alle organismen erop zijn geschapen. In dit thema gaan we hierop niet verder in.

De meeste biologen zijn ervan overtuigd dat de levensvormen op aarde in de loop van zeer lange tijd zijn ontstaan en veranderd. De ontwikkeling van het leven op aarde waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen, wordt **evolutie** genoemd.

De **evolutietheorie** is vanaf de achttiende eeuw ontwikkeld. Deze theorie is niet te bewijzen. Maar er zijn heel veel feiten die deze theorie erg aannemelijk maken. Deze feiten vormen **argumenten** voor de evolutietheorie. In basisstof 2 en 3 leer je de belangrijkste argumenten kennen. Daarna leer je hoe sinds het ontstaan van de aarde de levensvormen zich hebben ontwikkeld.

De evolutietheorie gaat uit van **veranderingen in genotypen, natuurlijke selectie** en **het ontstaan van nieuwe soorten**.

## VERANDERINGEN IN GENOTYPEN

In thema 2 Ordening heb je geleerd dat de individuen van een populatie zich onderling voortplanten. En in thema 4 Erfelijkheid heb je geleerd dat bij geslachtelijke voortplanting telkens nieuwe genotypen ontstaan. Ook heb je geleerd dat er in het genotype van een individu mutaties kunnen optreden.

Door geslachtelijke voortplanting en door mutaties treffen we in een populatie voortdurend andere genotypen aan. Hierdoor kunnen we in een populatie ook voortdurend andere fenotypen aantreffen. Slakken van dezelfde soort bijvoorbeeld kunnen verschillend gekleurde huisjes hebben (zie afbeelding 1). De kleur van het huisje wordt bepaald door het genotype van de slak.

**Afb. 1** Verschillen in fenotype binnen een populatie.





### NATUURLIJKE SELECTIE

Organismen krijgen meestal veel nakomelingen. Eén slak bijvoorbeeld kan honderden nakomelingen krijgen. Maar er is niet genoeg voedsel beschikbaar voor alle slakken. De nakomelingen kunnen dan ook niet allemaal in leven blijven. Er treedt een strenge selectie op. Slechts enkele nakomelingen worden volwassen en krijgen op hun beurt nakomelingen.

Niet alle slakken hebben een even grote **overlevingskans**. Slakken met een opvallend gekleurd huisje worden snel opgemerkt door vogels die slakken eten (zie afbeelding 2). De kans is groot dat deze slakken sterven vóórdat ze zich hebben voortgeplant. Maar slakken met een goede schutkleur zullen langer in leven blijven. Deze slakken krijgen wel de kans zich voort te planten.

Het genotype bepaalt voor een groot deel of een individu goed of slecht is aangepast aan het milieu. Een goede aanpassing aan het milieu is bijvoorbeeld een goede **schutkleur**. Dieren met een goede schutkleur vallen minder op. Ze worden daardoor minder snel gezien door roofdieren (zie afbeelding 3).

**Afb. 2** Slakken met een opvallend gekleurd huisje vallen snel ten prooi aan vogels.



**Afb. 3** Dieren met een schutkleur.



1 wandelend blad



2 waterpissebed



3 padhagedis



4 bot



5 kikker

Individen met een goede aanpassing aan het milieu hebben een grote overlevingskans. Hierdoor kunnen deze individuen veel nakomelingen krijgen. Individen met een minder gunstig genotype sterven snel. Daardoor zullen deze individuen weinig of geen nakomelingen krijgen.

**Natuurlijke selectie** is het verschijnsel dat individuen met bepaalde gunstige erfelijke eigenschappen meer nakomelingen krijgen dan individuen zonder deze erfelijke eigenschappen. Door natuurlijke selectie blijft elke soort voortdurend goed aangepast aan het milieu.

Het is belangrijk dat in een populatie veel verschillende genotypen en fenotypen voorkomen. De populatie heeft daardoor een grote overlevingskans. Als de milieuomstandigheden veranderen, is er een grote kans dat er enkele mutanten zijn die toevallig de genen bezitten die zorgen voor een goede aanpassing aan de nieuwe omstandigheden. In het veranderde milieu kunnen bijvoorbeeld dieren met een andere vachtkleur de beste schutkleur blijken te bezitten. Dit kan tot gevolg hebben dat de individuen van de oorspronkelijke vorm uitsterven en de mutanten blijven voortbestaan. De soort is dan **geëvolueerd** (veranderd).

Ook kan het zijn dat beide vormen blijven bestaan. Er zijn dan mutanten en 'normale' individuen. Deze planten zich onderling voort. De vorm met de beste aanpassing aan het milieu komt dan het meest voor.

In thema 2 Ordening heb je geleerd wanneer twee organismen tot dezelfde soort behoren. Als de 'normale' individuen en de mutanten zich steeds met elkaar blijven voortplanten, blijven ze tot dezelfde soort behoren. Er zal dan geen nieuwe soort ontstaan. Wel kunnen er verschillende vormen van één soort ontstaan (zie afbeelding 4).

**Afb. 4** Verschillende vormen van één soort.



1 van guppy's



2 van het veelkleurig Aziatisch lieveheersbeestje



## HET ONTSTAAN VAN NIEUWE SOORTEN

Pas als de verschillende vormen van een soort zich *niet* meer met elkaar voortplanten, kunnen op den duur verschillende soorten ontstaan. In de loop van de tijd kunnen de twee vormen steeds meer van elkaar gaan verschillen. Na lange tijd kunnen de verschillen zó groot zijn geworden dat individuen van de twee vormen zich niet meer met elkaar kunnen voortplanten (en daarbij vruchtbare nakomelingen krijgen). De twee vormen zijn dan twee soorten geworden.

Om een nieuwe soort te kunnen laten ontstaan, moet er een oorzaak zijn waardoor individuen van een soort zich niet meer met elkaar voortplanten. Zo'n oorzaak kan een mutatie zijn (zie afbeelding 5). Een nieuwe soort kan ook ontstaan als individuen die oorspronkelijk tot dezelfde populatie behoorden, langdurig van elkaar **geïsoleerd** (gescheiden) raken. Een groepje vogels bijvoorbeeld kan met een storm worden meegevoerd en op een eiland terechtkomen. Of een gebied wordt door een nieuwgevormde bergketen of een rivier in tweeën gesplitst. Uit de oorspronkelijke populatie zijn dan twee nieuwe populaties ontstaan. Individuen van de ene populatie komen niet meer in aanraking met individuen van de andere populatie, zodat ze zich niet meer met elkaar voortplanten (zie afbeelding 6.2). In de loop van de tijd kan bij beide populaties het milieu gaan verschillen. Er vindt dan aanpassing plaats aan de verschillende milieus (zie afbeelding 6.3).

WB . OPDRACHT 1 EN 2 BLZ. 204

### Afb. 5

#### Het begin van een nieuwe soort?

Japane onderzoekers hebben ontdekt dat de richting waarin het huisje van een Japanse landslak spiraliseert, wordt bepaald door één gen. Bij deze slakkensoort draait het huisje gewoonlijk linksom. De onderzoekers hebben ook ontdekt



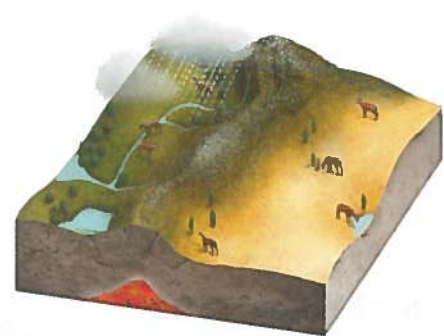
dat een mutatie in het gen ervoor kan zorgen dat het huisje rechtsom draait. Hierdoor zijn er twee vormen van deze slakkensoort.

Twee slakken waarbij het huisje in tegenovergestelde richting draait, kunnen niet met hun geslachtsorganen bij elkaar komen. De huisjes zitten elkaar in de weg. Hierdoor kunnen slakken van de twee vormen zich niet met elkaar voortplanten. Een mutant waarbij het huisje rechtsom draait, kan zich alleen voortplanten als hij een andere mutant tegenkomt die ook een rechtsom draaiend huisje heeft. De onderzoekers veronderstellen dat deze mutatie het begin kan zijn van een nieuwe slakkensoort.

### Afb. 6 Ontstaan van een nieuwe soort door isolatie (schematisch).



1 Een populatie herten leeft in een bepaald gebied.



2 Er ontstaat een bergketen, waardoor de populatie in tweeën wordt gesplitst. Aan de ene kant van de bergketen valt veel regen, aan de andere kant ontstaat een droog klimaat.



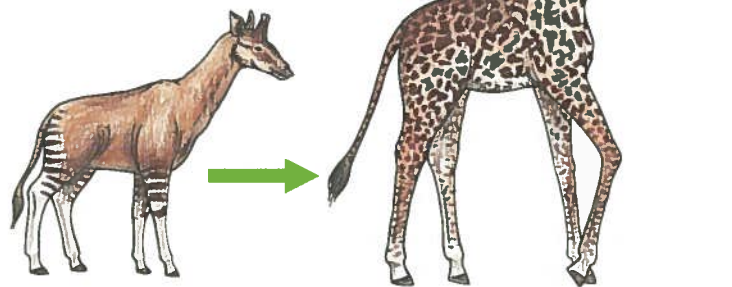
3 Door natuurlijke selectie vindt bij beide populaties aanpassing plaats aan de nieuwe milieumomstandigheden. In de loop van miljoenen jaren verschillen de populaties zo sterk, dat er twee soorten zijn ontstaan.

## 2. Voorbeelden van evolutie

Door natuurlijke selectie kan een soort **evoluëren** (veranderen). In deel 2 heb je geleerd dat giraffen zo in de loop van miljoenen jaren een steeds langere nek hebben gekregen (zie afbeelding 7). De evolutie van een soort kan echter ook veel sneller plaatsvinden. We geven daar enkele voorbeelden van.

WB . OPDRACHT 3 EN 4 BLZ. 207

**Afb. 7** De evolutie van giraffen.



uitgestorven voorouder van de giraffe

giraffe

**Afb. 8**

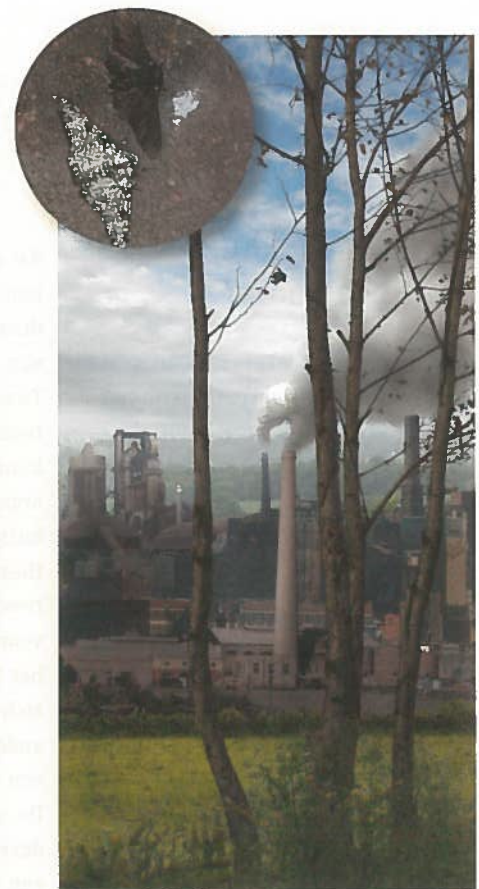
### Berkenspanners

De berkenspanner is een nachtvlinder die oorspronkelijk grijs van kleur is. Door mutaties komen berkenspanners voor die veel donkerder van kleur zijn. In Engeland zijn rond 1850 tellingen verricht bij deze vlinders. Hieruit bleek dat 99% van de vlinders grijs was en maar 1% donker. Berkenspanners worden gegeten door vogels. Links zie je beide vormen zitten op een boomstam die bedekt is met grijze korstmossen.

De industrialisatie in Engeland leidde tot luchtvervuiling. Hierdoor verdwenen de korstmossen en raakten de bomen bedekt met een laag roet. In 1900 bleken in Engeland ongeveer 99% donkere berkenspanners voor te komen en maar 1% grijze berkenspanners.



op een boomstam die met grijze korstmossen is bedekt



op een boomstam die met roet is bedekt



Afb. 9

## Stadsplant verandert door beton en asfalt



Het vleugelstreepzaad lijkt op een paardenbloem. Het vleugelstreepzaad maakt zowel lichte zaden met pluis als zwaardere zaden zonder pluis. De verhouding waarin de zaden worden geproduceerd, is voor een deel erfelijk bepaald. Onderzoekers ontdekten dat planten die in de stad groeien meer zware zaden zonder pluis maken dan planten op het platteland 30 km verderop. Dat is namelijk voordelig voor de stadse plantjes. De lichte zaden met pluis worden door de wind verspreid. In een omgeving met veel beton en asfalt hebben deze zaden weinig kans om te ontkiemen. De zwaardere zaden zonder pluis vallen in de directe omgeving neer. Daar hebben ze veel meer kans te ontkiemen.



Stadse planten maken meer zwaar zaad zonder pluis.

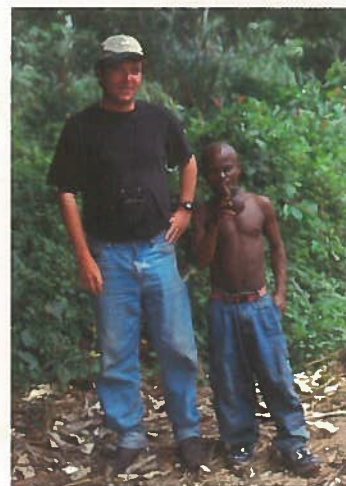


Planten van het platteland maken meer licht zaad met pluis.

Afb. 10

## Pygmeeën zijn klein en leven maar kort

Pygmeeën op de Filippijnen staan bloot aan veel gevaren van de oerwouden waarin ze leven. Ook zijn de omstandigheden waaronder ze leven slecht, vergeleken met westerse mensen. Voor pygmeeën is de gemiddelde levensverwachting erg laag: ongeveer twintig jaar. De gemiddelde lengte is bij vrouwen maar 140 cm en bij mannen 150 cm. De groeisnelheid is tot het twaalfde levensjaar gelijk aan die van westerse kinderen. Daarna stopt bij pygmeeën de groei, terwijl westerse kinderen nog 35 cm doorgroeien. De onderzoekers ontdekten ook dat pygmeeënvrouwen hun vruchtbaarheidspiek een jaar eerder hadden dan vrouwen van andere stammen in de omgeving. Door natuurlijke selectie worden de pygmeeënvrouwen eerder volwassen en zijn ze eerder vruchtbaar. Daardoor kunnen ze ondanks hun lage levensverwachting toch voldoende nakomelingen krijgen.





Afb. 11

## Tasmaanse duivel plant zich sneller voort door ziekte



De Tasmaanse duivel is een buideldier dat leeft op het Australische eiland Tasmanië. Sinds twaalf jaar heerst daar een dodelijke besmettelijke ziekte. Op sommige plaatsen is al 90% van de dieren aan deze ziekte gestorven. De Tasmaanse duivel dreigt daardoor op termijn uit te sterven. Maar voorlopig lijkt het dier zich toch te redden. Een klein deel van de dieren bezit genen waardoor de dieren zich al in het eerste levensjaar kunnen voortplanten. Daardoor hebben deze dieren een grotere kans op voortplanting: ze krijgen al jongen voordat ze doodgaan aan de ziekte. Op sommige plaatsen plant inmiddels al 60% van de dieren zich in het eerste jaar voort.



*Tasmaanse duivels vóór de uitbraak van de besmettelijke ziekte.*



*Tasmaanse duivels na de uitbraak van de besmettelijke ziekte.*

Legenda:



genen voor langzame voortplanting



genen voor snelle voortplanting

# 3. Argumenten voor evolutie

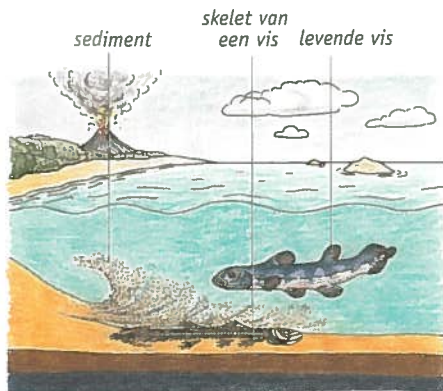
Er zijn veel argumenten die de evolutietheorie ondersteunen. In deze basisstof leer je enkele van deze argumenten kennen.

## FOSSIELEN

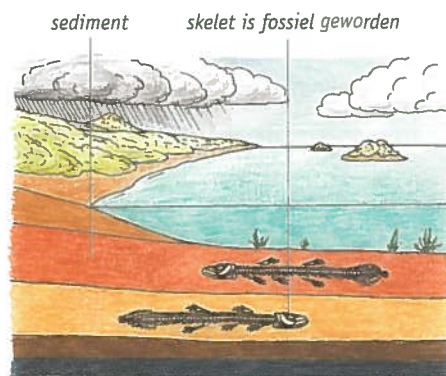
In deel 2 heb je geleerd dat **fossielen** versteende overblijfselen zijn van organismen, of afdrucken van organismen in gesteenten. Er worden zelden fossielen van complete organismen gevonden, meestal alleen maar delen ervan. Daaruit probeert men dan een voorstelling te maken van hoe het organisme eruit heeft gezien. We noemen dat een **reconstructie** (zie afbeelding 12).

Fossielen kunnen ontstaan als resten van organismen snel worden bedekt door **sedimenten** (afzettingsslagen van bijvoorbeeld zand- of kleideeltjes). Bacteriën en schimmels krijgen dan niet de tijd om de resten helemaal af te breken (zie afbeelding 13).

**Afb. 13** Het ontstaan van fossielen (schematisch).



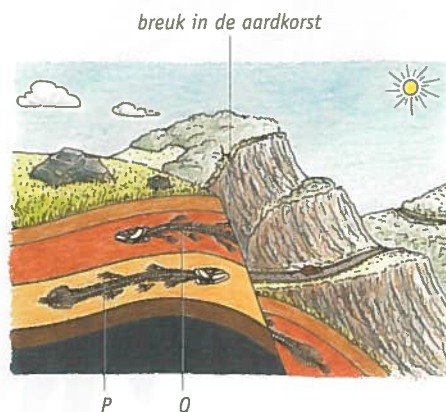
1 het skelet van een vis wordt bedekt met sedimenten



2 nieuwe sedimenten worden boven op oudere sedimenten afgezet



3 door bewegingen in de aardkorst stijgt de zeebodem tot boven de waterspiegel

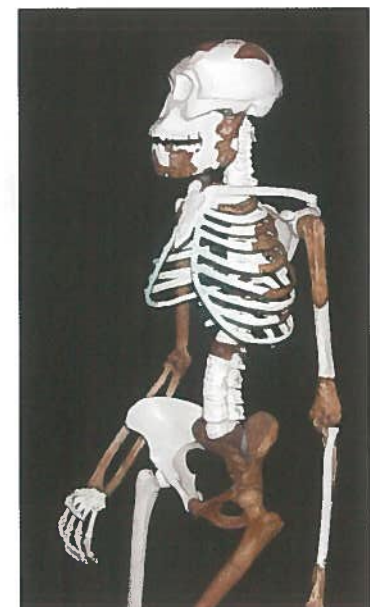


4 een breuk in de aardkorst brengt een fossiel skelet aan het licht

**Afb. 12** Van gevonden fossielen wordt een reconstructie gemaakt.



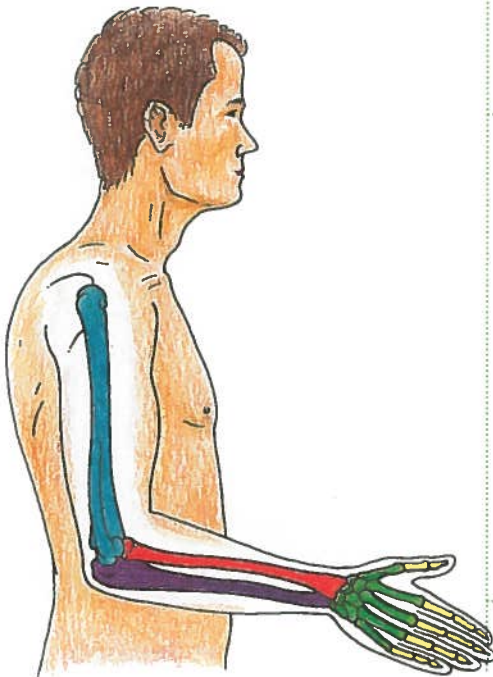
1 fossielen (3,2 miljoen jaar oud) van de aapmens 'Lucy', gevonden in 1972 in Ethiopië



2 reconstructie van het skelet van Lucy



Afb. 14 Armskeletten.



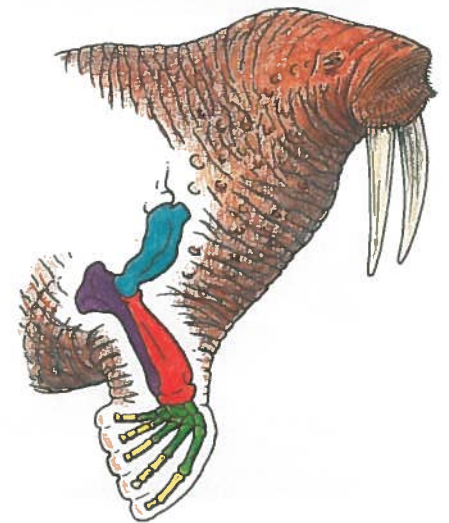
1 de arm van een mens



2 de voorpoot van een mol



3 de vleugel van een arend



4 de voorvin van een walrus

Nieuwe sedimenten worden bovenop oudere sedimenten afgezet. Zo komen de fossielen steeds dieper in de aardkorst te liggen. Wanneer de sedimenten ongestoord blijven liggen, kunnen ze op de lange duur door de druk van bovenliggende lagen verstenen tot sedimentgesteenten.

Van sommige soorten organismen komen fossielen slechts in gesteentelagen van een bepaalde ouderdom voor. In oudere en in jongere gesteentelagen komen deze fossielen niet voor. Blijkbaar hebben sommige soorten organismen alleen in een bepaalde periode geleefd en zijn ze daarna uitgestorven. Hieruit blijkt dat in de geschiedenis van de aarde soorten zijn ontstaan en weer zijn verdwenen. Dit is een belangrijk argument voor de evolutietheorie.

WB . OPDRACHT 5 BLZ. 208

### OVEREENKOMST IN BOUW

De arm van een mens, de voorpoot van een mol, de vleugel van een arend en de voorvin van een walrus hebben een verschillende functie. In afbeelding 14 zie je de skeletten van deze organen, met overeenkomstige beenderen in dezelfde kleur. Je ziet dat deze organen een grote **overeenkomst in bouw** vertonen. Waarschijnlijk zijn deze organen uit dezelfde grondvorm ontstaan. Deze soorten organismen hebben dan ook waarschijnlijk een gemeenschappelijke voorouder gehad. Door aanpassing aan verschillende milieus hebben de organen een verschillende functie gekregen.

WB . OPDRACHT 6 EN 7 BLZ. 210

## RUDIMENTAIRE ORGANEN

Door aanpassing aan het milieu kunnen bepaalde organen hun functie verliezen. Deze organen kunnen dan in de loop van de evolutie verdwijnen. Denk aan de achterpoten bij walvissen en de poten bij slangen. Soms zijn nog 'resten' van deze organen bij een organisme terug te vinden. We noemen ze **rudimentaire organen** of **rudimenten**.

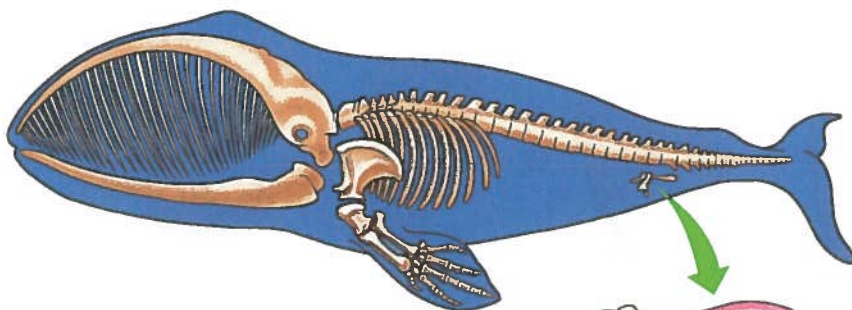
Rudimentaire organen zijn organen die geen functie meer hebben en niet of nauwelijks tot ontwikkeling komen. Bij verwante soorten komen deze organen wel tot volledige ontwikkeling. Voorbeelden van rudimentaire organen zijn het bekken bij een walvis en de pootresten bij sommige reuzenslangen (zie afbeelding 15).

Bij de mens zijn de staartwervels en de blindedarm rudimentair (zie afbeelding 16). Bij veel plantenetende zoogdieren is de blindedarm veel langer. Bij deze dieren heeft de blindedarm een functie bij de vertering van het plantaardige voedsel. Bij de mens heeft de blindedarm deze functie niet meer.

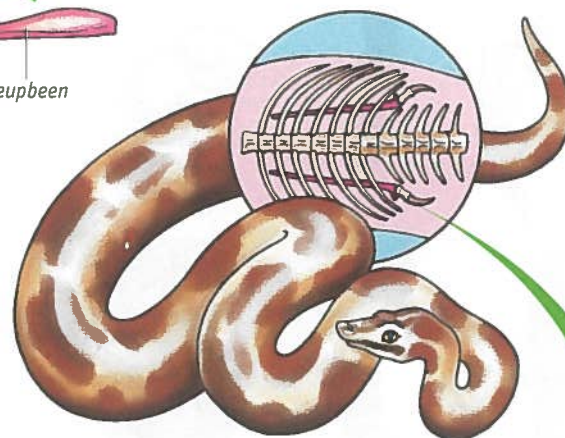
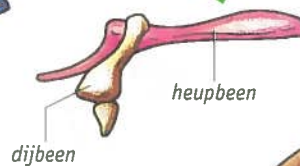
Door rudimentaire organen wordt het aannemelijk dat verschillende soorten organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.

WB . OPDRACHT 8 BLZ. 211

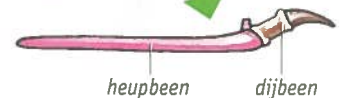
Afb. 15 Rudimentaire organen.



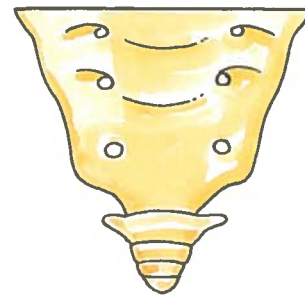
1 walvis met rudimentair bekken



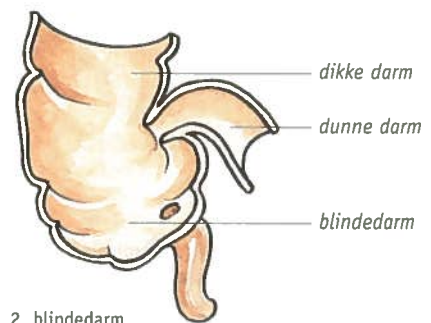
2 python met rudimentaire poten



Afb. 16 Rudimentaire organen bij de mens.



1 staartwervels



2 blindedarm



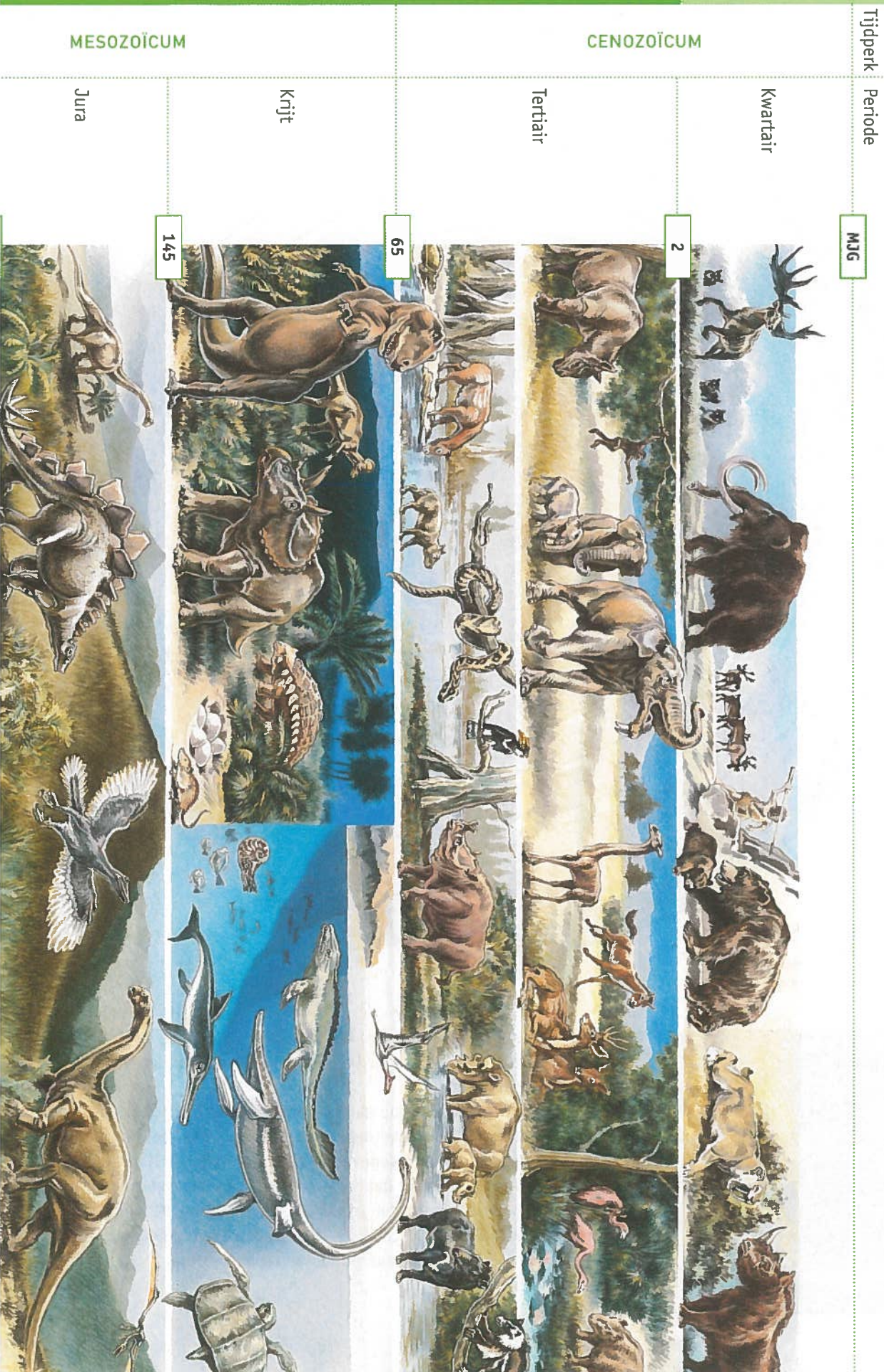
PALEOZOÏCUM





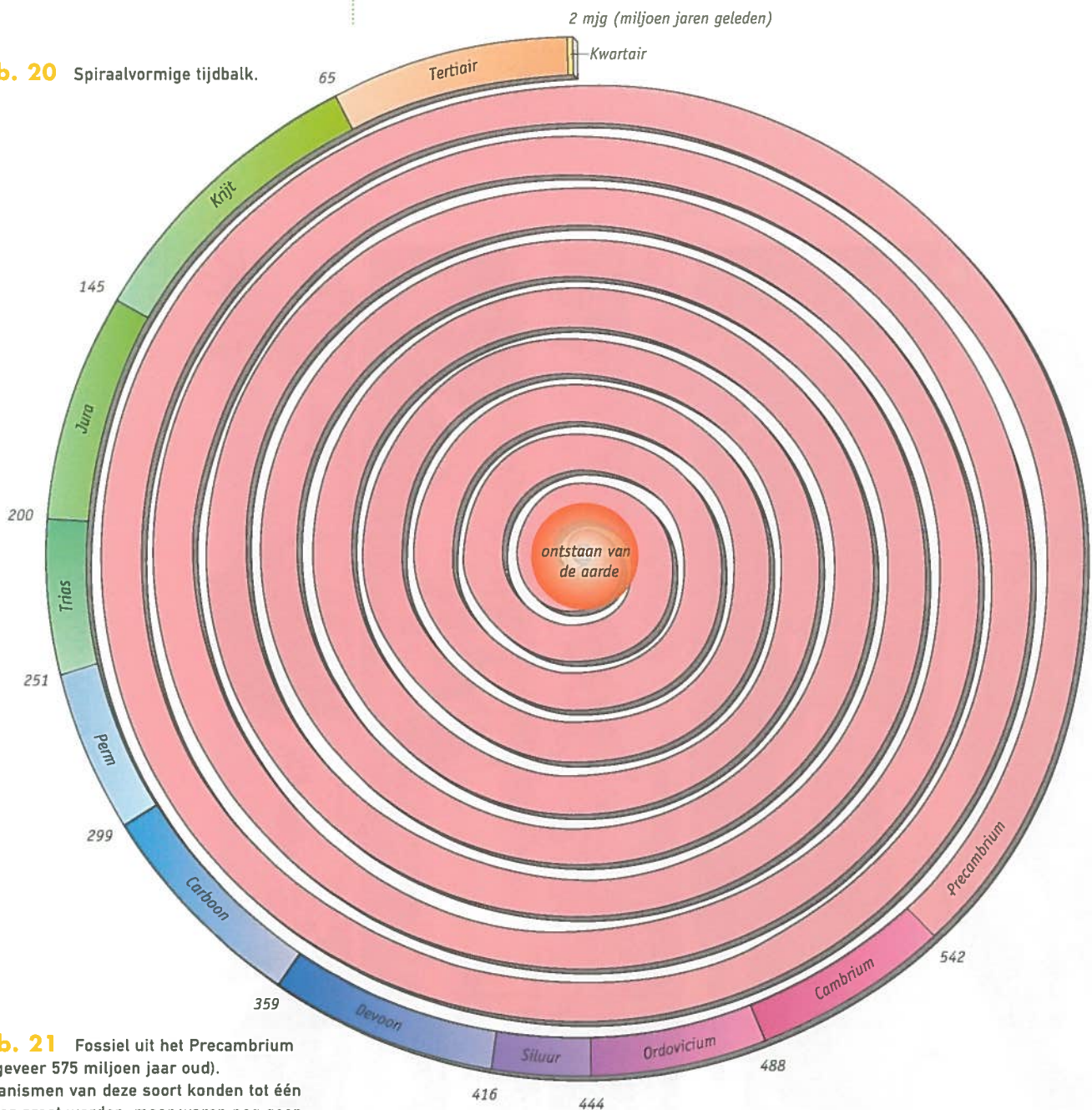
**Afb. 19** Geologische tijdschaal (mij = miljoen jaar geleden).

ONTWIKKELING VAN HET LEVEN OP AARDE





**Afb. 20** Spiraalvormige tijdbalk.



**Afb. 21** Fossiel uit het Precambrium (ongeveer 575 miljoen jaar oud). Organismen van deze soort konden tot één meter groot worden, maar waren nog geen drie millimeter dik.



Ongeveer 1600 miljoen jaar geleden ontwikkelden zich uit de eencelligen de eerste **veelcellige organismen**. De eerste dieren ontstonden ongeveer 700 miljoen jaar geleden.

De geschiedenis van het leven op aarde wordt verdeeld in **tijdperken**. De tijdperken worden verder onderverdeeld in **perioden**. In afbeelding 19 zijn de tijdperken en perioden weergegeven in een **geologische tijdschaal** (geologie = leer van de aarde). Daarin is weergegeven hoeveel miljoen jaar geleden een periode begon en eindigde. In afbeelding 19 zijn bij elke periode in de geologische tijdschaal enkele levensvormen getekend. De oudste levensvormen op aarde staan onder in de afbeelding.



### HET ONTSTAAN VAN DE HUIDIGE DIERGROEPEN

De tijd tot 542 miljoen jaar geleden wordt het **Precambrium** genoemd. Hoe lang het Precambrium heeft geduurd in vergelijking tot de andere tijdperken is niet goed weer te geven in een rechte tijdbalk zoals die van afbeelding 18. Daarom wordt vaak een spiraalvormige tijdbalk gebruikt (zie afbeelding 20).

Tijdens het Precambrium werden de oceanen en zeeën bevolkt door allerlei vreemde soorten, die heel anders gebouwd zijn dan de soorten die nu op aarde leven (zie afbeelding 21 en 22). De dieren zaten vast aan de bodem of dreven traag in het water. Alle dieren voedden zich met algen; er bestonden nog geen roofdieren.

**Afb. 22** Het leven in zee tijdens het Precambrium. Alle getekende organismen zijn reconstructies, gemaakt aan de hand van fossielen.





Tijdens het **Cambrium** ontstonden ongeveer 530 miljoen jaar geleden in korte tijd allerlei nieuwe levensvormen. De meeste afdelingen van het dierenrijk zijn toen ontstaan zoals de stekelhuidigen, de geleedpotigen en de gewervelden (zie afbeelding 23). Het is niet bekend wat de oorzaak is van deze snelle evolutie. Sommige geleedpotigen kenden een periode van grote bloei maar zijn daarna uitgestorven, zoals de Trilobieten (zie afbeelding 24). Tot ongeveer 460 miljoen jaar geleden leefden alle veelcellige organismen in het water; op het land kwamen alleen bacteriën voor.

**WB . OPDRACHT 10 BLZ. 213**

**Afb. 23**

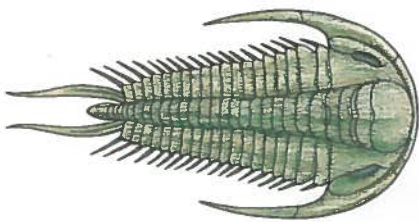
## Evolutionaire Big Bang duurde 5 miljoen jaar

Tijdens het Cambrium heeft zich een spectaculaire explosie van levensvormen voorgedaan die de basis legde voor de huidige diervormen. In Siberië zijn nu sterke aanwijzingen gevonden dat die ontwikkeling zich nog veel sneller heeft voltrokken dan werd aangenomen. Een half miljard jaar geleden speelde zich in de oerzeeën een gebeurtenis af die bepalend is geweest voor de geschiedenis van het leven op aarde. In deze periode, het Cambrium, onderging de evolutie een soort Big Bang, een explosieve uitwaaiering van levensvormen waarbij vrijwel alle belangrijke huidige diergroepen – en mogelijk ook groepen die al zijn verdwenen – voor het eerst verschenen.

In het tijdschrift *Science* van 3 september concluderen onderzoekers van het Massachusetts Institute of Technology, de Harvard-universiteit en het Geoscience Institute in Jakoetsk, Rusland, dat deze evolutie-explosie nog veel sneller is verlopen dan altijd is aangenomen. Waarschijnlijk heeft zij haar beslag gekregen in een tijdsbestek van vijf miljoen jaar, een adembenemend korte periode.

Dr. John Sepkoskoi van de universiteit van Chicago noemt de Big Bang in het Cambrium veruit de belangrijkste gebeurtenis in de evolutie van het dierenrijk. Van 530 tot 525 miljoen jaar geleden blijkt er een korte piek van evolutionaire superactiviteit te zijn geweest, waarin alle belangrijke bouwplannen in het dierenrijk ontstonden. In de 500 miljoen jaar daarna heeft de evolutie er verder aan gesleuteld. Uiteindelijk is er zo een enorme variatie aan dierenleven ontstaan, van mensen tot vissen en van vogels tot insecten en slakken. Maar al deze verschijningsvormen zijn variaties op de belangrijkste basisbouwplannen, en die blijken in een korte periode in het Cambrium te zijn ontstaan.

**Afb. 24** Trilobiet (een uitgestorven geleedpotig dier).



# 5. De ontwikkeling van het leven op het land

De werelddelen zoals we die nu kennen, hebben niet altijd bestaan. Tot ongeveer 200 miljoen jaar geleden vormde al het landoppervlak op aarde één aaneengesloten geheel. Door bewegingen in de aardkorst zijn de werelddelen langzaam uit elkaar gedreven (zie afbeelding 25). Daarbij ontstonden ook veel eilanden. In basisstof 1 heb je geleerd dat door deze veranderingen gemakkelijk nieuwe soorten kunnen ontstaan.

## VAN WATER NAAR LAND

De eerste **landplanten** (o.a. mossen) verschenen ongeveer 460 miljoen jaar geleden. Deze planten veroverden het land en veranderden de kale vlakten. Ongeveer 450 miljoen jaar geleden ontstonden er **landdieren**. De eerste landdieren waren voornamelijk **geleedpotigen** (vooral duizendpoten). Daarna verschenen de eerste gewervelden op het land: de **amfibieën** (zie afbeelding 26).

**Afb. 26** Van water naar land.



1 sommige waterdieren waagden zich steeds vaker op het land



2 langzaam veranderden de vinnen in poten

**Afb. 25**



200 miljoen jaar geleden



135 miljoen jaar geleden



65 miljoen jaar geleden



nu



Tijdens het **Carboon** verschenen de eerste **reptielen** (ongeveer 325 miljoen jaar geleden). Grote delen van het landoppervlak waren toen bedekt met dichtbegroeide bossen (zie afbeelding 27). In deze periode maakten de insecten een bloeiperiode door. Zo waren er reuzenlibellen met een vleugelwijdte van wel 75 cm.

Ongeveer 250 miljoen jaar geleden begon de enorme bloeitijd van de reptielen. Tijdens het **Trias**, **Jura** en **Krijt** ontstonden er allerlei soorten **sauriërs** (sauros = hagedis). Op het land leefden enorme **dinosauriërs**, waarvan sommige een lengte van meer dan 25 meter bereikten. Ook in het water en in de lucht leefden allerlei soorten sauriërs (zie afbeelding 28).

### HET UITSTERVEN VAN DE SAURIËRS

Tijdens de bloeitijd van de sauriërs ontstonden de eerste **zoogdieren** en **vogels** (ongeveer 225 miljoen jaar geleden). Vele miljoenen jaren lang leefden de zoogdieren en vogels onopvallend naast de sauriërs. Maar 65 miljoen jaar geleden stierven de sauriërs in korte tijd uit. De oorzaak hiervan was een meteoriet van ongeveer 10 kilometer doorsnee, die vanuit de ruimte insloeg op de aarde en in de Golf van Mexico terecht kwam (zie afbeelding 29). Dat gaf een enorme explosie, gevolgd door gigantische vloedgolven (**tsunami's**) en uitgestrekte bosbranden. Hierna hebben

**Afb. 27** Het leven in een bos tijdens het Carboon (ongeveer 300 miljoen jaar geleden).



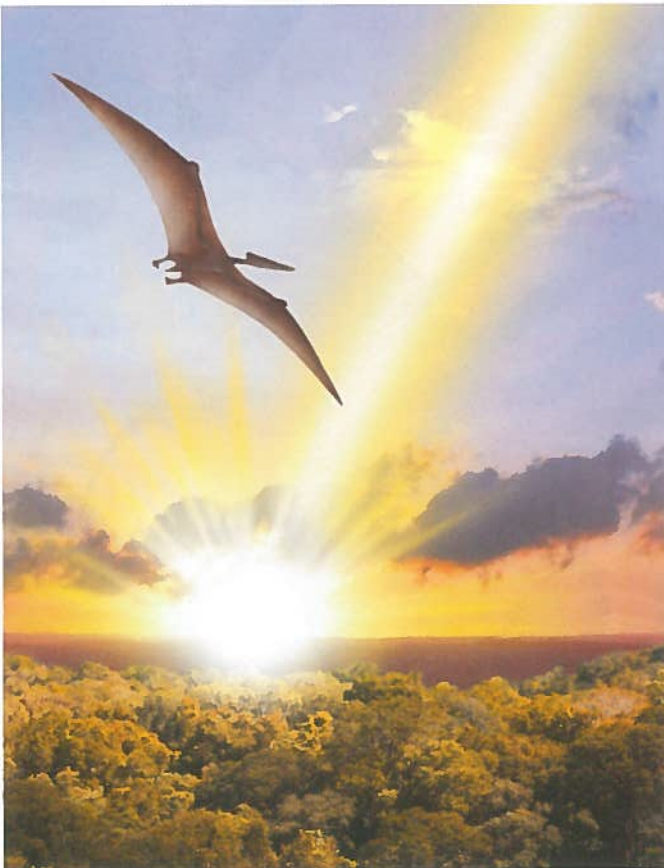
**Afb. 28**



enkele jaren zwarte wolken van stof en roet boven het aardoppervlak gehangen. Vermoedelijk hebben deze wolken zoveel zonlicht tegengehouden dat het op de gehele aarde bijna donker was en de temperatuur sterk daalde. Deze ongunstige milieuomstandigheden hadden een grote invloed op de levensvormen op aarde. Veel soorten stierven in korte tijd uit, waaronder alle sauriërs. Slechts 25% van de diersoorten slaagde erin te overleven. Toen de zwarte wolken langzaam verdwenen, konden de zoogdieren en de vogels goed tot bloei komen. In het **Tertiair** ontstonden veel nieuwe soorten. Sommige zoogdieren waren enorm groot (zie afbeelding 30). De grootste landzoogdieren zijn echter weer uitgestorven. De eerste **mensachtigen** verschenen ongeveer 3 miljoen jaar geleden. Alle mensen die nu leven, hebben een gemeenschappelijke voorouder die 150 000 jaar geleden in Afrika leefde. In extra basisstof 7 kun je meer leren over de evolutie van de mens.

**WB . OPDRACHT 11 T/M 13 BLZ. 214**

**Afb. 29**



**Afb. 30** Uitgestorven grote landzoogdieren.



1 Indricotherium leefde in het Tertiair.



2 Mammoeten leefden in het Kwartair.



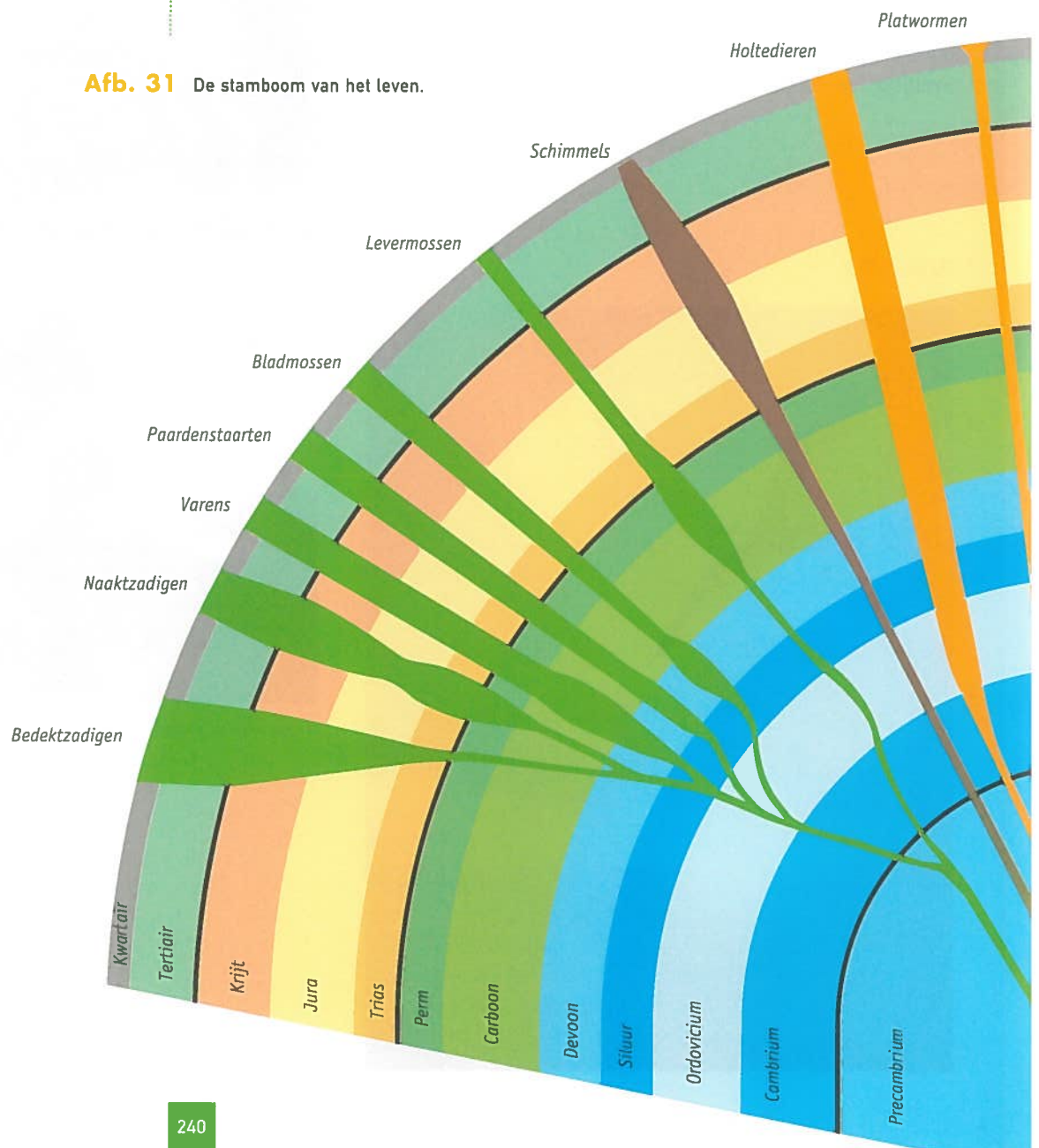
## 6. De stamboom van het leven

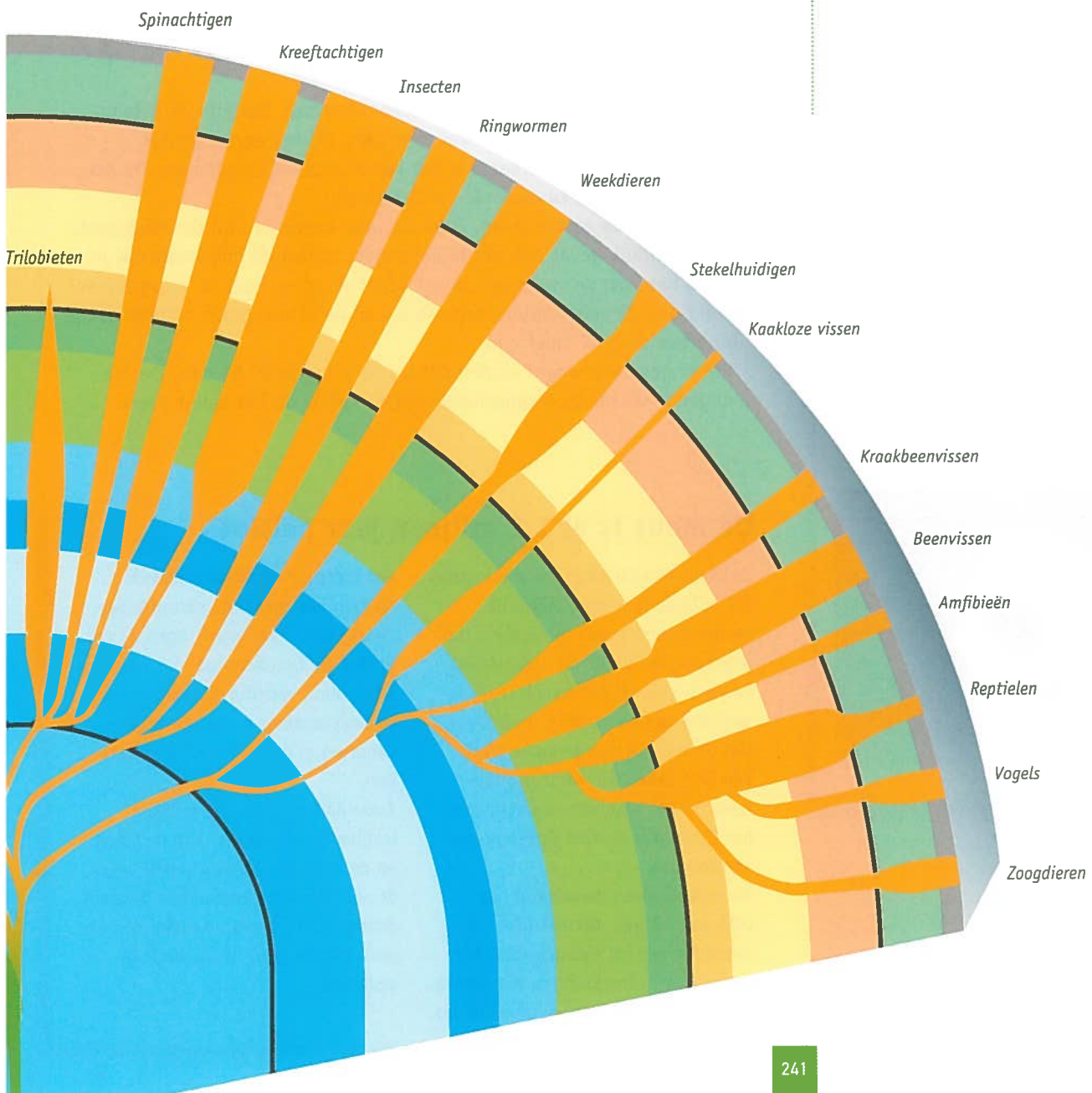
Tijdens de ontwikkeling van het leven op aarde zijn allerlei soorten organismen ontstaan. Soorten die een gemeenschappelijke voorouder bezitten, vertonen **verwantschap**.

In afbeelding 31 is de vermoedelijke afstamming van organismen schematisch weergegeven. Uit deze afbeelding kun je aflezen waaruit groepen organismen zich hebben ontwikkeld. Ook kun je afleiden welke groepen veel en welke weinig verwantschap vertonen. Ten slotte kun je aflezen in welke periode bepaalde groepen een bloeitijd hebben gehad. Deze groepen zijn dan breed weergegeven.

**WB . OPDRACHT 14 BLZ. 217**

**Afb. 31** De stamboom van het leven.







**Afb. 32**

Neanderthalers (*Homo neanderthalensis*) zijn genoemd naar een dal bij Düsseldorf in Duitsland, waar fossielen werden gevonden van deze primitieve mensen.

Neanderthalers leefden ongeveer 70 000 jaar geleden in Europa en Azië. Ze waren ongeveer even groot als de huidige mensen, maar hadden een veel gespierder lichaamsbouw. Ze maakten verschillende gereedschappen, zoals speren en vuistbijlen. Ze leefden in hutten of grotten. Ze verzorgden zieken en gewonden, en begroeven hun doden. Vaak gaven ze de doden voedsel, wapens of bloemen mee in hun graf. Ongeveer 40 000 jaar geleden verspreidde de mens (*Homo sapiens*) zich over Europa. De Neanderthaler werd verdrongen door de mens en stierf ongeveer 28 000 jaar geleden uit.



## 7. Werken met informatiebronnen: Evolutie van de mens

Op het examen biologie krijg je soms een serie vragen die je met behulp van een aantal korte artikelen (**informatiebronnen**) moet beantwoorden. In deze extra basisstof kun je oefenen in het werken met informatiebronnen.

Op het eerste gezicht bevatten de afbeeldingen 32 t/m 38 heel veel informatie. Het zou veel tijd kosten als je bij elke vraag alle artikelen moet doorlezen om de informatie te vinden die je nodig hebt om de vraag te kunnen beantwoorden. Op het examen kun je dan in tijdnood komen. Je kunt op een snellere manier te werk gaan.

- Bekijk eerst elk artikel **vluchtig**. Je hoeft niet precies op te nemen wat er allemaal in het artikel staat, maar je moet ongeveer een idee hebben waar het artikel over gaat.
- Geef in elk artikel één of twee **kernwoorden** aan. Dat zijn de belangrijkste woorden waar het artikel over gaat. Bij het eerste artikel (afbeelding 32) bijvoorbeeld is het kernwoord: *Neanderthalers*. Op het examen kun je de kernwoorden onderstrepen.
- Lees daarna de eerste vraag. Zoek uit welk kernwoord bij de vraag past. Waarschijnlijk bevat dan het bijbehorende artikel de informatie die je nodig hebt om de vraag te kunnen beantwoorden. Gaat de vraag bijvoorbeeld over Neanderthalers, dan zie je aan de kernwoorden meteen dat je bij afbeelding 32 moet zijn.  
Kun je geen kernwoord vinden dat bij de vraag past? Ga dan naar de volgende vraag. De overgeslagen vragen kun je op het laatst doen.

**Afb. 33**

### De mens is al 1,2 miljoen jaar pelsloos

De mens is waarschijnlijk al minstens 1,2 miljoen jaar onbehaard. De zwarte huidskleur is in dezelfde tijd ontstaan. Dit blijkt uit een analyse van een gen dat betrokken is bij de vorming van een zwarte huidskleur. Het onderzoek van de universiteit van Salt Lake City wordt gepubliceerd in het nieuwste nummer van het tijdschrift *Current Anthropology* van februari.

De onderzoekers vergeleken het DNA van dit gen met het DNA van hetzelfde gen bij chimpansees, het meest naaste familielid in het dierenrijk. Daaruit kon worden afgeleid dat

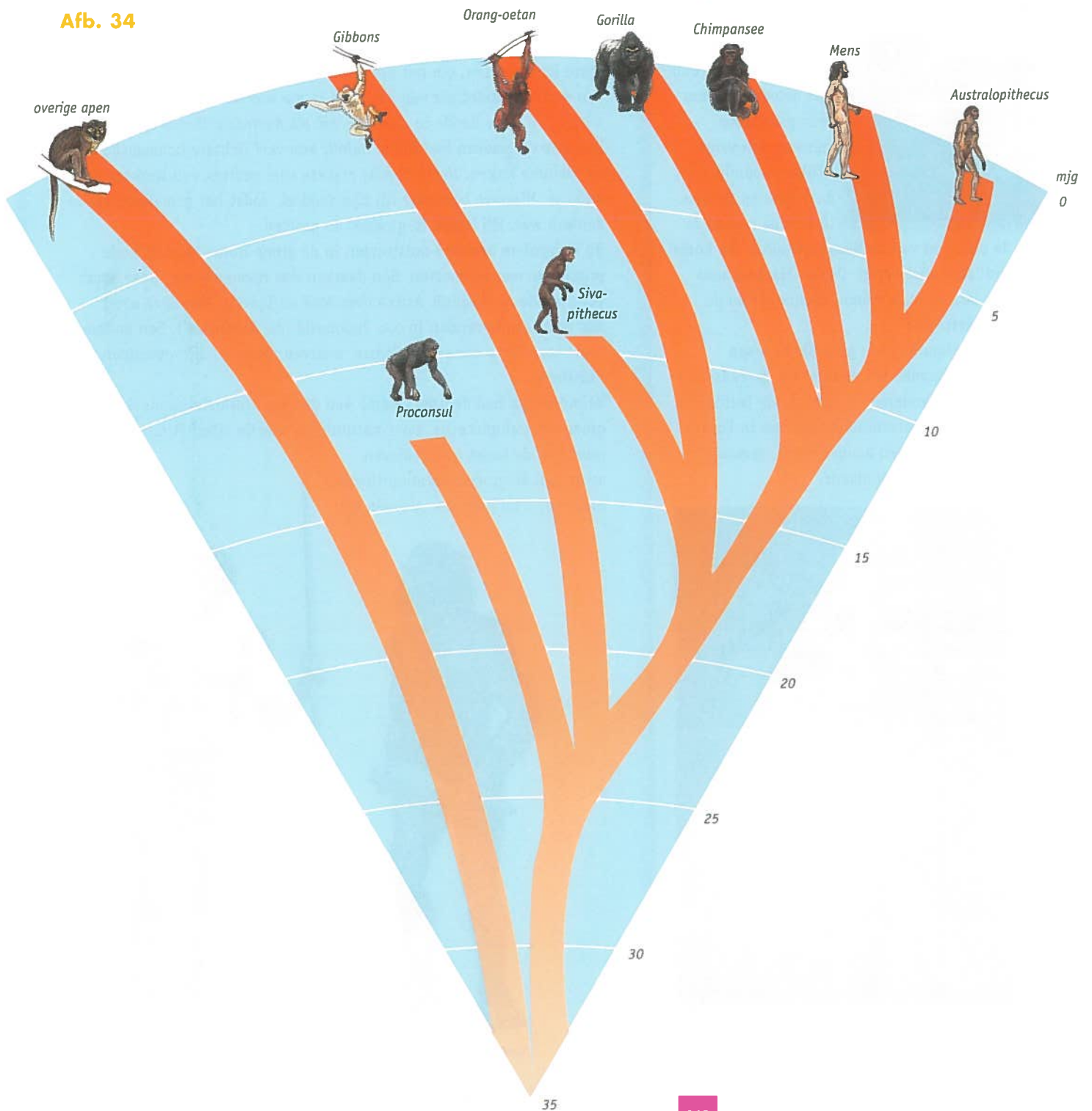
een zwarte huidskleur minstens 1,2 miljoen jaar geleden ontstond. Een zwarte huid beschermt tegen de zon. Omdat die bescherming niet nodig is als de huid volledig behaard is, gaan de onderzoekers ervan uit dat die beharing in dezelfde tijd is verdwenen.

Anderhalf miljoen jaar geleden leefden de voorouders van de mens op de savannes, onbeschermd tegen de zon. Als deze voorouders behaard zouden zijn geweest, hadden ze ook geen zwarte huid nodig, zo is de gedachte.

- Heb je een kernwoord gevonden dat bij de vraag past? Lees dan het artikel **nauwkeurig** door en beantwoord de vraag.
- Herhaal deze werkwijze met de tweede vraag en met de overige vragen.
- Heb je de laatste vraag gehad? Kijk dan of je vragen hebt overgeslagen. Probeer ook deze vragen te beantwoorden.

WB . OPDRACHT 15 EN 16 BLZ. 219

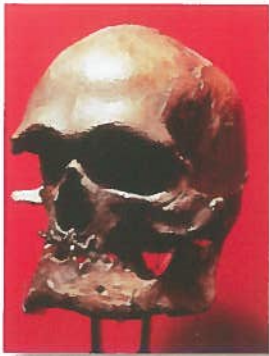
Afb. 34





**Afb. 35**

De Cro-Magnonmens is genoemd naar een grot in Frankrijk. De Cro-Magnonmens wordt gerekend tot dezelfde soort als de huidige mens (*Homo sapiens*). De Cro-Magnonmens



is in Afrika ontstaan. Daar zijn fossielen gevonden die meer dan 100 000 jaar oud zijn. Ongeveer 40 000 jaar geleden hebben deze primitieve mensen zich vanuit Afrika verspreid, o.a. naar Azië en Europa. In Europa namen ze

de plaats in van de Neanderthalers, die korte tijd later uitstierven. De Cro-Magnonmens was langer, maar minder gespierd dan de Neanderthaler.

De Cro-Magnonmens gebruikte stenen gereedschappen en maakte ook gereedschappen van beenderen en hoorns. Hij leefde van de jacht. In verschillende grotten in Europa zijn schilderijen aangetroffen, gemaakt door de Cro-Magnonmens.



grottschilderingen

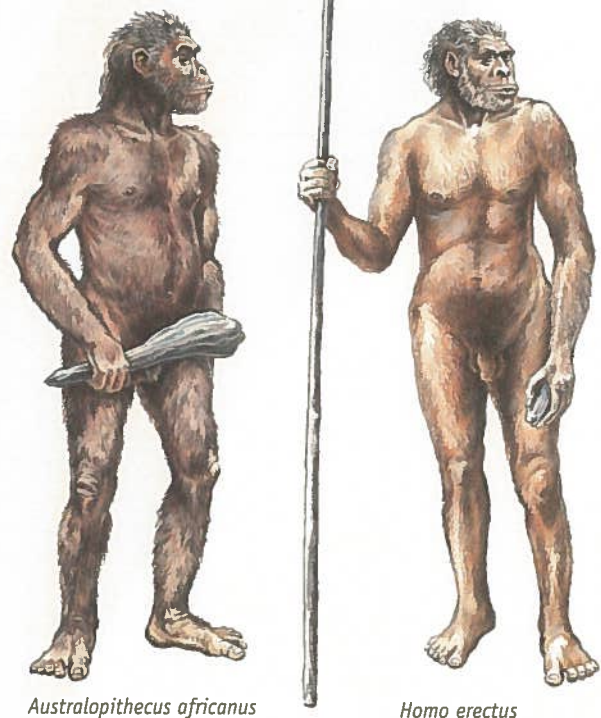
**Afb. 36****Natuurlijke selectie**

Tussen 4 en 1 miljoen jaar geleden leefden op aarde twee groepen mensachtigen: de groep Australopithecus en de groep Homo. Lange tijd evolueerden beide groepen naast elkaar. Een van de vertegenwoordigers van de groep Australopithecus was *Australopithecus africanus*. Deze had een gespierde lichaamsbouw, een chimpanseeachtige schedel en een menselijk gebit. Later ontstonden in deze groep soorten die nog gespierder waren. *Paranthropus robustus* bijvoorbeeld had enorme kaken met grote kauwspieren, om het rauwe voedsel te kunnen kauwen.

Een vertegenwoordiger van de groep Homo was *Homo habilis* (habilis = handig). Deze leefde in dezelfde tijd als *Australopithecus africanus*. Hiermee vergeleken had *Homo habilis* een veel lichtere lichaamsbouw en kleinere kaken. *Homo habilis* maakte veel gebruik van werktuigen en vuur. Hiermee bewerkte hij zijn voedsel, zodat het gemakkelijker te kauwen was. Hij leefde in groepen in grotten.

Bij de verdere evolutie ontstonden in de groep Homo verschillende primitieve mensensoorten. Eén daarvan was *Homo erectus*. Deze soort verspreidde zich vanuit Afrika over Azië en Europa. Van deze soort zijn fossielen gevonden in o.a. Indonesië (de 'Javamens'). Een andere soort was *Homo neanderthalensis*, waarvan fossielen zijn gevonden in Duitsland.

Vermoedelijk had de groep Homo een grotere overlevingskans dan de groep Australopithecus. Door natuurlijke selectie stierf *Paranthropus robustus*, de laatst overgebleven soort van de groep Australopithecus, ongeveer 1 miljoen jaar geleden uit.

*Australopithecus africanus**Homo erectus*

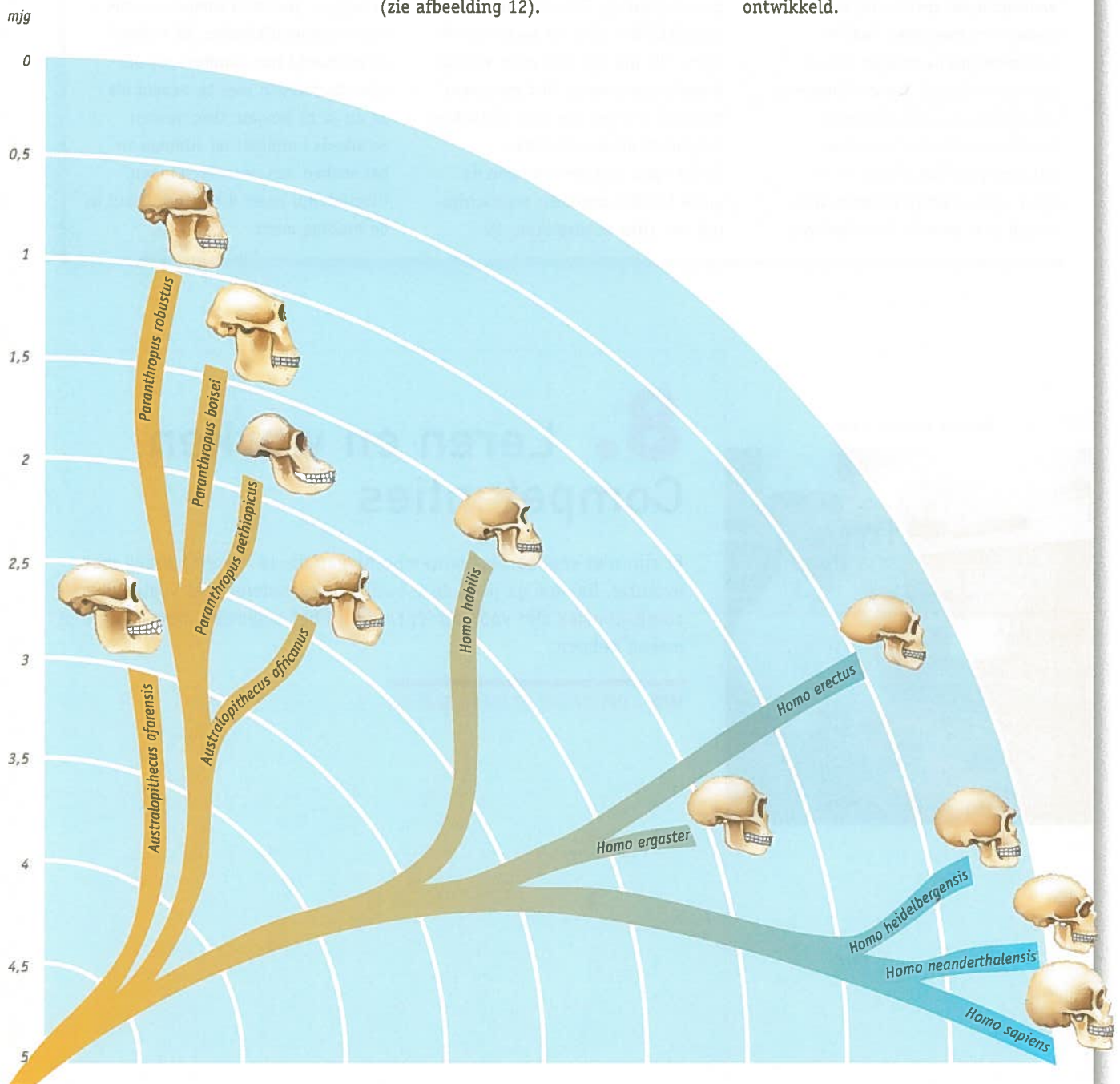
Afb. 37

## De eerste mensachtigen

7 tot 5 miljoen jaar geleden ontwikkelden de mensachtigen zich apart van de chimpansee uit een gemeenschappelijke voorouder. Men rekent de eerste mensachtigen tot de groep *Australopithecus* (australis = zuidelijk;

pithèkos = aap). Veel fossielen van *Australopithecus* zijn in Zuid-Afrika gevonden. Een van de eerste vertegenwoordigers van deze groep was *Australopithecus afarensis*. Hiertoe behoorde o.a. het fossiele skelet van Lucy, dat in Ethiopië werd gevonden (zie afbeelding 12).

Ongeveer 4,5 miljoen jaar geleden splitste zich een nieuwe tak af in de evolutie van de mensachtigen. Deze nieuwe tak werd *Homo* genoemd (homo = mens). Deze afsplitsing heeft in Afrika plaatsgevonden. Uit deze groep heeft zich uiteindelijk de huidige mens ontwikkeld.





Afb. 38

## Stamt de mens af van de aap?

Vaak wordt gedacht dat de mens afstamt van de aap. Dat is niet zo. Wel is het zeer waarschijnlijk dat de mens en de aap een gemeenschappelijke voorouder hebben.

Van alle soorten apen staan de *mensapen* het dichtst bij de mens. Mensen en mensapen hebben een gemeenschappelijke voorouder, die in bomen leefde. Ongeveer 10 miljoen jaar geleden werd het klimaat droger, waardoor het bosoppervlak afnam en er meer open vlakten kwamen waar vooral gras groeide. Een deel van

de populatie bleef in de bossen leven. Deze organismen ontwikkelden zich tot mensapen, waaruit de huidige gorilla's en chimpansees zijn voortgekomen. Een ander deel van de populatie zocht de open grasvlakten op. Deze organismen ontwikkelden zich tot de *mensachtigen*. Uit die tijd zijn maar weinig fossielen gevonden, dus men weet nog niet precies hoe deze ontwikkeling heeft plaatsgevonden.

Op de open vlakten vormden de grote kudden graseters waarschijnlijk een rijke voedselbron. De

eerste mensachtigen bewogen zich op verschillende manieren voort: soms op vier poten, soms op twee. Ongeveer 2 miljoen jaar geleden begonnen de mensachtigen grote afstanden rechtop wandelend af te leggen. Hierdoor kregen ze veel nieuwe mogelijkheden. Ze hadden bijvoorbeeld hun handen vrij om gereedschappen mee te nemen als ze op jacht gingen. Ook werden ze steeds handiger en slimmer in het maken van gereedschappen. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in de huidige mens.

Afb. 39 Een kok aan het werk.



## 8. Leren en werken: Competenties

Er zijn niet veel beroepen op mbo-niveau die te maken hebben met evolutie. Daarom ga je in deze basisstof bestuderen wat veelgevraagde **competenties** zijn voor beroepen die in het algemeen met biologie te maken hebben.

**WB . OPDRACHT 17 EN 18 BLZ. 221**

# Samenvatting

## DOELSTELLING 1.

**Je moet kunnen beschrijven wat de evolutietheorie inhoudt.**

- Evolutie is de ontwikkeling van het leven op aarde, waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen.
  - De evolutietheorie gaat uit van veranderingen in genotypen, natuurlijke selectie en het ontstaan van nieuwe soorten.
- In een populatie treffen we voortdurend andere genotypen (en fenotypen) aan.
  - Bij geslachtelijke voortplanting ontstaan telkens nieuwe genotypen (en fenotypen).
  - Door mutaties ontstaan voortdurend andere genotypen (en fenotypen).
- Natuurlijke selectie: individuen met bepaalde gunstige erfelijke eigenschappen krijgen meer nakomelingen dan individuen zonder deze erfelijke eigenschappen.
  - Individuen met een betere aanpassing aan het milieu hebben een grotere overlevingskans. Bijvoorbeeld: dieren met een goede schutkleur worden minder snel opgemerkt door roofdieren dan dieren met een opvallende kleur.
  - Van individuen met een gunstig genotype zullen veel nakomelingen in leven blijven en zich voortplanten.
- Een soort evolueert (verandert) als door natuurlijke selectie een mutant blijft voortbestaan en de oorspronkelijke vorm uitsterft.
  - Bijvoorbeeld: als het milieu verandert kan een andere vachtkleur de beste schutkleur blijken te zijn.
- Een nieuwe soort kan ontstaan als individuen die oorspronkelijk tot dezelfde populatie behoorden zich niet meer met elkaar voortplanten.
  - Bijvoorbeeld: een deel van een populatie kan langdurig geïsoleerd (gescheiden) raken van de rest van de populatie. Dit deel vormt een nieuwe populatie.
  - Beide populaties ontwikkelen zich langdurig gescheiden in verschillende milieus.
  - Na verloop van lange tijd zijn er zoveel verschillen ontstaan dat individuen van de twee populaties zich niet meer met elkaar kunnen voortplanten. Er zijn twee soorten ontstaan.

## DOELSTELLING 2.

**Je moet kunnen omschrijven wat fossielen hebben bijgedragen aan de evolutietheorie.**

- Fossielen: versteende overblijfselen van organismen, of afdrukken van organismen in gesteenten.
  - Ze ontstaan als resten van organismen van de lucht worden afgesloten door sedimenten. Hierdoor vergaan deze resten niet.
  - Uit fossielen van delen van organismen wordt een reconstructie gemaakt van het hele organisme.
  - Uit gevonden fossielen blijkt dat in de loop van de evolutie soorten zijn ontstaan, veranderd en/of verdwenen.

## DOELSTELLING 3.

**Je moet kunnen omschrijven wat overeenkomsten bij verschillende soorten organismen hebben bijgedragen aan de evolutietheorie.**

- Overeenkomst in bouw.
  - Organen met verschillende functie kunnen veel overeenkomst in bouw vertonen. Voorbeelden: de vleugel van een vogel, de voorvin van een walrus, de voorpoot van een mol en de arm van een mens.
  - Waarschijnlijk zijn deze organen uit dezelfde grondvorm ontstaan. De organismen hebben waarschijnlijk een gemeenschappelijke voorouder gehad. Door aanpassing aan het milieu zijn de verschillen ontstaan.
- Rudimentaire organen: organen die geen functie meer hebben en niet of nauwelijks tot ontwikkeling komen.
  - Voorbeelden van rudimenten: het bekken bij een walvis, de pootresten bij reuzenslangen, de staartwervels en de blindedarm bij de mens. Bij verwante soorten komen deze organen wel tot volledige ontwikkeling.
  - Door rudimentaire organen wordt het aannemelijk dat verschillende soorten organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.
- Overeenkomst in embryonale ontwikkeling.
  - De embryonale ontwikkeling van verschillende soorten dieren vertoont overeenkomst. Hierdoor wordt het aannemelijk dat deze dieren een gemeenschappelijke voorouder hebben.
- Overeenkomst in processen (bijv. celdeling).
- Overeenkomst in de samenstelling van stoffen (bijv. DNA).



**DOELSTELLING 4.****Je moet een geologische tijdschaal kunnen aflezen.**

- In een geologische tijdschaal is de tijd sinds het ontstaan van de aarde weergegeven.
  - Een geologische tijdschaal is verdeeld in tijdperken.
  - Elk tijdperk is onderverdeeld in perioden.
- In een geologische tijdschaal geven getallen de tijd aan in miljoenen jaren geleden.

**DOELSTELLING 5.****Je moet de ontwikkeling van het leven op aarde kunnen beschrijven.**

- De aarde bestaat ongeveer 4600 miljoen jaar (4,6 miljard jaar).
  - In het begin was er door de hoge temperatuur geen leven op aarde mogelijk.
- De eerste eenvoudige vormen van leven leefden in het water. De atmosfeer bevatte toen nog geen zuurstof.
  - De eerste levensvormen ontwikkelden zich tot bacteriën.
  - Daarna ontstonden er eencellige organismen waarbij fotosynthese plaatsvond. Hierdoor kwam er zuurstof in het water en ook in de lucht.
- Ongeveer 530 miljoen jaar geleden ontstonden in vrij korte tijd de meeste afdelingen van het dierenrijk.
- Ongeveer 460 miljoen jaar geleden begonnen plantensoorten vanuit het water het land te bevolken, gevolgd door diersoorten.
  - De reptielen kregen een bloeitijd die tientallen miljoenen jaren duurde. Er leefden talrijke soorten sauriërs, waarvan sommige reusachtig groot waren.
- Tot ongeveer 200 miljoen jaar geleden vormde al het landoppervlak op aarde één geheel.
  - Daarna zijn de werelddelen langzaam uit elkaar gedreven.
- 65 miljoen jaar geleden sloeg een groot rotsblok vanuit de ruimte in op de aarde.
  - Dit veroorzaakte een klimaatverandering, waardoor de sauriërs uitstierven.
  - Hierna kwamen de zoogdieren en de vogels goed tot ontwikkeling.

- Ongeveer 3 miljoen jaar geleden ontstonden de eerste mensachtigen.
  - Alle mensen die nu leven, hebben een gemeenschappelijke voorouder die 150 000 jaar geleden in Afrika leefde.

**DOELSTELLING 6.****Je moet een stamboom van organismen kunnen aflezen.**

- Uit een stamboom van organismen is af te lezen:
  - waaruit groepen organismen zich hebben ontwikkeld;
  - welke groepen veel en welke weinig verwantschap vertonen (soorten vertonen verwantschap als ze een gemeenschappelijke voorouder bezitten).

**COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN****BASISSTOF**

- Je hebt geleerd het ontstaan van groepen organismen in een tijdbalk te plaatsen.
- Je hebt geoefend in het halen van informatie uit artikelen.
- Je hebt geoefend in het aflezen van diagrammen.

**EXTRA BASISSTOF**

- Je hebt geoefend in het halen van informatie uit artikelen.

**LEREN EN WERKEN**

- Je hebt bepaald in hoeverre je competenties bezit die nodig zijn bij biologische beroepen.
- Je hebt beschreven waarom bepaalde biologische beroepen je aanspreken.

**Over deze competenties/vaardigheden en over leren en werken zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.**

# Diagnostische toets

Met behulp van deze toets kun je zelf controleren of je 'kent en kunt' wat in de samenvatting staat. Noteer de antwoorden op het scoreblad in je werkboek.

## DOELSTELLING 1.

Kruis aan of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 De ontwikkeling van vissen tot amfibieën is een voorbeeld van evolutie.
- 2 De ontwikkeling van larve tot lieveheersbeestje (zie afbeelding 40) is een voorbeeld van evolutie.
- 3 Door geslachtelijke voortplanting en door mutaties ontstaan steeds nieuwe genotypen.
- 4 Natuurlijke selectie betekent dat individuen met gunstige erfelijke eigenschappen meer nakomelingen krijgen dan individuen zonder deze eigenschappen.
- 5 Een soort evolueert als door natuurlijke selectie de mutanten uitsterven en de 'normale' soortgenoten blijven bestaan.
- 6 Als in een populatie veel verschillende genotypen voorkomen, heeft deze populatie een grote overlevingskans.
- 7 Als in een populatie een belangrijke mutatie optreedt, ontstaat een nieuwe soort.
- 8 Een nieuwe soort kan ontstaan door kruising van individuen van verschillende vormen van dezelfde soort.
- 9 Een nieuwe soort kan ontstaan als mutanten zich langdurig gescheiden ontwikkelen van de 'normale' soortgenoten.

Afb. 40



larve van het lieveheersbeestje



volwassen lieveheersbeestje

## DOELSTELLING 2.

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In afbeelding 41 zijn een skelet van een zee-ezel en versteende afdrukken van zee-egels weergegeven. Is het skelet een fossiel? En zijn de versteende afdrukken fossielen?
  - A Alleen het skelet is een fossiel.
  - B Alleen de versteende afdrukken zijn fossielen.
  - C Het skelet en de versteende afdrukken zijn fossielen.
  - D Het skelet en de versteende afdrukken zijn geen fossielen.

Afb. 41



1 skelet van een zee-ezel



2 versteende afdrukken van zee-egels



Afb. 42



1 naaktslak



2 huisjesslak

- 2 Slakken kunnen worden ingedeeld in naaktslakken en huisjesslakken (zie afbeelding 42). Van welke slakken zullen onder welke omstandigheden delen het best kunnen fossiliseren?
- Naaktslakken die na het sterven aan de lucht blootgesteld blijven.
  - Naaktslakken die na het sterven van de lucht worden afgesloten door sedimenten.
  - Huisjesslakken die na het sterven aan de lucht blootgesteld blijven.
  - Huisjesslakken die na het sterven van de lucht worden afgesloten door sedimenten.
- 3 Andrea zegt dat fossielen van eencelligen in zeer oude gesteentelagen kunnen voorkomen. Barbara zegt dat fossielen van eencelligen in de jongste gesteentelagen kunnen voorkomen. Carina zegt dat fossielen van zoogdieren in de jongste gesteentelagen kunnen voorkomen. Wie hebben gelijk?
- Alleen Andrea en Barbara.
  - Alleen Andrea en Carina.
  - Alleen Barbara en Carina.
  - Andrea, Barbara en Carina.

**DOELSTELLING 3.**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- Wat zijn rudimentaire organen?
  - Organen met veel overeenkomst in bouw, maar met een verschillende functie.
  - Organen die geen functie meer hebben en niet of nauwelijks tot ontwikkeling komen.
  - Organen die alleen bij uitgestorven soorten een functie hadden en tot ontwikkeling kwamen.
- Welke van de volgende organen zijn rudimentair?
  - De staartwervels van een mens.
  - De vleugels van een vleermuis.
  - De vleugels van een insect.
- In afbeelding 43 zijn de embryo's van een slang, van een kip en van een kat getekend. De embryo's bevinden zich in een vergelijkbaar stadium van ontwikkeling. Is er een stadium in de ontwikkeling waarin deze embryo's veel overeenkomst vertonen? Zo ja, ligt dit stadium vóór of na het afgebeelde stadium?
  - Nee, er is geen stadium in de ontwikkeling waarin deze embryo's veel overeenkomst vertonen.
  - Ja, deze embryo's hebben veel overeenkomst vertoond in een vroeger stadium van ontwikkeling.
  - Ja, deze embryo's zullen veel overeenkomst gaan vertonen in een later stadium van ontwikkeling.

Afb. 43



1 van een slang



2 van een kip



3 van een kat

- 4 Organismen van verschillende soorten kunnen veel overeenkomst vertonen in de samenstelling van stoffen, bijvoorbeeld van DNA.  
Waarom is deze overeenkomst een argument voor de evolutietheorie?
- A Omdat deze overeenkomst aantoont dat soorten veranderen, doordat mutanten blijven voortbestaan en individuen van de oorspronkelijke vorm uitsterven.
  - B Omdat hieruit kan worden afgeleid hoe lang geleden de verschillende soorten zijn ontstaan.
  - C Omdat deze overeenkomst het aannemelijk maakt dat verschillende soorten een gemeenschappelijke voorouder hebben.

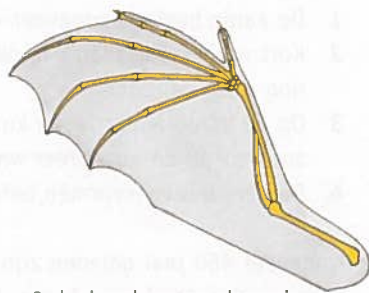
De volgende gegevens horen bij de vragen 5 t/m 7.  
In afbeelding 44 zijn de poot van een krokodil, de vleugel van een vleermuis en de vleugel van een vlieg getekend.

- 5 Welke van deze organen vertonen veel overeenkomst in bouw?
- A De poot van een krokodil en de vleugel van een vleermuis.
  - B De poot van een krokodil en de vleugel van een vlieg.
  - C De vleugel van een vleermuis en de vleugel van een vlieg.

Afb. 44



1 de poot van een krokodil



2 de vleugel van een vleermuis



3 de vleugel van een vlieg

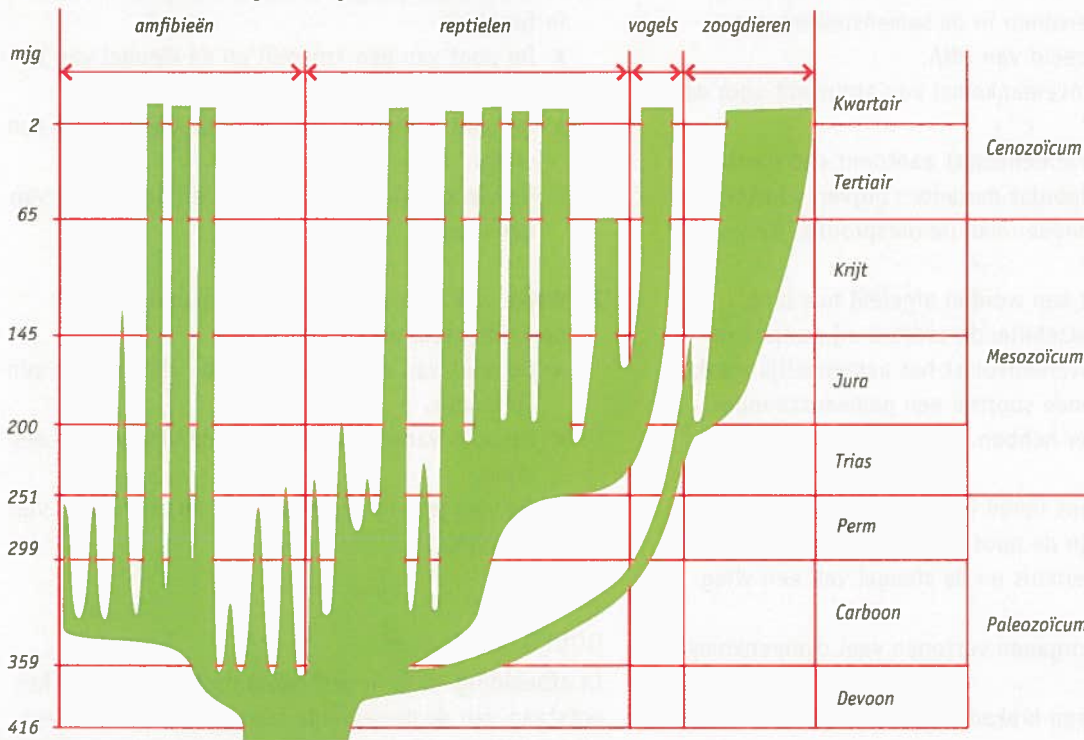
- 6 Welke van deze organen vertonen veel overeenkomst in functie?
- A De poot van een krokodil en de vleugel van een vleermuis.
  - B De poot van een krokodil en de vleugel van een vlieg.
  - C De vleugel van een vleermuis en de vleugel van een vlieg.
- 7 Welke van deze organen zijn waarschijnlijk uit dezelfde grondvorm ontstaan?
- A De poot van een krokodil en de vleugel van een vleermuis.
  - B De poot van een krokodil en de vleugel van een vlieg.
  - C De vleugel van een vleermuis en de vleugel van een vlieg.

#### DOELSTELLING 4.

In afbeelding 45 is in een geologische tijdschaal het ontstaan van de gewervelde landdieren weergegeven. De breedte van de lijnen komt overeen met het aantal soorten. Beantwoord de volgende vragen met behulp van deze afbeelding.

- 1 Hoeveel miljoen jaar duurt het Cenozoïcum?
- 2 In welke perioden wordt het Mesozoïcum verdeeld?
- 3 Hoeveel miljoen jaar geleden begon het Carboon?
- 4 Uit welke diergroep hebben de vogels zich ontwikkeld?
- 5 En uit welke diergroep hebben de zoogdieren zich ontwikkeld?
- 6 Welke groep ontstond het eerst, de vogels of de zoogdieren?
- 7 In welke periode was het grootste aantal soorten amfibieën aanwezig?
- 8 Bij de amfibieën zijn drie banden te zien die doorlopen tot boven in de afbeelding. Deze banden geven drie groepen amfibieën weer.  
Wat kun je concluderen uit het feit dat deze banden doorlopen tot boven in de afbeelding?



**Afb. 45** De ontwikkeling van de gewervelde landdieren.

- 9 Daarnaast zijn er in de afbeelding bij de amfibieën een aantal minder hoge pieken te zien. Ook deze pieken geven groepen amfibieën weer. Deze pieken lopen *niet* door tot boven in de afbeelding. Wat kun je concluderen uit het feit dat deze pieken niet doorlopen tot boven in de afbeelding?
- 10 Van welke groep zijn sinds het ontstaan de meeste soorten blijven voortbestaan, van de amfibieën of van de reptielen?
- 11 Kunnen er fossielen van zoogdieren worden aangetroffen in een gesteentelaag uit het Carboon?

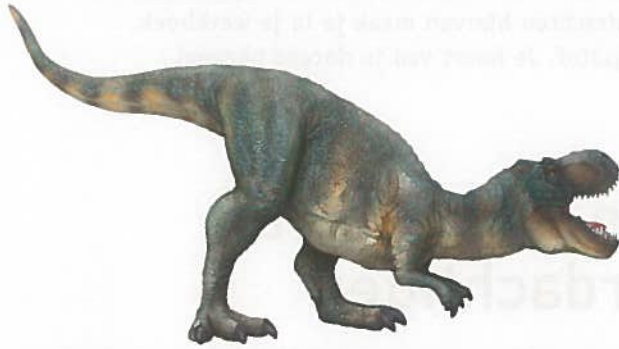
### DOELSTELLING 5.

Kruis aan of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 De aarde bestaat ongeveer 4,6 miljard jaar.
- 2 Kort na het ontstaan van de aarde bevatte de lucht nog geen zuurstof.
- 3 Op de aarde is pas leven kunnen ontstaan, nadat er zuurstof in de atmosfeer was gekomen.
- 4 De eerste levensvormen behoorden tot de planten.

Ongeveer 460 jaar geleden zijn organismen vanuit het water op het land gaan leven. Over deze gebeurtenis gaan de beweringen 5 t/m 7.

- 5 De eerste organismen die op het land gingen leven, waren dieren.
- 6 Doordat dieren op het land gingen leven, ontstonden in vrij korte tijd de meeste afdelingen van het dierenrijk.
- 7 In die tijd vormde al het landoppervlak op aarde één geheel.

**Afb. 46** Dinosauriërs.

1 Tyrannosaurus



2 Stegosaurus

Ongeveer 65 miljoen jaar geleden vond een ingrijpende gebeurtenis plaats in de geschiedenis van de aarde.

Over deze gebeurtenis gaan de beweringen 8 t/m 10.

**8** Er sloeg toen een groot rotsblok vanuit de ruimte in op de aarde.

**9** Door deze ingrijpende gebeurtenis stierven de dinosauriërs (zie afbeelding 46) uit.

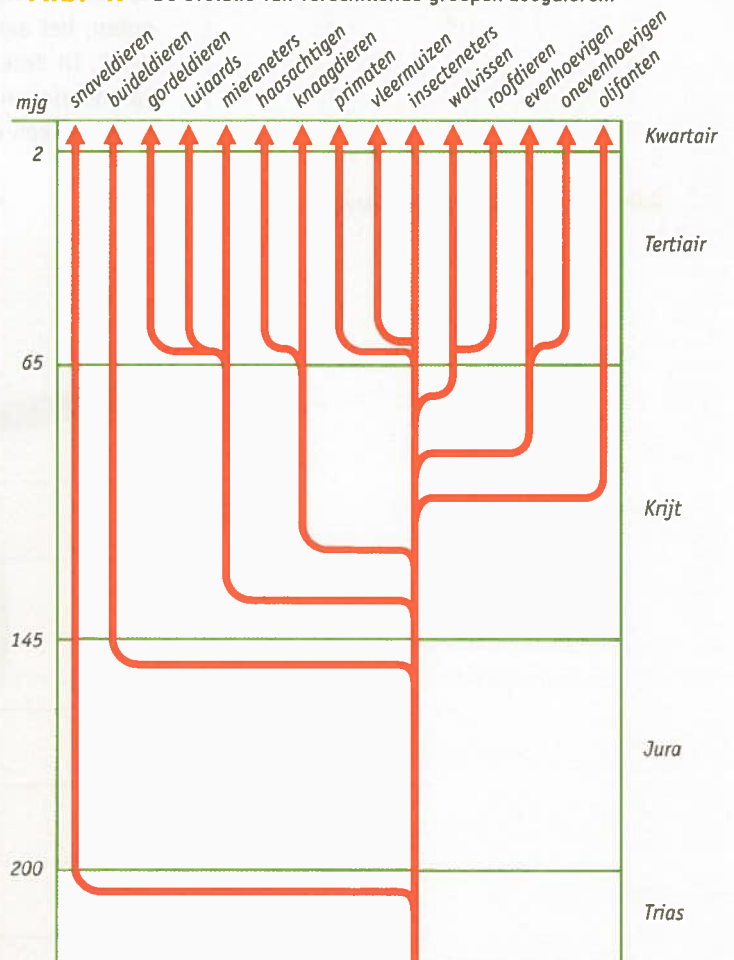
**10** Door deze ingrijpende gebeurtenis ontstonden de eerste zoogdieren en vogels.

### DOELSTELLING 6.

In afbeelding 47 is de evolutie van verschillende groepen zoogdieren weergegeven.

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke diergroep is eerder ontstaan, de olifanten of de walvissen?
- 2 Leefde er 150 miljoen jaar geleden een gemeenschappelijke voorouder van de olifanten en de walvissen?
- 3 In welke periode leefde er een gemeenschappelijke voorouder van alle groepen zoogdieren?
- 4 Met welke diergroep vertonen de gordeldieren de meeste verwantschap, met de buideldieren of met de miereneters?
- 5 Zijn in het diagram ook groepen weergegeven waarvan alle soorten uitgestorven zijn?

**Afb. 47** De evolutie van verschillende groepen zoogdieren.

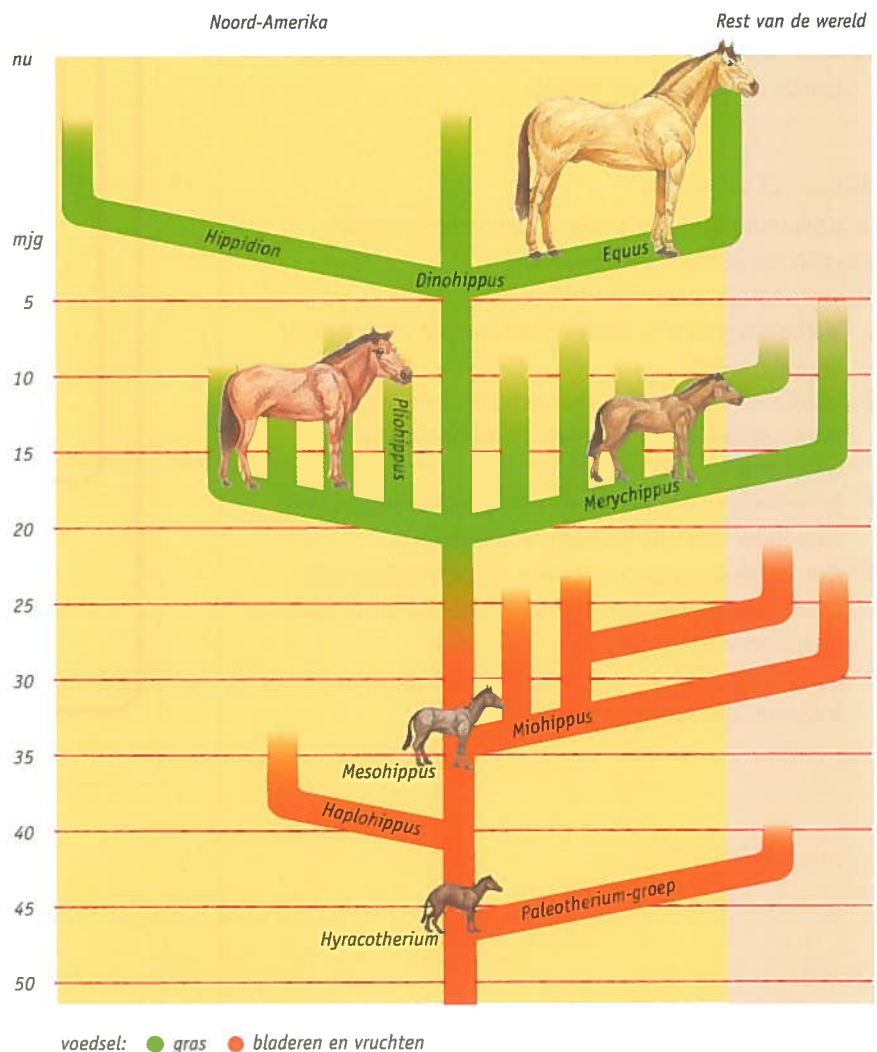


De verrijgingsstof kun je doen als je tijd over hebt. Je kunt kiezen uit verschillende onderdelen. In dit thema bestaat de verrijgingsstof uit twee onderdelen. De opdrachten hiervan maak je in je werkboek. Op internet ([www.biologievoorjou.nl](http://www.biologievoorjou.nl)) vind je meer verrijgingsstof. Je hoort van je docent hoeveel onderdelen je moet kiezen.

# 1. De evolutie van de paardachtigen

Het huidige paard is in de loop van de evolutie ontstaan uit een zoogdier dat zo groot was als een hond. Gedurende miljoenen jaren ondergingen de paardachtigen veranderingen in de lichaamsgrootte, de lengte van de poten, het aantal tenen waarop wordt gelopen, de voedselkeuze en het gebit. In deze verrijgingsstof leer je meer over de manier waarop deze veranderingen hebben plaatsgevonden. Je moet tekeningen op volgorde rangschikken en vragen beantwoorden.

**Afb. 48** Evolutie van de paardachtigen.



In afbeelding 48 is de evolutie van de paardachtigen in een stamboom weergegeven. Deze evolutie speelde zich grotendeels af in Noord-Amerika. Ongeveer 50 miljoen jaar geleden leefde *Hyracotherium*, de voorouder van de paardachtigen. Het was een klein dier, zo groot als een hond, met dunne pootjes (zie afbeelding 49.1). Het dier hield zich schuil in dichte bossen, waar het vooral bladeren en vruchten at. Ook *Mesohippus* leefde in de bossen, ongeveer 35 miljoen jaar geleden (zie afbeelding 49.2). Toen door een klimaatverandering de bossen in omvang afnamen, zochten de paardachtigen meer en meer de open vlakten op. Als voedsel was daar alleen gras beschikbaar. Het stugge gras van de vlakten was echter moeilijker te verteren dan de bladeren en vruchten van de bossen. De dieren moesten veel langer op hun voedsel kauwen. Door natuurlijke selectie kregen de paardachtigen steeds krachtiger kauwspieren en grotere kiezen met meer harde richels van glazuur. Op de open vlakten konden de dieren zich minder goed verschuilen voor roofdieren. Het was dan ook belangrijk snel weg te kunnen vluchten. Door natuurlijke selectie kregen de paardachtigen langere poten. Om de weerstand van de bodem zo laag mogelijk te houden, gingen ze op steeds minder tenen lopen. Ongeveer 15 miljoen jaar geleden leefde *Merychippus* (zie afbeelding 49.3) al op de open vlakten. Ook *Pliohippus* (zie afbeelding 49.4) leefde op de open vlakten, ongeveer 10 miljoen jaar geleden. Het huidige paard heet *Equus* (zie afbeelding 49.5). In het wild leeft het huidige paard op een open, steppeachtige vlakte. Het dier is met zijn lange poten een snelle loper. De bodem waarop het dier leeft is hard. Het voedsel bestaat uitsluitend uit gras.

WB . OPDRACHT 1 EN 2 BLZ. 225

## 2. Fossielen

In de basisstof heb je geleerd wat fossielen zijn. Wellicht heb je zelf wel eens fossielen gevonden, bijvoorbeeld op vakantie. In deze verrijkingsstof ga je fossielen bekijken en tekenen.

Afb. 50 Fossielen.



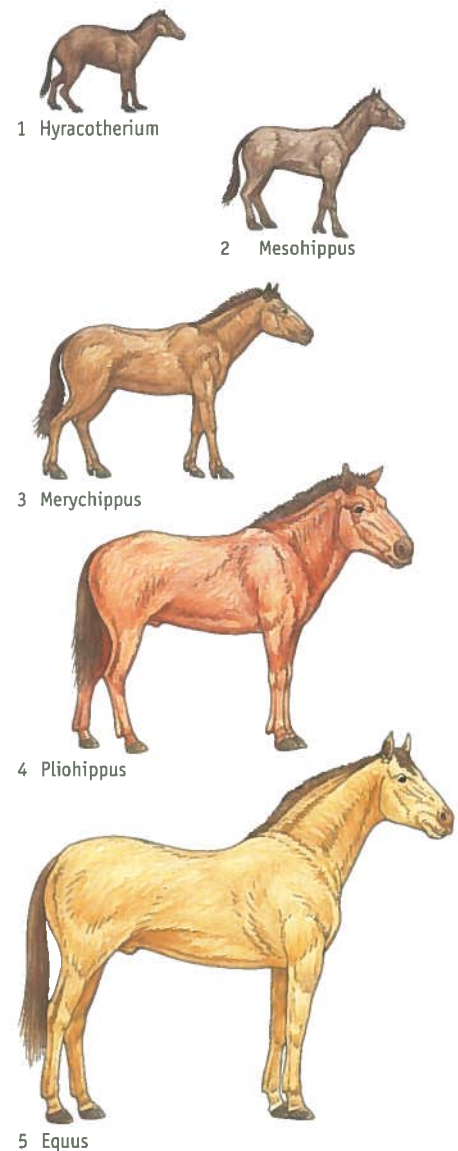
1



2

WB . OPDRACHT 1 BLZ. 227

Afb. 49 Paardachtigen.



5 Equus



# Register

## A.

aanranding	140
aantal cellen	44, 45
abortus	136, 190
abortuspil	136
achterlijf	38, 71
ademhalen	8
ademhalingsorganen	72
ademhalingsstelsel	10
afdelingen	49
aids	124, 126
albino	183
algen	58
amfibieën	72, 237
amoëbe	67
amputeren	187
antibiotica	53
anticonceptie	129
anticonceptiemiddelen	129
anticonceptiepil	130
anus	97
argumenten	220

## B.

baard	80
baarmoeder	73, 105
bacillen	51
bacteriële infectieziekten	53
bacteriën	44, 51, 191, 231
balzak	102
bedektzadigen	60
beenderstelsel	10
besnijden	103
bevalling	119
bevruchte eicel	100
bevruchting	100, 160
bijballen	102
biologisch onderzoek	23
biotechnologie	191
biseksueel	138
blaasje	55
blaaswier	58
bladgroenkorrels	18, 39, 44, 46
bloedvatstelsel	10
boomalg	58
borstholte	9
borststuk	38, 71
broedruimte	97
buikholte	9

## C.

Cambrium	236
candida	124
Carboon	238
celanus	68
celdeling	21
celdeling, gewone	100
celkern	17, 19, 44, 45
celkerntransplantatie	193
cellen	11
cellen, dierlijke	19
cellen, plantaardige	17
celmembraan	17, 19, 67
celmond	68
celplasma	17, 19
celwand	17, 44, 46
chlamydia	124, 126
chromosomen	19, 164
chromosomenparen	20
chromosomenportret	20
clitoris	106
cloaca	160
coïtus interruptus	130
competenties	246
conclusies	25
condoom	132
conserveren	53
controlegroep	25
couveuse	119
cytoplasma	17, 19, 67

## D.

darmkanaal	97
deling	52
determineertabel	76
determineren	76
dieren	44
dierenrijk	61
dinosauriërs	238
DNA	19
dochtercel	21, 100
dominant gen	171
donorkoe	193
donorsperma	114
draagkoeien	194
drager	188
druiper	124
dubbele naamgeving	96
duizendpoten	69
dwarstligging	120

## E.

echoscoop	188
echoscopie	188
eencellig	51
eencellige dieren	64, 67
eencellige organismen	45
eencellige wieren	58
eeneiige tweeling	168
eerste eenvoudige vormen van leven	231
eicellen	100
eieren	72, 97
eierstokken	104
eikel	103
eileider	105
eisprong	105
elastische slotband	79
elektronenmicroscop	51
embryo	106
embryonale stamcellen	215
embryosplitsing	193
erectie	103
erfelijke eigenschappen	19
erfelijkheidsonderzoek	187
Essure-methode	135
evolueren	222, 224
evolutie	220
evolutietheorie	220

## F.

families	49
fenotype	164
foetus	118, 188
follikel	104
fossielen	227
fotosynthese	18, 39, 46
frequentie	183

## G.

gastheercel	40
geboorte	119
geboorteregeling	129
gele lichaam	105
geleedpotigen	64, 69, 237
gemuteerde genen	182
gen	169
genetisch advies	188
genetische modificatie	192
genotype	164
gensymbolen	172
geologische tijdschaal	234

- geslachtelijke voortplanting ..... 100, 178  
 geslachten ..... 49  
 geslachtscellen ..... 100  
 geslachtschromosomen ..... 166  
 geslachtsgemeenschap ..... 103  
 geslachtshormonen ..... 109  
 geslachtskenmerken ..... 108  
 geslachtsnaam ..... 96  
 geslachtsziekten ..... 124  
 gewervelden ..... 64, 72  
 gewone celdeling ..... 21, 100  
 gezwel ..... 185  
 gisten ..... 54, 191  
 goedaardig gezwel ..... 185  
 gonorrhoe ..... 124  
 groeien ..... 8  
 groeipunt ..... 180  
 groeistrepen ..... 79  
 grote schaamlippen ..... 107
- H.**
- haren ..... 72  
 hart ..... 97  
 heteroseksueel ..... 138  
 heterozygoot ..... 171  
 hiv ..... 41, 126  
 hiv-positief ..... 127  
 hiv-remmers ..... 127  
 holtedieren ..... 64  
 homofiel ..... 138  
 homoseksueel ..... 138  
 homozygoot ..... 171  
 hormonen ..... 108  
 hormoonklieren ..... 108  
 hormoonspiraaltje ..... 134  
 huid ..... 72  
 human immunodeficiency virus ..... 40  
 hygiëne ..... 54  
 hypofyse ..... 108  
 hypofysehormonen ..... 109  
 hypothese ..... 24, 198
- I.**
- implantatie ..... 115,  
 incest ..... 140  
 individu ..... 8, 49  
 infectie ..... 53  
 infectieziekten ..... 53  
 informatiebronnen ..... 242  
 ingewandszak ..... 81
- innesteling ..... 106  
 insecten ..... 69, 71  
 instroomopening ..... 80  
 insuline ..... 191  
 intercellulaire ruimten ..... 17  
 intermediair ..... 177  
 in-vitrofertilisatie ..... 115  
 inwendig skelet ..... 63, 72  
 inwendige bevruchting ..... 160  
 isolatie ..... 223  
 ivf ..... 115
- J.**
- jonge follikel ..... 104  
 Jura ..... 238
- K.**
- kanker ..... 185  
 kegels ..... 60  
 keizersnede ..... 120  
 kenmerken ..... 8, 44  
 kerndeling ..... 21  
 kernmembraan ..... 17, 19  
 kernwoorden ..... 242  
 kieuwen ..... 80  
 klaarkomen ..... 103  
 klassen ..... 49  
 kleine schaamlippen ..... 106  
 kleurstofkorrels ..... 18  
 klonen ..... 193  
 knollen ..... 180  
 knoppen ..... 180  
 kop ..... 38, 71, 97  
 koperspiraaltje ..... 134  
 koudbloedig ..... 72  
 kranswier ..... 58  
 kreeftachtigen ..... 69  
 Krijt ..... 238  
 kruisingen ..... 173  
 kunstmatige inseminatie ..... 114  
 kunstmatige selectie ..... 179  
 kwaadaardig gezwel ..... 185
- L.**
- landdieren ..... 237  
 landplanten ..... 237  
 late abortus ..... 137  
 leden ..... 70  
 lesbisch ..... 138  
 levendbarend ..... 73
- levenscyclus ..... 8, 122  
 levensfasen ..... 123  
 levensloop ..... 123  
 levensverschijnselen ..... 8  
 lichaamscellen ..... 20, 100  
 lichaamstemperatuur ..... 72  
 Linnaeus ..... 96  
 loverboy ..... 140  
 lovergirl ..... 140  
 lustbeleving ..... 138
- M.**
- maagdenvlies ..... 107  
 mannelijk geslachtshormoon ..... 109  
 mantel ..... 80  
 mantelrand ..... 80  
 masturbatie ..... 103, 106  
 meiose ..... 100  
 mensachtigen ..... 239  
 menstruatie ..... 111  
 menstruatiecycclus ..... 110  
 metastase ..... 185  
 meteorieten ..... 231  
 microscoop ..... 13  
 middenrif ..... 9  
 milieu ..... 73  
 misdaadbestrijding ..... 195  
 mitose ..... 21, 100  
 moedercel ..... 21, 100  
 moederkoek ..... 116  
 mondlappen ..... 81  
 morning-afterpil ..... 136  
 mossel ..... 79  
 mossen ..... 59  
 mutagene invloeden ..... 183  
 mutant ..... 183  
 mutatie ..... 182
- N.**
- naaktzadigen ..... 60  
 nageboorte ..... 121  
 natuurlijke selectie ..... 220, 222  
 navel ..... 121  
 navelstreng ..... 117  
 navelstrengader ..... 118  
 navelstrengslagaders ..... 118  
 niet-symmetrisch ..... 62  
 NuvaRing ..... 131



**O.**

oestrogenen	109
onderbroken geslachtsgemeenschap	130
onderhouden van relatie	138
onderzoeksopzet	24, 198
onderzoeksvraag	24, 198
ongeslachtelijke voortplanting	180
ongesteld zijn	111
ongewenste intimiteiten	140
ontsluiting	119
ontstaan van nieuwe soorten	220, 223
ontwikkelen	8
onvolledig dominant	177
oog	97
opperhuid	39
orden	49
organen	9, 45
organenstelsel	9
organismen	8
orgasme	103
Ovabloc-methode	135
ovaria	104
ovarium	104
overeenkomst in bouw	228
overeenkomst in embryonale ontwikkeling	230
overgang	105
overlevingskans	221
ovulatie	105

**P.**

paardenstaarten	59
paddenstoelen	55
pantoffeldiertje	67
parelmoerlaag	80
paring	160
pauzeweek	130
penicilline	55
penis	103
penseelschimmel	55
perioden	234
periodieke onthouding	129
persweeën	120
pessarrium	133
pil	130
placenta	116
planten	44
plasmagroei	21
plastiden	18

populaties	49
Precambrium	235
prenataal onderzoek	188
preparaat	14
prepareermateriaal	14
prikpil	131
primaire geslachtskenmerken	108
probleemstelling	23, 198
processen	230
proefgroep	25
prostaat	102

**R.**

ras	48
recessief gen	171
recombinant-DNA-technieken	191
reconstructie	227
reducenten	53
reductiedeling	100
reptielen	72, 238
resultaten	25
rijpe follikel	105
risicogroep	188
roeipoten	97
romp	97
rudimentaire organen	229
rudimenten	229
ruimten, intercellulaire	17

**S.**

samenstelling van stoffen	230
sauriërs	238
schaamlippen	106
schede	105
schelpen	79
schijnvoetjes	67
schimmeldraden	54
schimmels	44, 54
schubben	60, 72
schutkleur	221
secundaire geslachtskenmerken	109
sedimenten	227
segmenten	70
seksualiteit	138
seksueel geweld	139
seksueel overdraagbare aandoeningen	124
seropositief	127
skelet	10, 61, 63
slijm	72

sluitspieren	79
soa's	124
soort	48, 49
soort aanduiding	96
sperma	102
spermabank	114
spermacellen	100
spierstelsel	10
spinachtigen	69
spiraaltje	134
spiraliseren	22
sponzen	64
sporen	55, 59
sporendoesjes	59
sporenhooptjes	59
sporenplanten	58, 59
sporenvormende orgaantjes	59
stamboom	176
stamcellen	214
stekelhuidigen	64
stekken	180
sterilisatie	134
stofwisseling	8
stuitligging	120
superkoe	193
syfilis	124
symmetrie	61
syndroom van Down	189

**T.**

teelballen	102
tekenregels	16
Tertiair	239
testes	102
testosteron	109
tijdperken	234
transgeen	192
Trias	238
trilhaartjes	68
tsunami's	238
tumor	185
tussencelstof	12
twee-eiige tweeling	168
tweelingen	168
tweezijdig symmetrisch	62

**U.**

uitdrijving .....	120
uitscheiden .....	8
uitstroomopening .....	80
uitwendig skelet .....	63, 70
uitwendige bevruchting .....	160
uitzaaiing .....	185
urinebuis .....	102
uterus .....	105

**V.**

vaatbundels .....	39
vacuolen .....	17
vagina .....	105
vaginaal vocht .....	106
varens .....	59
vaten .....	39
veelcellige organismen .....	45, 234
veelcellige wieren .....	58
veelzijdig symmetrisch .....	62
veranderingen in genotype .....	220
veredeling .....	179
veren .....	72
verkrachting .....	140
verminderde vruchtbaarheid .....	114
veronderstelling .....	24, 198
verslag .....	26
vertakkingsschema .....	76
verteringsstelsel .....	10
vertrouwensarts .....	140
vervellen .....	70
verwachting .....	24
verwantschap .....	240
virussen .....	40
vissen .....	72
vlokkentest .....	188
voeden .....	8
voedingsstoffen .....	53
voedingsvacuole .....	67, 68
voedingszouten .....	53
voet .....	80
vogels .....	72, 238
volwassen stamcellen .....	214
voorbehoedmiddelen .....	129
voorhuid .....	103
voortplanten .....	8, 72
voortplanting .....	138
voortplantingscellen .....	100

voorvocht .....	130
vrouwelijke geslachtshormonen .....	109
vrouwencondoom .....	133
vruchtbaar .....	48
vruchtbare periode .....	112
vruchten .....	60
vruchtvliezen .....	118
vruchtwater .....	118
vruchtwaterpunctie .....	189

**W.**

waarnemingen .....	25
warmbloedig .....	72
watervlooien .....	97
weeën .....	119
weefsel .....	11, 45
weefselkweek .....	180
weekdieren .....	64
werkplan .....	24, 198
wervelkolom .....	72
wervels .....	72
wetenschappelijke naam .....	96
wieren .....	58
wormen .....	64

**X.**

X-chromosoom .....	166
--------------------	-----

**Y.**

Y-chromosoom .....	166
--------------------	-----

**Z.**

zaadblaasjes .....	102
zaadcellen .....	100
zaadleiders .....	102
zaadlozing .....	102, 103
zaadplanten .....	58, 60
zaadvocht .....	102, 134
zaden .....	60
zelfbevruchting .....	106
zenuwstelsel .....	10
zetmeelkorrels .....	18
zoogdieren .....	72, 238
zuigcurettage .....	137
zwangerschap .....	112
zweepstaart .....	102
zwellichamen .....	103
zwemmerseczeem .....	56