



5a HAVO

biologie voor jou
LEEROPDRACHTENBOEK

bvj

MALMBERG

5a HAVO

biologie voor jou

LEEROPDRACHTENBOEK

bvj

BIOLOGIE VOOR DE BOVENBOUW

HAVO

AUTEURS

ARTEUNIS BOS
MARIANNE GOMMERS
ARTHUR JANSEN
ONNO KALVERDA
THEO DE ROUW
GERARD SMITS
BEN WAAS
RENÉ WESTRA

VIJFDE DRUK

MALMBERG 'S-HERTOGENBOSCH

WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL

Voorwoord

Dit boek is het eerste halfjaardeel van de methode *Biologie voor jou* voor klas 5 van het havo. De methode is gemaakt om zelfstandig te werken, zodat er ruimte ontstaat voor gerichte begeleiding van je docent. In *Biologie voor jou* kun je op verschillende momenten kiezen voor opdrachten die jij zelf interessant vindt. De methode bestaat uit een handboek met opdrachten (leeropdrachtenboek), een uitwerkingenboek en een e-Pack. Het e-Pack is een internetsite: www.biologievoorjou.nl. Op de site vind je onder andere extra uitleg, extra opdrachten, animaties, video's, toetsen en samenvattingen.

We gebruiken in deze methode 'docent' en 'leerling' voor beide geslachten.

WERKEN MET BIOLOGIE VOOR JOU

Biologie voor jou is opgedeeld in thema's. In een thema behandelen we de leerstof van een bepaald onderwerp uit de biologie. Alle thema's in de delen 4 en 5 havo samen vormen de gehele leerstof voor het biologie-examen havo.

De thema's bestaan steeds uit dezelfde onderdelen: Basisstof, Samenvatting, Diagnostische toets, Eindopdracht en Verrijkingstof. Op het e-Pack vind je nog andere onderdelen.

In de inleiding staat kort beschreven wat je in het thema te wachten staat. Je krijgt zo een idee waar het thema over gaat. Het e-Pack start met een instaptoets. De instaptoets test de kennis die je al hebt over het onderwerp.

BASISSTOF

In de basisstof staan teksten en afbeeldingen die je moet bestuderen. Tussen de tekst en aan het einde van een basisstof staan opdrachten. Met behulp van het uitwerkingenboek kun je zelf deze opdrachten nakijken.

SAMENVATTING

Wij vinden dat duidelijk moet zijn wat er van je wordt verwacht. Daarom is in de samenvatting precies omschreven wat je in de basisstof hebt geleerd. De samenvatting staat ook op het e-Pack.

De samenvatting is ingedeeld in doelstellingen. Elke doelstelling gaat over een onderwerp. In een basisstof wordt soms de stof voor meerdere doelstellingen aangeboden. Je moet de samenvatting 'kennen en kunnen' voor een proefwerk of toets.

DIAGNOSTISCHE TOETS

Met behulp van de diagnostische toets kun je nagaan of je de basisstof 'kent en kunt'. De diagnostische toets kun je nakijken met het uitwerkingenboek. De diagnostische toets staat ook op het e-Pack. Je krijgt dan meteen te zien of je de juiste antwoorden hebt gegeven. Op het e-Pack kun je ook de examentrainer doen. Hierin staan vragen die je ook in een proefwerk of toets kunt verwachten. De opdrachten uit de examentrainer zijn vaak wat moeilijker dan de opdrachten in de diagnostische toets.

EINDOPDRACHT

Na de diagnostische toets kom je bij elk thema een eindopdracht tegen. Met de eindopdracht breng je samenhang aan tussen begrippen uit dit thema en tussen

dit thema en voorgaande thema's. De eindopdracht bevat ook examenopgaven over dit thema en voorgaande thema's. De eindopdracht helpt je om je voor te bereiden op de eindtoets en het eindexamen.

VERRIJKINGSSTOF

Als je de basisstof 'kent en kunt', kun je aan de verrijksstof beginnen. De verrijksstof bestaat uit opdrachten waaruit je kunt kiezen. Een deel van de verrijksstof staat in dit boek, maar er staat ook een deel op het e-Pack. Je kunt zelf kiezen welke opdrachten je wilt doen. Je hoeft ze niet allemaal te maken. De verrijksstof kun je met het uitwerkingenboek nakijken, of met de antwoordbladen op het ePack.

CONTEXTEN

In dit boek staan veel contexten. Die contexten zijn voorbeelden uit het dagelijks leven, uit beroepen of uit de wetenschap waarbij biologische kennis een rol speelt. Vaak worden begrippen uitgelegd of toegelicht aan de hand van een context.

Regelmatig kom je ook opdrachten tegen met contexten.

Bij de meeste thema's vind je in basisstof 1 een grotere context. De context is dan te herkennen aan de vormgeving, maar basisstof 1 kan ook in zijn geheel een context zijn.

SAMENHANG

In thema 1 van deel 4 heb je de hoofdthema's en de niveaus van de biologie geleerd. In andere thema's komen we daar regelmatig op terug. Je leert zo net als in de eindopdracht de samenhang (rode draden) te zien. Evolutie is een van de rode draden in de biologie. Daarom vind je in de tekst regelmatig een kopje 'Evolutie'.

BEELDEN OMSLAG EN THEMA-OPENINGEN

Op het omslag en op de openingspagina's van elk thema zie je een grote afbeelding staan. Deze afbeeldingen stellen het volgende voor:

- Omslag: Een mannelijke en vrouwelijke bladstaartgekko lijken te verdwijnen tegen de achtergrond van de bast waarop ze zitten.
- Thema 1: Marathonloopster pakt tijdens een wedstrijd een bekertje water om vochtverlies aan te vullen.
- Thema 2: Onderzoeker neemt bij een man wangslijmvlies af ten behoeve van DNA-onderzoek.
- Thema 3: Nederlands landbouwgebied met bollenvelden en windmolens.

We wensen je veel plezier bij het werken met dit deel van *Biologie voor jou* en veel succes bij de voorbereiding op je examen.

De auteurs

Inhoud

Thema 1

Stofwisseling

BASISSTOF 8

- 1 Verzuurde spieren 8
- 2 Wat is stofwisseling? 10
- 3 Dissimilatie 14
- 4 Stofwisseling in planten 19
- 5 Koolstofassimilatie 25
- 6 Voortgezette assimilatie 29
- 7 Enzymen 32
- 8 De intensiteit van de stofwisseling 35

SAMENVATTING 42

DIAGNOSTISCHE TOETS 45

EINDOPDRACHT 54

VERRIJKINGSSTOF 56

- 1 Stofwisseling bij sport 56

Thema 2

DNA

BASISSTOF 60

- 1 De bouw en functie van DNA 60
- 2 DNA-replicatie 66
- 3 Eiwitsynthese 70
- 4 Genexpressie en celdifferentiatie 74
- 5 Mutaties 82
- 6 Wat kun je doen met DNA? 91

SAMENVATTING 97

DIAGNOSTISCHE TOETS 100

EINDOPDRACHT 105

VERRIJKINGSSTOF 108

- 1 Erfelijke ziekten en afwijkingen bij de mens 108

Thema 3

Mens en milieu

BASISSTOF 112

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | De relatie mens en milieu | 112 |
| 2 | Voedselproductie | 117 |
| 3 | Duurzame ontwikkeling en kringlopen | 128 |
| 4 | Vervuiling en oplossingen | 133 |
| 5 | Natuurbehoud, natuurbeheer en natuurontwikkeling | 144 |

SAMENVATTING 148

DIAGNOSTISCHE TOETS 151

EINDOPDRACHT 159

VERRIJKINGSSTOF 163

- | | | |
|---|----------------------|-----|
| 1 | Werken met contexten | 163 |
|---|----------------------|-----|

REGISTER 166

COLOFON 168

1

Stofwisseling



BASISSTOF 00

- 1 Verzuurde spieren 8
- 2 Wat is stofwisseling? 10
- 3 Dissimilatie 14
- 4 Stofwisseling in planten 19
- 5 Koolstofassimilatie 25
- 6 Voortgezette assimilatie 29
- 7 Enzymen 32
- 8 De intensiteit van de stofwisseling 35

SAMENVATTING 42

DIAGNOSTISCHE TOETS 45

EINDOPDRACHT 54

VERRIJKINGSSTOF 56

- 1 Stofwisseling bij sport 56

Als je eet, drinkt of inademt, komen er stoffen je lichaam binnen. Deze stoffen worden in je cellen veranderd met allerlei chemische (scheikundige) processen. Hierdoor worden de stoffen gemaakt waaruit je lichaam is opgebouwd. Voor de vorming van deze stoffen, voor beweging en voor de handhaving van je lichaamstemperatuur is energie nodig. Deze energie is meestal afkomstig van de glucose van planten. Om energie in een bruikbare vorm te krijgen wordt glucose in de cellen omgezet. Alle chemische reacties in cellen samen noemen we de stofwisseling. Enzymen versnellen deze reacties. Dit thema behandelt de stofwisselingsprocessen in de cellen van een individu.

1 Verzuurde spieren

De coopertest is een handige en snelle methode om de lichamelijke conditie te bepalen. Waarschijnlijk heb je hem op school weleens gedaan. Tijdens de coopertest moet je in twaalf minuten een zo groot mogelijke afstand afleggen. Deze afstand geeft informatie over je conditie. De tijd is gekozen omdat is gebleken dat boven de twaalf minuten het hartritme niet verder stijgt. Langer doorgaan heeft weinig zin. De spieren verzuren dan door zuurstoftekort, waardoor de prestatie stagneert. Wereldkampioene op de fiets Marianne Vos weet daar als geen ander over mee te praten.

JE GRENZEN OPZOEKEN

VALKENBURG, sept. 2012 – Marianne Vos uit Meeuwen is met grote overmacht wereldkampioene wielrennen geworden in Valkenburg. 'Behalve een gouden fiets heb ik nu ook een regenboogtrui,' zei de dolgelukkige kampioene direct na afloop tegen Omroep Brabant.

'Veel rensters hadden het moeilijk met onze tempowisselingen. Maar de laatste aanval op de Cauberg deed verschrikkelijk veel pijn. Als je dan zo'n ploegmaat bij je hebt die geweldig werk doet, kan ik het alleen maar op een mooie manier afmaken.' 'In de wielrensport zoek je altijd grenzen op. Je lichaam zegt pas "stop" als je van je fiets valt,' zegt Marianne Vos. 'Tot dat moment kun je altijd trappen. In de bergen of tijdens een tijdrit ben ik in een continu gevecht met mezelf om niet toe te geven aan de pijn. Als ik in vorm ben, kan mijn lichaam heel veel pijn aan. En ik weet waar ik het voor doe, dat maakt dat ik door de pijn heen kan. Ik wil winnen. Iedere keer weer dat fantastische gevoel.'

'De ergste pijn is het verzuren van mijn bovenbenen. Dat gebeurt elke wedstrijd. Ik vraag mijn lichaam meer energie dan het kan leveren, met een zuurstofschuld tot gevolg. Er komt zuur in je spieren en na een tijdje voelt het alsof je benen ontploffen. Maar omdat de anderen ook pijn hebben, verdraag ik het beter. En als je door de pijn heen trapt, is het weer te houden. Vooral als je in een winnende positie rijdt: euforie bestrijdt pijn. Veel sporten is niet altijd even gezond. Ik moet goed opletten,

▼ Afb. 1 Marianne Vos.



naar mijn lichaam luisteren. Je breekt veel af en door de hoge energiebehoefte moeten er veel tekorten worden aangevuld. Het meest bang ben ik voor het moment dat ik mentaal niet meer goed genoeg ben. Dat de wil niet meer sterker is dan de pijn. Dan is het tijd om te stoppen.'

De in 1987 geboren Marianne Vos werd in 2006 voor het eerst wereldkampioen. Ondertussen heeft zij naast wereldtitels ook Olympisch goud gewonnen.

Naar: Omroep Brabant, 22 september 2012.

Verzuring

Verzuring in spieren ontstaat als spiercellen te weinig zuurstof krijgen. Bij inspanning wordt in de spiercellen energie uit glucose omgezet in bewegingsenergie. Glucose, afkomstig uit voedsel, moet daarvoor worden verbrand met zuurstof. Daarbij ontstaan water en koolstofdioxide. Via de bloedsomloop en de longen wordt koolstofdioxide afgevoerd en zuurstof aangevoerd. Bij toenemende inspanning hebben de spiercellen steeds meer zuurstof nodig. Bij een bepaalde grote inspanning kan niet meer voldoende zuurstof worden aangevoerd voor de verbranding. Dit is het moment waarop de verzuring begint (verzuringsgrens). Als de spieren dan tóch meer energie blijven vragen, ontstaat melkzuur door de omzetting van glucose zonder zuurstof. Dit zuur hoopt zich op in het spierweefsel en veroorzaakt pijn. De spieren kunnen blokkeren. De zuurstofloze (anaerobe) omzetting van glucose in melkzuur, levert veel minder energie op dan omzetting mét zuurstof in koolstofdioxide en water.

Het gevormde melkzuur kan in de lever weer worden omgezet in glucose. Dit proces kost energie en kan pas op gang komen als er weer voldoende zuurstof beschikbaar is. Dit verklaart het 'nahijgen' van een sporter na een zware inspanning (zie afbeelding 2).

▼ Afb. 2 Sporter komt op adem na een zware wedstrijd.



▼ Afb. 3 Bepaling van de verzuringsgrens in een trainingscentrum.



Naarmate het lichaam meer zuurstof kan verwerken, ligt de verzuringsgrens hoger. Bij topsporters zoals profwielrenners ligt het maximum hoog. Zij kunnen met hun longen veel zuurstof opnemen en hebben een groter hart dan de meeste mensen. Hierdoor krijgt de renner meer zuurstof binnen en wordt er meer zuurstof naar de spiercellen vervoerd. Zo'n vergroot hart noem je een sporthart. Behalve dat topsporters een hogere verzuringsgrens hebben, herstellen ze ook sneller na een inspanning. Iedereen kan zijn verzuringsgrens verhogen door te trainen. In een sportcentrum kun je je verzuringsgrens laten bepalen (zie afbeelding 3).

opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In de context 'Je grenzen opzoeken' stelt Marianne Vos dat veel tekorten moeten worden aangevuld. Welke energierijke voedingsstof mag tijdens de wedstrijd zeker niet ontbreken in haar voeding?
- 2 De energierijke stof die in de spiercellen wordt verbrand, is gevormd in plantencellen. Hoe heet het proces dat in de bladgroenkorrels plaatsvindt, waarbij de energierijke stof ontstaat?
- 3 Verklaar het verschil in ademfrequentie bij rust en bij activiteit.
- 4 Verklaar de toename van de hartslagfrequentie bij activiteit.
- 5 Na een sportdag eet je meestal meer dan na een gewone lesdag. Geef daarvoor een verklaring.

2 Wat is stofwisseling?

Voor de levensprocessen in cellen is energie nodig. Energie heb je nodig om te bewegen, om je lichaam warm te houden en voor groei en herstel. Verder worden vrijwel voortdurend oude cellen vervangen door nieuwe cellen. Cellen nemen voedingsstoffen, water en zuurstof op uit hun milieu en geven afvalstoffen af. In de cellen ontstaan door chemische reacties nieuwe stoffen.

Planten gebruiken de energie uit licht om energierijke stoffen zoals glucose, vetten en eiwitten te maken.

Alle omzettingen van stoffen en energie in de cellen van je lichaam bij elkaar worden stofwisselingsprocessen genoemd. **Stofwisseling** is het totaal van alle chemische processen in de cellen van een organisme (zie afbeelding 4).

► Afb. 4 Stofwisseling in een cel.



ORGANISCHE EN ANORGANISCHE STOFFEN

Elk individu is opgebouwd uit verschillende typen stoffen. Grofweg kun je deze stoffen in twee groepen verdelen: organische stoffen en anorganische stoffen. Elke stof is opgebouwd uit moleculen. Elk molecuul is weer opgebouwd uit atomen. De moleculen van **organische stoffen** bevatten altijd een of meer atomen van de elementen koolstof (C), waterstof (H) en vaak ook zuurstof (O). Een glucosemolecuul ($C_6H_{12}O_6$) bijvoorbeeld bevat zes koolstofatomen, twaalf waterstofatomen en zes zuurstofatomen (zie afbeelding 5.1). De bindingen tussen koolstof- en waterstofatomen bevatten veel chemische energie.

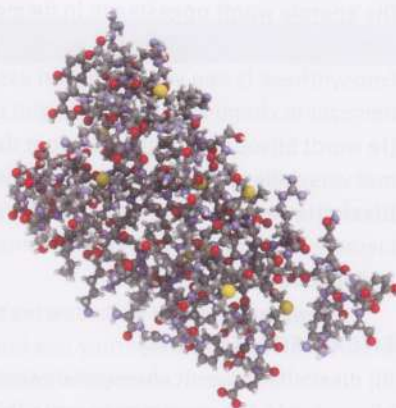
Spiercellen en andere cellen verkrijgen energie voor levensprocessen, meestal door de verbranding van glucose. Glucose is een organische stof die een centrale rol speelt bij de energievoorziening en de opbouw van organismen.

Eiwitmoleculen zijn veel groter dan glucosemoleculen. Een eiwitmolecuul kan uit duizenden atomen bestaan (zie afbeelding 5.2). Eiwitmoleculen bevatten naast C-, H- en O-atomen ook steeds stikstofatomen (N). Verder bevatten ze vaak atomen van de elementen zwavel (S) en fosfor (P). De moleculen van **anorganische stoffen** kunnen heel verschillende atomen bevatten. Een watermolecuul (H_2O) bijvoorbeeld bestaat uit twee waterstofatomen en een zuurstofatoom (zie afbeelding 5.3). Een keuzoutmolecuul (NaCl) bestaat uit een natriumatoom en een chlooratoom.

- ▼ **Afb. 5** Modellen van moleculen (niet in gelijke verhouding).



1 glucosemolecuul ($C_6H_{12}O_6$)



2 eiwitmolecuul (polymerase, waterstofatomen zijn niet weergegeven)



3 watermolecuul (H_2O)

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welk verschil in molecuulgrootte bestaat er tussen organische stoffen en anorganische stoffen?
- 2 In de urine van mensen komt ureum (CH_4N_2O) voor. Uit welke soorten atomen bestaat een ureummolecuul?
- 3 In deel 4 is behandeld dat organismen met chlorofyl (bladgroen) autotroof zijn, omdat ze geen andere organismen nodig hebben voor hun voedsel. Planten en cyanobacteriën zijn autotroof. Alle andere organismen zijn heterotroof. Deze organismen voeden zich met (delen van) andere organismen. Wat voor stoffen nemen autotrofe organismen uit hun milieu op: organische stoffen en/of anorganische stoffen? En wat voor stoffen nemen heterotrofe organismen uit hun milieu op?
- 4 Noteer welke van de volgende stoffen organisch zijn: *cellulose – glucose – ijzer – kalk – koolstofdioxide – palmolie (een vet) – pepsine (een eiwit) – stikstof – vitamine C – water – zetmeel – zuurstof*.

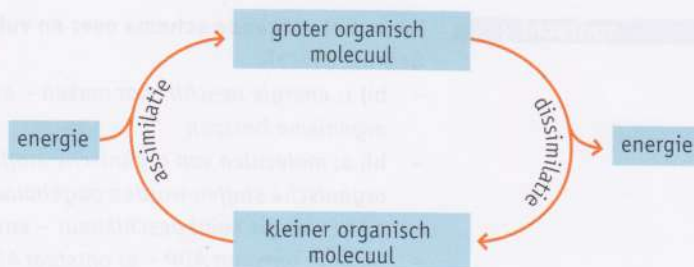
ASSIMILATIE EN DISSIMILATIE

We kunnen de stofwisselingsprocessen in twee groepen indelen: de assimilatieprocessen en de dissimilatieprocessen. Enzymen spelen hierbij een belangrijke rol.

Enzymen zijn stoffen die chemische reacties in cellen mogelijk maken.

Assimilatie is de opbouw van organische moleculen uit kleinere moleculen (van anorganische stoffen of van andere organische stoffen). Door de assimilatie worden organische stoffen gevormd waaruit een individu bestaat. Deze stoffen worden gebruikt voor groei, vervanging en herstel en voor het vormen van reservestoffen. Bij assimilatieprocessen wordt altijd energie gebruikt (zie afbeelding 6).

- **Afb. 6** Assimilatie en dissimilatie.



Die energie wordt opgeslagen in de moleculen van de gevormde organische stoffen. Energie in moleculen noemen we **chemische energie**.

Fotosynthese is een voorbeeld van assimilatie. Bij fotosynthese wordt **lichtenergie** omgezet in chemische energie in glucosemoleculen. In de **voortgezette assimilatie** wordt bijvoorbeeld glucose door de cel verder verwerkt tot grotere moleculen met verschillende functies zoals zetmeel, vetten en eiwitten.

Dissimilatie is de omzetting van energierijke grote organische moleculen tot kleinere moleculen. De chemische energie die hierbij vrijkomt, wordt gebruikt voor andere doeleinden.

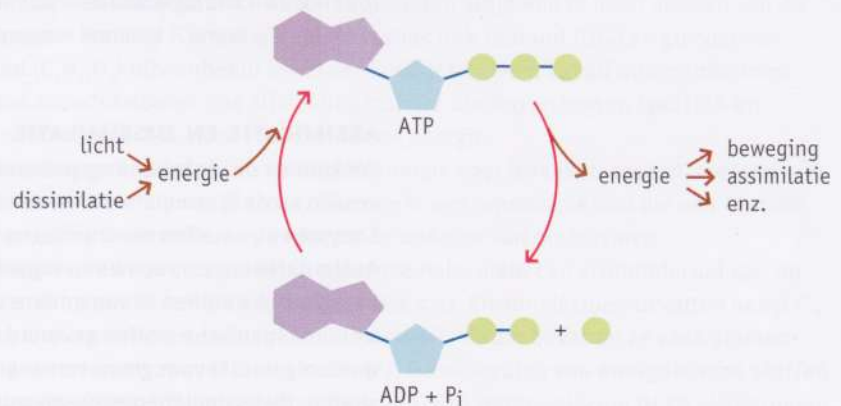
ENERGIEOMZETTING

Bij dissimilatie wordt chemische energie omgezet in andere energievormen, bijvoorbeeld in **bewegingsenergie** (bij het maken van bewegingen) of als **warmte** (bij het op peil houden van de lichaamstemperatuur). Zenuwcellen kunnen de chemische energie omzetten in **elektrische energie**, als ze impulsen geleiden. Sommige dieren maken er zelfs **lichtenergie** van bij het uitstralen van licht (bijvoorbeeld glimwormen en vuurvliegjes). De energie kan ook weer worden opgeslagen als **chemische energie**, als er andere organische stoffen mee worden opgebouwd. Bijvoorbeeld in de vorm van vetten of eiwitten.

ATP

Dissimilatie bestaat uit een keten van chemische reacties. De chemische energie uit glucose wordt daarbij eerst gebruikt voor de vorming van **ATP** (adenosinetrifosfaat). Een ATP-molecuul bevat drie fosfaatgroepen (zie afbeelding 7). De bindingen van de tweede en de derde fosfaatgroep zijn energierijk. Wanneer de derde fosfaatgroep van ATP wordt afgesplitst, ontstaat **ADP** (adenosinedifosfaat) en komt de chemische energie beschikbaar. Deze energie kan worden benut bij levensprocessen. Het ADP-molecuul en de fosfaatgroep zijn dan weer beschikbaar om de energie uit dissimilatie tijdelijk vast te leggen.

► **Afb. 7** De omzetting van energie met behulp van ATP.



opdracht 3

Neem het volgende schema over en vul het in.

Gebruik daarbij:

- bij 1: energie beschikbaar maken – organische stoffen vormen waaruit een organisme bestaat;
- bij 2: moleculen van organische stoffen worden afgebroken – moleculen van organische stoffen worden opgebouwd;
- bij 3: energie komt beschikbaar – energie wordt opgeslagen;
- bij 4: er ontstaat ADP – er ontstaat ATP.

	Assimilatie	Dissimilatie
1 Wat is het effect?		
2 Welke reactie vindt plaats?		
3 Wat gebeurt er met de energie?		
4 Ontstaat er ATP of ADP?		

opdracht 4**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Geef een voorbeeld van een assimilatieproces en een voorbeeld van een dissimilatieproces.
- 2 Wat is chemische energie?
- 3 Welke moleculen bevatten de meeste chemische energie: organische moleculen of anorganische moleculen?
- 4 In welke energievormen kan bij dissimilatie energie worden omgezet?
- 5 Wat gebeurt er met een organisme waarin meer assimilatie plaatsvindt dan dissimilatie? En wat gebeurt er wanneer er meer dissimilatie plaatsvindt dan assimilatie? Leg je antwoord uit.



3 Dissimilatie

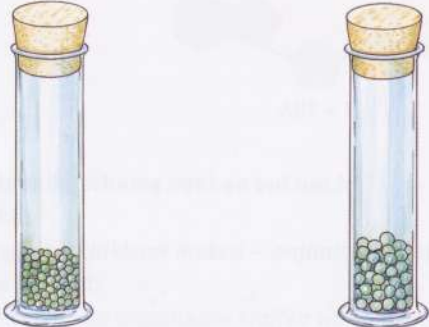
Tijdens het fietsen wordt in de spieren van Marianne Vos glucose verbrand. Verbranding is een voorbeeld van **dissimilatie**. Bij verbranding wordt glucose afgebroken en ontstaan water en koolstofdioxide. De chemische energie uit glucose wordt deels vastgelegd in ATP. Een ander deel komt vrij als warmte. ATP wordt gebruikt bij het samentrekken van de spieren, waardoor beweging ontstaat. Ook bij deze energieomzetting ontstaat warmte.

In elke cel vindt voortdurend dissimilatie plaats, zowel overdag als 's nachts. Een cel zonder dissimilatie leeft niet. Naarmate een organisme meer energie gebruikt voor beweging, voor de handhaving van de lichaamstemperatuur, voor groei of voor herstel, zal er in dat organisme meer dissimilatie plaatsvinden. De benodigde energie voor organismen is meestal afkomstig van de dissimilatie van glucose. Glucose kan met zuurstof (**aeroob**) of zonder zuurstof (**anaeroob**) worden gedissimileerd. Anaerobe dissimilatie wordt ook gisting genoemd. Bij gisting kan melkzuur ontstaan zoals in de spieren van Marianne Vos, maar melkzuur ontstaat ook bij het maken van yoghurt. Net als in cellen van mensen en dieren vindt ook in plantencellen dissimilatie plaats, bijvoorbeeld bij kiemende erwtenzaden.

opdracht 5

PRACTICUM

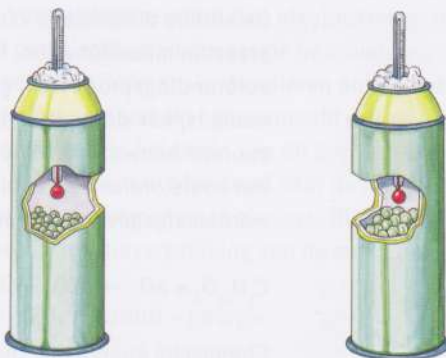
ZUURSTOFVERBRUIK DOOR ERWTEN

Inleiding	Bij de aerobe dissimilatie wordt glucose verbrand en ontstaan koolstofdioxide en water. In afsluitbare cilinders wordt de invloed onderzocht van droge en kiemende erwten op de zuurstofconcentratie.
Probleemstelling	In welke van de twee cilinders blijft de kaars het langst branden?
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - twee cilinderglazen met stop - droge en geweekte erwten - kaars - lucifers
Methode	<p>Vul de ene cilinder met droge erwten en de andere met evenveel, in water geweekte erwten. Sluit daarna de cilinders goed af met een stop (zie afbeelding 8). Laat de opstelling twee dagen staan in een donkere ruimte. Laat na die twee dagen in elk van beide cilinders na elkaar een brandende kaars neer.</p> <p>► Afb. 8 Proefopstelling.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">1 droge, niet-ontkiemende erwten 2 geweekte, ontkiemende erwten</p>
Resultaat	Noteer in welk cilinderglas de kaars het langst bleef branden.
Conclusie	Welke conclusie kun je trekken uit deze proef?

opdracht 6

PRACTICUM

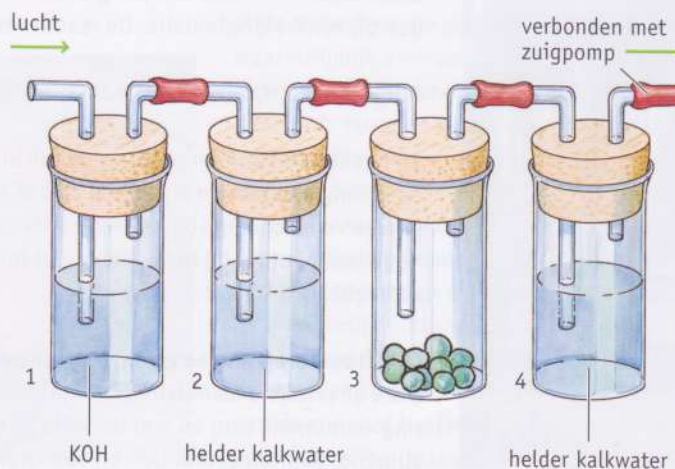
WARMTEPRODUCTIE DOOR ERWTEN

Inleiding	Bij de verbranding van glucose ontstaat ook warmte. In twee thermosflessen wordt de temperatuur gemeten bij droge en geweekte erwten.
Probleemstelling	In welke thermosfles is na twee dagen de temperatuur gestegen?
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - twee thermosflessen - watten - twee thermometers - droge en geweekte erwten
Methode	<p>Vul de ene thermosfles met droge erwten en de andere met evenveel, in water geweekte erwten. Sluit daarna de flessen af met watten. Klem bij elke fles tussen de watten een thermometer zodanig dat de schaalverdeling nog is af te lezen (zie afbeelding 9). De thermometer wordt vijf minuten na het inzetten van de proef afgelezen. Na een tot twee dagen wordt de thermometer weer afgelezen.</p> <p>► Afb. 9 Proefopstelling.</p>
	
	1 droge, niet-ontkiemende erwten 2 geweekte, ontkiemende erwten
Resultaat	Noteer in welke thermosfles de temperatuur (het meest) is gestegen.
Conclusie	Welke conclusie kun je trekken uit deze proef?

opdracht 7

Kalkwater is een indicator voor koolstofdioxide. De aanwezigheid van koolstofdioxide in lucht kan worden aangetoond door de lucht door helder kalkwater te leiden. Koolstofdioxide maakt helder kalkwater troebel. In afbeelding 10 is een proefopstelling weergegeven. De KOH-oplossing in buis 1 haalt alle koolstofdioxide uit de lucht. In de buizen 2 en 4 zit helder kalkwater. In buis 3 zitten kiemende erwten. Buis 4 is verbonden met een pomp die lucht aanzuigt.

► Afb. 10 Proefopstelling.



Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Zal het kalkwater in buis 2 troebel worden? Leg je antwoord uit.
- 2 Zal het kalkwater in buis 4 troebel worden? Leg je antwoord uit.
- 3 Wat is de functie van buis 2 in deze opstelling?
- 4 Maakt het voor deze proef uit of deze in het donker of in het licht wordt uitgevoerd? Licht je antwoord toe.

opdracht 8**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Komt aerobe dissimilatie voor bij heterotrofe organismen? En bij autotrofe organismen?
- 2 Welke stoffen worden bij de aerobe dissimilatie van glucose verbruikt?
- 3 Welke stoffen ontstaan bij de aerobe dissimilatie van glucose?

AEROBE DISSIMILATIE VAN GLUCOSE

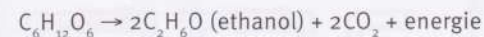
De aerobe dissimilatie van glucose (verbranding) vindt voor het grootste deel plaats in mitochondriën. Hierbij worden koolstofdioxide- en watermoleculen (de verbrandingsproducten) gevormd. De zuurstof die voor de aerobe dissimilatie nodig is, kan door cellen uit het milieu worden opgenomen. Wanneer voldoende zuurstof aanwezig is in de cellen van een individu, is de dissimilatie steeds aerob. Het koolstofdioxide dat bij de aerobe dissimilatie ontstaat, kan aan het milieu worden afgegeven. De reactievergelijking van de aerobe dissimilatie van glucose is:



Chemische energie die tijdens de fotosynthese in een glucosemolecuul is opgeslagen, komt nu weer beschikbaar. Deze energie wordt tijdelijk omgezet in de chemische energie van ATP-moleculen. Daarna kan de energie worden benut bij levensprocessen.

ANAEROBE DISSIMILATIE VAN GLUCOSE

De meeste soorten organismen kunnen ook glucose dissimileren zonder zuurstof. Ook bij anaerobe dissimilatie wordt de energie die vrijkomt opgeslagen in ATP-moleculen. Je hebt al geleerd dat er dan in spieren melkzuur ontstaat. Niet bij alle soorten organismen ontstaat melkzuur bij anaerobe dissimilatie, er kan ook alcohol (ethanol) ontstaan. We noemen dit proces **alcoholgisting**. Dit gebeurt bijvoorbeeld in gistcellen. Ethanol bevat nog veel chemische energie. Bij anaerobe dissimilatie komt dan ook per glucosemolecuul veel minder energie beschikbaar dan bij aerobe dissimilatie. De reactievergelijking van de alcoholgisting is:



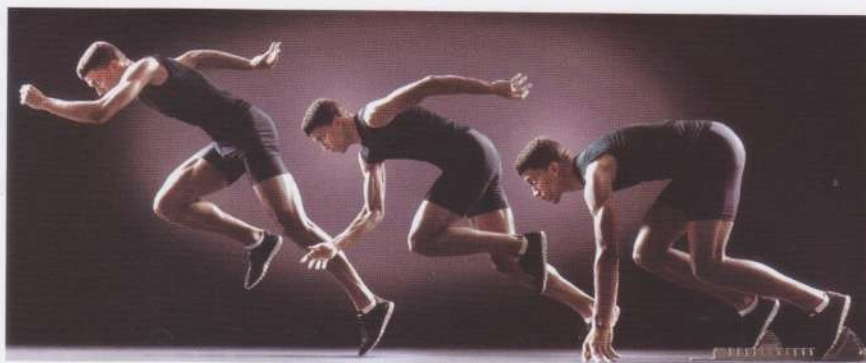
Bij het maken van bier of wijn vindt alcoholgisting plaats (zie afbeelding 11). Door de gisting ontstaat de alcohol in bier of wijn. Bij de bereiding van brood is er ook sprake van alcoholgisting. Hierbij ontstaat ook alcohol, maar die verdampst door de hoge temperatuur bij het bakken. Het brood rijst door het koolstofdioxide dat bij deze gisting ontstaat.

In een zuurstofarme omgeving breken **melkzuurbacteriën** glucose af tot melkzuur. Deze anaerobe dissimilatie wordt **melkzuurgisting** genoemd. Door melkzuurgisting wordt melk zuur en met behulp van melkzuurgisting worden kaas, yoghurt en zuurkool geproduceerd. Ook bij veel dieren (en bij mensen) kan door anaerobe

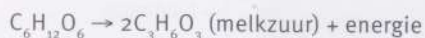
▼ Afb. 11 Wijnbereiding.



- **Afb. 12** Bij de sprint moet in korte tijd veel energie worden omgezet.



dissimilatie melkzuur ontstaan, vooral in de spieren. Dit gebeurt als in korte tijd veel energie nodig is, bijvoorbeeld bij explosieve sporten (zie afbeelding 12). In de spieren is dan onvoldoende zuurstof aanwezig voor aerobe dissimilatie (verbranding). Vooral glucose wordt dan afgebroken tot melkzuur. Per glucose-molecuul komt dan slechts weinig energie beschikbaar, dus is het nodig in korte tijd veel glucose te dissimileren. In de spieren ontstaat daardoor een ophoping van melkzuur en dat veroorzaakt een vermoeid gevoel ('verzuurde spieren') zoals Marianne Vos beschreef in het begin van dit thema. Na afloop van de inspanning wordt het gevormde melkzuur afgevoerd naar de lever. Daar wordt het met behulp van zuurstof en ATP weer omgezet in glucose. Bij de melkzuurgisting ontstaat geen koolstofdioxide. De reactievergelijking van de melkzuurgisting is:



DISSIMILATIE VAN VETTEN EN EIWITTEN

In organismen wordt niet alleen glucose gedissimileerd. Ook andere koolhydraten, vetten en eiwitten worden gedissimileerd. Bij de aerobe dissimilatie van **vetten** komt per gram meer energie vrij dan bij de aerobe dissimilatie van koolhydraten of eiwitten. **Eiwitten** worden bij de dissimilatie eerst gesplitst in aminozuren. Deze kunnen verder worden gedissimileerd. Hierbij ontstaat **ammoniak**, een afbraakproduct dat stikstof bevat. Bij de mens wordt ammoniak omgezet in **ureum**. Bij sommige dieren wordt ammoniak omgezet in **urinezuur**. Ammoniak, ureum en urinezuur zijn schadelijke stoffen. Ze worden met de urine uitgescheiden.

EVOLUTIE

- ▼ **Afb. 13** Kleurrijke extremofiele micro-organismen in een natuurlijke geiser.



Na het ontstaan van de aarde was er vrijwel geen zuurstof in de atmosfeer. De oudste micro-organismen benutten waarschijnlijk aminozuren en koolhydraten uit de niet-levende natuur als 'voedsel'. Ze waren heterotroof en anaeroob. Fossiele lagen van dergelijke eencelligen zijn aangetroffen in Australische rotsformaties van 3,5 miljard jaar oud. Sommige soorten kunnen overleven in kokend water of in water met zeer hoge zoutconcentraties (zie afbeelding 13). Deze extremofielen hebben geen licht of zuurstof nodig om te kunnen overleven.

De afhankelijkheid van organische stoffen uit de niet-levende natuur beperkte de ontwikkeling van leven. Door het ontstaan van autotrofe organismen kwam er meer organische stof en zuurstof beschikbaar voor de toename van biomassa. Cyanobacteriën (blauwalg) en planten kunnen met behulp

van de energie uit licht, koolstofdioxide en water omzetten in glucose en zuurstof. Anaerobe micro-organismen kunnen ook voorkomen in de zuurstofarme inhoud van de darmen van dieren en mensen. Deze micro-organismen produceren methaan-gas. In de gassen uit het darmkanaal van koeien dat door boeren en scheten naar buiten komt, zit bijvoorbeeld zoveel van het broeikasgas methaan dat het invloed zou kunnen hebben op het klimaat. Methaan (aardgas) uit koeienmest kan worden gebruikt als brandstof (biogas).

opdracht 9**Neem het schema over en vul het in.**

Gebruik daarbij:

- bij 1: *gisting – verbranding*;
- bij 2: *met zuurstof – zonder zuurstof*;
- bij 3: *veel energie – weinig energie*;
- bij 4: *veel energie – weinig energie*;
- bij 5: *twee of geen moleculen CO₂ – zes moleculen CO₂*.

	Aerobe dissimilatie van glucose	Anaerobe dissimilatie van glucose
1 Dit proces heet ook wel:		
2 Dit proces vindt plaats:		
3 Dit proces levert:		
4 De eindproducten bevatten:		
5 Per glucosemolecuul ontstaan:		

opdracht 10**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat zijn de eindproducten bij de alcoholgisting? En wat bij de melkzuurgisting?
- 2 Noem drie voedingsmiddelen waarbij tijdens de bereiding alcoholgisting plaatsvindt.
- 3 Noem drie voedingsmiddelen waarbij tijdens de bereiding melkzuurgisting plaatsvindt.
- 4 Leg uit dat gist nodig is om deeg te laten rijzen.
- 5 Bij de productie van wijn stopt de alcoholgisting wanneer een alcoholpercentage van ongeveer 14% is bereikt. Waardoor stopt de gisting dan?
- 6 Melk begint doorgaans onder in een fles zuur te worden. Waardoor begint dit proces onder in de fles?
- 7 Onder welke omstandigheden vindt anaerobe dissimilatie van glucose plaats in spieren van een mens?
- 8 In het lichaam van de mens kan een hoeveelheid chemische energie als reservevoorraad worden opgeslagen in moleculen van organische stoffen. In welke stoffen kan, per gram, de meeste energie worden opgeslagen: in koolhydraten of in vetten?
- 9 Welke schadelijke stoffen kunnen ontstaan na dissimilatie van eiwitten?
- 10 Tot welk domein horen de 'extremofielen' die in afbeelding 13 in heetwaterbronnen overleven?
- 11 Noem twee feiten waaruit blijkt dat in de bacteriën in de maag van koeien anaerobe dissimilatie plaatsvindt.

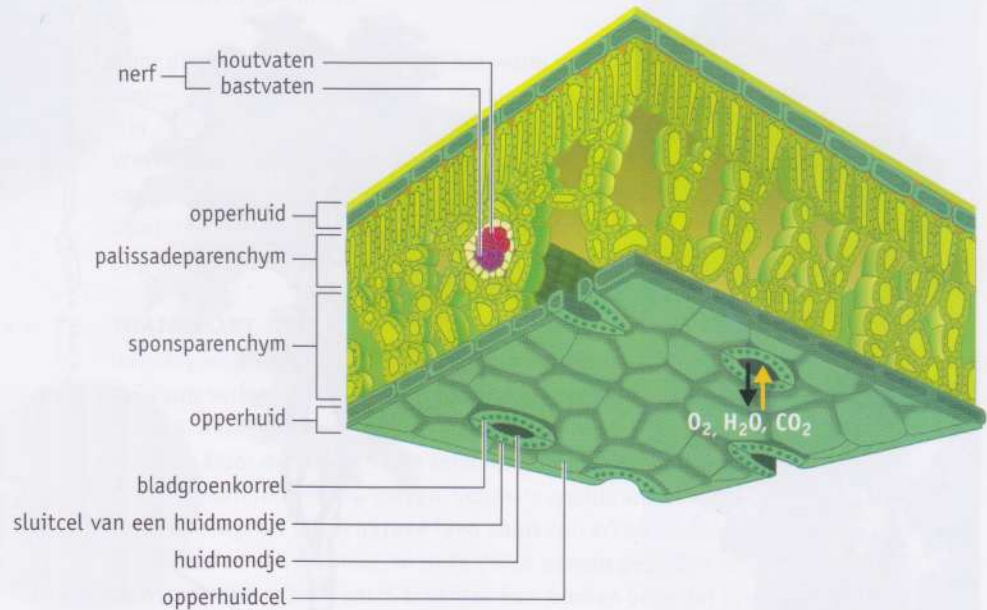
4

Stofwisseling in planten

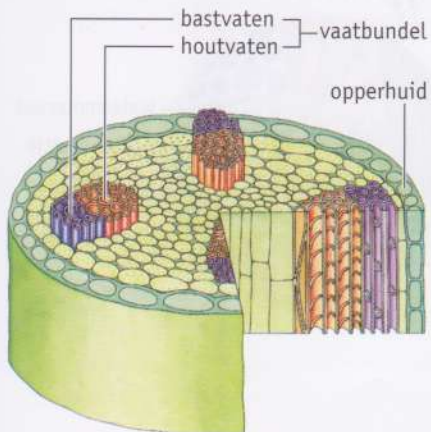
Glucose die wordt gebruikt bij dissimilatie, is vaak gevormd bij de fotosynthese. Fotosynthese vindt bij planten vooral plaats in de bladeren. Daarbij kan koolstofdioxide uit de lucht worden opgenomen en wordt zuurstof afgegeven. In de bladeren vindt ook aerobe dissimilatie van glucose plaats. Hierbij wordt zuurstof gebruikt en worden koolstofdioxide en water geproduceerd.

Via **huidmondjes** en **luchtholten** worden zuurstof en koolstofdioxide door diffusie uitgewisseld tussen de bladcellen en de langs het blad stromende lucht. In afbeelding 14 is een doorsnede van een blad van een plant schematisch getekend. Bij de meeste planten zitten de huidmondjes vooral aan de onderkant van de bladeren. Een huidmondje is omgeven door twee **sluitcellen**. Deze kunnen het huidmondje openen of sluiten. 's Nachts zijn vrijwel alle huidmondjes gesloten. Fotosynthese kan alleen plaatsvinden in plantendelen die in het licht staan.

► **Afb. 14** Doorsnede van een blad (schematisch).



▼ **Afb. 15** Stengel met vaatbundels (schematisch).



De producten van de fotosynthese (en van de voortgezette assimilatie) moeten ook terechtkomen in andere plantendelen, zoals de wortels. In thema 2 Cellen in deel 4 is behandeld dat het transport van stoffen tussen cellen en hun omgeving kan plaatsvinden door **diffusie**, **osmose** en **actief transport**. Op deze manieren kunnen stoffen echter alleen snel worden vervoerd over kleine afstanden, bijvoorbeeld tussen cellen die dicht bij elkaar liggen. Over grote afstanden (bijvoorbeeld tussen wortels en bladeren) vindt het transport van stoffen vooral plaats door **stroming**. Dit transport vindt plaats via vaten. Vaten lopen van de wortels, via de stengels naar de bladeren en bloemen. Bij kruidachtige planten liggen de vaten in de stengels gegroepeerd in **vaatbundels**. In bladeren liggen de vaten in **nerven**. Een vaatbundel bestaat uit houtvaten en bastvaten (zie afbeelding 15). Via **houtvaten** worden vooral water en mineralen vanuit de wortels, via de stengels naar de bladeren vervoerd. We noemen dit de anorganische sapstroom. **Bastvaten** vervoeren water en **assimilatieproducten** van de bladeren naar alle delen van de plant. Dit wordt de organische sapstroom genoemd.

TRANSPORT DOOR HOUTVATEN

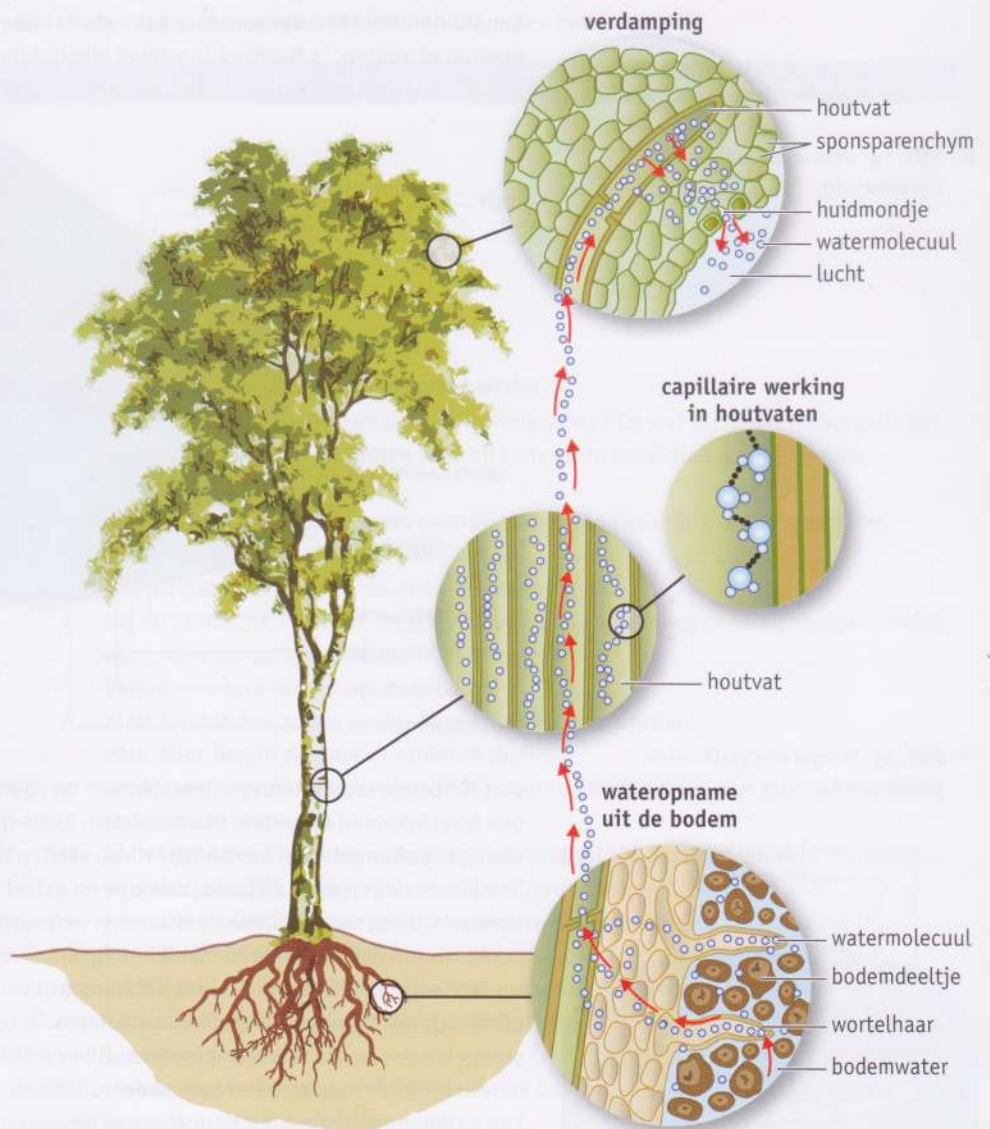
Vooral in de cellen van bladeren vindt fotosynthese plaats. Hiervoor wordt onder andere water gebruikt. Voor de productie van eiwitten in bladcellen gebruikt de plantencel bovendien nitraationen. De wortels nemen water met opgeloste stoffen op uit de bodem. Het transport van water met opgeloste stoffen, naar andere plantendelen vindt plaats via de houtvaten. Dit transport is voornamelijk het gevolg van **verdamping** van water uit de bladeren en van **capillaire werking**.

Uit de celwanden van de bladcellen verdamt water naar de intercellulaire ruimten tussen de cellen. Dit kan een grote opwaartse kracht opleveren. In het Redwood National Park in California staat voor zover bekend de hoogste boom op aarde met de naam 'Hyperion' (*Sequoia sempervirens*) met een lengte van 115,72 m. Water moet vanuit de wortels tot aan de top worden getransporteerd (zie afbeelding 16).

▼ Afb. 16 Anorganische sapstroom in een boom.

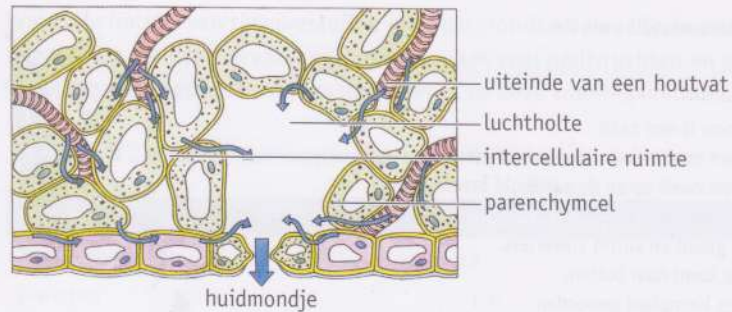


1 exemplaar van de soort *Sequoia sempervirens* ('Redwood tree')

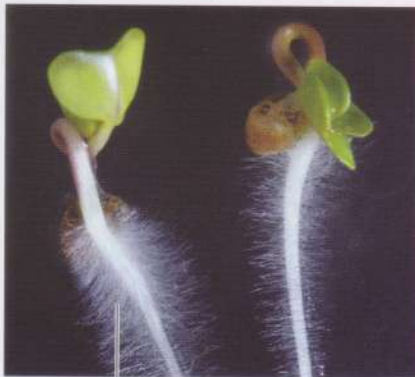


2 transport door houtvaten

- **Afb. 17** Verdamping uit een deel van een blad (schematisch).



- ▼ **Afb. 18** Kiemplantjes met wortelharen.



wortelharen

In de nerven van de bladeren vertakken de houtvaten zich. De fijne vertakkingen eindigen tussen de bladcellen (zie afbeelding 17). Als de huidmondjes van de bladeren open staan, zal waterdamp uit de bladeren naar de lucht verdwijnen. Vanuit de celwanden kan dan weer water verdampen. Dit water wordt aangevuld vanuit de fijne vertakkingen van de houtvaten. Hierdoor raken de celwanden in de bladeren verzadigd met het vocht dat de wortels uit de bodem hebben opgenomen. Vanuit deze celwanden worden water en onder andere nitraten door de bladcellen opgenomen.

Door de capillaire werking wordt het water in de houtvaten als een soort 'draad' omhooggetrokken. De capillaire werking is mogelijk doordat de houtvaten nauw zijn.

Worteldruk kan een bijdrage leveren aan de opwaartse kracht van de anorganische sapstroom. Het ontstaat doordat de plant actief mineralen opneemt, waardoor de osmotische waarde in de houtvaten hoger is dan die in het bodemvocht dat wordt opgenomen via de wortelharen (zie afbeelding 18).

TRANSPORT DOOR BASTVATEN

Overdag wordt er in een plant meestal meer glucose gevormd dan er bij dissimilatie wordt verbruikt. Het overschot aan glucose wordt gebruikt voor de vorming van zetmeel dat tijdelijk wordt opgeslagen in de bladcellen. Zetmeel is slecht oplosbaar in water. Door de omzetting in zetmeel wordt voorkomen dat de osmotische waarde van de cellen te veel zou stijgen. Vooral 's nachts wordt het tijdelijk opgeslagen zetmeel omgezet in **sacharose** (een soort suiker) en via bastvaten afgevoerd naar andere delen van de plant. In deze delen nemen de cellen actief sacharose op uit de organische sapstroom. Sacharose kan worden omgezet in glucose en dat kan worden verbruikt bij de dissimilatie. Sacharose kan ook worden omgezet in andere stoffen. Een deel van deze stoffen wordt opgeslagen als reservestoffen.

OPSLAG VAN ASSIMILATIEPRODUCTEN

In elke plantaardige cel wordt een kleine hoeveelheid assimilatieproducten opgeslagen als reservestoffen. Grote hoeveelheden reservestoffen worden opgeslagen in de cellen van **verdikte delen**. Deze verdikte delen bevinden zich vaak onder de grond. Bij alle planten worden ook in de **zaden** veel reservestoffen opgeslagen. Bij een aantal planten sterven de bovengrondse delen in de herfst af en overwinteren alleen de ondergrondse delen. De zaden ontwikkelen zich in de volwassen fase van de levenscyclus van de plant (zie afbeelding 19). Na de kieming van de zaden ontstaat de kiemplant die zich ontwikkelt tot het volwassen stadium. In deel 4 is behandeld dat **zetmeel** wordt opgeslagen in zetmeelkorrels. De cellen van aardappelknollen en de zaden van granen bevatten veel zetmeelkorrels. **Glucose, fructose** en **sacharose** zitten vooral in het vacuolevocht. Glucose en fructose worden vooral in vruchten opgeslagen; sacharose wordt bijvoorbeeld in de

▼ **Afb. 19** De levenscyclus van de bruine boon.

- 1 Een bruine boon is een zaad.
- 2 De bruine boon neemt door het poortje water op. De bruine boon zwelt op en de zaadhuid breekt open.
- 3 Het worteltje komt naar buiten.
- 4 Het worteltje groeit en vormt zijwortels. Het stengeltje komt naar buiten. De kiem is een kiemplant geworden.
- 5 De kiemplant groeit. Hierbij wordt het reservevoedsel uit de zaadlobben verbruikt.
- 6 De kiemplant krijgt meer bladeren. Het reservevoedsel raakt op. De zaadlobben verschrompelen en zullen even later afvallen.
- 7 De kiemplant is een volwassen boonplant geworden.
- 8 Aan de boonplant komen bloemen. In de bloemen ontwikkelen zich zaden.
- 9 De zaden zitten in vruchten. De vruchten gaan open en de zaden vallen op de grond.



▼ **Afb. 20** Een ruim aanbod van plantendelen vol voedingsstoffen.



stengels en wortels van suikerriet opgeslagen. **Vetten** zijn opgeslagen als druppels in het cytoplasma, bijvoorbeeld in de zaden van zonnebloem, koolzaad, vlas en aardnoot (pinda). **Eiwitten** kunnen zijn opgelost in het vacuolevocht of in het cytoplasma voorkomen. De zaden van peulvruchten (bijvoorbeeld erwt en boon) en van granen bevatten veel eiwitten. Plantenorganen met reservestoffen zijn voor ons belangrijke voedingsmiddelen (zie afbeelding 20).

opdracht 11

▼ **Afb. 21** Een bladluise scheidt een druppel honigdauw uit.



Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Een leerling wil aantonen dat in bladeren zetmeel is opgeslagen. Op welk moment van de dag kan zij het beste een blad plukken: 's morgens vroeg of laat in de middag? Leg je antwoord uit.
- 2 Leg uit dat opslag van glucose in bladcellen een andere osmotische waarde tot gevolg heeft dan opslag van zetmeel.
- 3 Bevatten opperhuidcellen chloroplasten? En bevatten de sluitcellen van huidmondjes chloroplasten?
- 4 In tabel 1 kun je de samenstelling van het sap in bastvaten zien. Welk percentage van de opgeloste stoffen in dit sap bestaat uit sacharose?
- 5 Bladluizen zuigen suikerrijk vocht uit bladeren (zie afbeelding 21). Bladluizen zitten vooral aan de onderzijde van bladeren tegen de nerven en op stengels. Leg uit dat bladluizen meer op de onderkant dan op de bovenkant van bladeren zitten.
- 6 Bladluizen zuigen meer sap uit de bastvaten op dan ze nodig hebben voor hun suikervoorziening. Ze persen via de anale opening vocht met overtollig suiker weg. Het afscheiden van dit vocht (honingdauw) hangt samen met de eiwitvoorziening van de bladluizen. Leg dat uit met behulp van tabel 1.

- 7 Wat is de functie van reservestoffen in ondergrondse delen? En in zaden?
- 8 Vegetariërs eten ter vervanging van vlees vaak veel peulvruchten en granen. Vanwege welke groep voedingsstoffen eten zij deze voedingsmiddelen vooral?

▼ **Tabel 1** Gemiddelde samenstelling van het sap uit bastvaten.

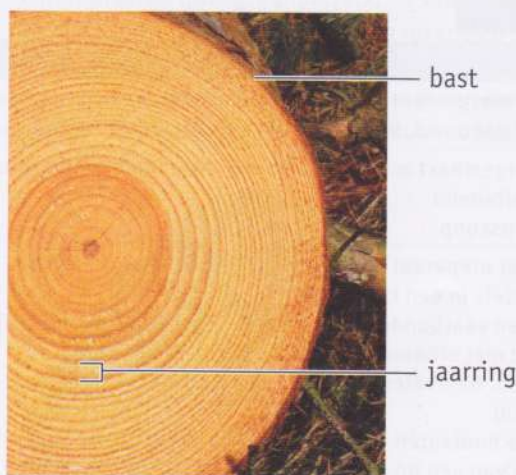
Stoffen	Concentratie (g/L)
Sacharose	93
Eiwitten	1,8
Aminozuren	5,2
Kalium	3,3
Chloride	0,5
Fosfaat	0,4
Natrium	0,2
Sulfaat	0,04
Calcium	0,05
ATP	0,3
Plantenhormonen	0,0002
Totaal aan droge stof	110

opdracht 12

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij de volgende informatie.

Bij bomen en struiken zitten de houtvaten in het midden van de stam en de takken. De bastvaten zitten meer aan de buitenkant (zie afbeelding 22). Bij een ringwondproef wordt bij een takje van een boom een stukje rondom weggesneden, tot aan het hout (zie afbeelding 23).

▼ **Afb. 22** Stam van een boom.



▼ **Afb. 23** Ringwondproef.



- 1 Zijn bij dit takje de houtvaten nog intact? En de bastvaten?
- 2 Heeft de ringwond gevolg voor het transport van assimilatieproducten? Leg je antwoord uit.
- 3 Kunnen uit de bodem opgenomen water en ionen blad P bereiken? Leg je antwoord uit.

- 4 Fruittelers maken soms ringwonden in takken van fruitbomen. Dit veroorzaakt grotere vruchten. Leg dat uit.
- 5 Iemand heeft een ringwond slordig aangebracht. Als gevolg hiervan is bij een deel van de houtvaten een snee in de wand ontstaan. Hierdoor kan buitenlucht in de houtvaten terechtkomen.
Welke gevolgen zal dit hebben voor de sapstroom door deze houtvaten? Leg je antwoord uit en betrek daarbij de cohesiekrachten tussen de watermoleculen in de houtvaten.

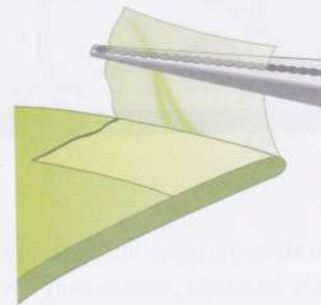
opdracht 13

PRACTICUM

HUIDMONDJES

Inleiding	Via de huidmondjes kan een blad gassen uitwisselen met de omgeving. Onder ongunstige omstandigheden kunnen de huidmondjes worden gesloten door middel van de sluitcellen.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - een blad, bijvoorbeeld van prei, een tulp, liguster of Chinese roos (of de stengel van een boonplant) - een microscoop - prepareermateriaal
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Maak een preparaat van een vliesje van een blad (zie afbeelding 24). Een afdruk van de opperhuid met huidmondjes kun je ook verkrijgen door een stukje plakband stevig op (de onderzijde van) een blad te drukken. Plak vervolgens de opperhuid met het plakband op een objectglas. - Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100× en zoek een huidmondje op. - Bekijk het huidmondje bij een vergroting van 400×. Maak een tekening van één huidmondje met de aangrenzende cellen.

▼ Afb. 24 De opperhuid van de onderkant van een blad prepareren.



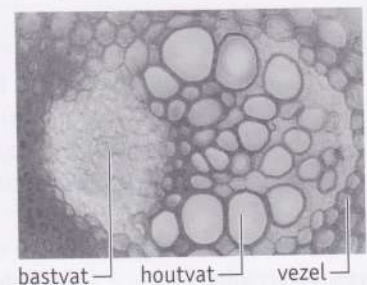
opdracht 14

PRACTICUM

HOETVATEN EN BASTVATEN

Inleiding	Transport in een plant vindt plaats door houtvaten en bastvaten. Houtvaten en bastvaten zijn verschillend gebouwd. Bastvaten liggen aan de buitenzijde van de stengel.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - een klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van een stengel (bijvoorbeeld van een boterbloem) - een microscoop
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Bekijk het preparaat bij een vergroting van 40×. Je ziet de vaatbundels in een kring liggen. - Bekijk een vaatbundel bij een vergroting van 100×. Vergelijk dit beeld met afbeelding 25. In de vaatbundel zie je houtvaten, bastvaten en vezels liggen. Vezels zorgen voor stevigheid. - Bekijk de houtvaten bij een vergroting van 400×. Maak een tekening van een houtvat met enkele aangrenzende cellen. Let op de dikte van de celwanden. - Bekijk de bastvaten bij een vergroting van 400×. Maak ook een tekening van een bastvat met enkele aangrenzende cellen. Let weer op de dikte van de celwanden.

▼ Afb. 25 Vaatbundel (microscopische foto).



5 Koolstofassimilatie

Om haar sportprestaties te kunnen leveren, heeft Marianne Vos veel energie nodig. Die energie wordt geleverd door de verbranding van glucose in haar spieren. De glucose die Marianne via haar voeding inneemt, is afkomstig van planten. Planten zijn autotrofe organismen en nemen anorganische stoffen uit hun milieu op. Twee van deze anorganische stoffen zijn koolstofdioxide en water. Uit deze twee stoffen wordt de organische stof glucose gevormd. Bij dit proces ontstaat zuurstof. We noemen dit proces **koolstofassimilatie**. **Koolstofassimilatie is de vorming van glucose en zuurstof uit koolstofdioxide en water.** Bij de assimilatie van een stof is energie nodig. We kunnen de koolstofassimilatie als volgt weergeven:

koolstofdioxide + water + energie → glucose + zuurstof

Scheikundig kunnen we dit proces weergeven met een reactievergelijking:

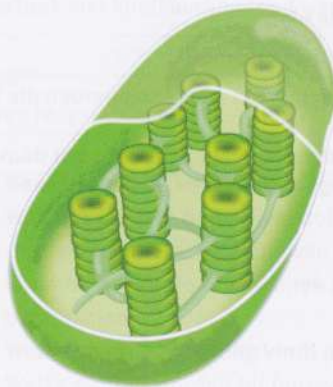


Links van de pijl staan de stoffen die bij de reactie worden verbruikt. Rechts van de pijl staan de stoffen die worden gevormd. Koolstofassimilatie komt alleen voor bij autotrofe organismen. De energie die wordt gebruikt voor koolstofassimilatie is meestal afkomstig van licht. We spreken dan van **fotosynthese**. Bij bacteriën komen ook andere vormen van koolstofassimilatie voor.

FOTOSYNTHESE

Fotosynthese komt voor bij planten en cyanobacteriën. Ze zijn **foto-autotroof**. Deze organismen hebben **chlorofyl**. Daarmee zijn ze in staat om de energie uit licht om te zetten in de chemische energie van glucose. Bij planten zit het chlorofyl in **chloroplasten (bladgroenkorrels)**, zie afbeelding 26). Behalve chlorofyl bevatten chloroplasten ook enzymen die een rol spelen bij de fotosynthese. De glucose die bij de fotosynthese ontstaat, wordt in bladeren van planten vrijwel onmiddellijk omgezet in zetmeel. Zetmeel kun je met een joodoplossing aantonen. Als je een joodoplossing bij zetmeel doet, ontstaat er blauwkleuring.

► **Afb. 26** Een chloroplast (bladgroenkorrel).



opdracht 15

PRACTICUM

FOTOSYNTHESE IN EEN BONT BLAD

Inleiding	In dit practicum onderzoek je de invloed van bladgroen en licht op de vorming van zetmeel. Je gebruikt een bont blad van bijvoorbeeld een siernetel (<i>Coleus</i>).
Probleemstelling	Wat zijn de beperkende factoren voor fotosynthese?
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - een plant met bont blad waarvan de bladeren gedeeltelijk zijn afgedekt met aluminiumfolie en die achtereenvolgens 24 uur in het donker en 24 uur in het licht heeft gestaan - bekers van 500 mL en van 100 mL - spiritus of ethanol - pincet - brander, kookplaatje of heetwaterbad (100 °C) - petrischaaltjes - joodoplossing
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Pluk een gedeeltelijk afgedekt blad van de plant (zie afbeelding 27). Maak een tekening van dit blad. Breng ondertussen 250 mL water in het bekersglas van 500 mL aan de kook. - Verwijder het aluminiumfolie van het blad. Dompel het blad een halve minuut in het kokende water. Het blad verliest dan zijn stevigheid. Doe de brander uit (veiligheid!). - Vul het bekersglas van 100 mL met 25 mL ethanol of spiritus. - Haal met het pincet het blad uit het water. Doe het blad in het kleine bekersglas met ethanol (zie afbeelding 28). - Plaats het kleine bekersglas in het grote bekersglas. Het water in het grote bekersglas is nog heet genoeg om de ethanol of spiritus aan de kook te brengen. Houd je hoofd niet boven de ethanol! - Haal na enkele minuten het blad uit de ethanol. Het blad moet nu ontkleurd zijn. - Spreid het blad uit op de petrischaal. Druppel voorzichtig joodoplossing over het hele blad.
Resultaten	Maak een tekening van het blad na de proef.
Conclusie	<ul style="list-style-type: none"> - Vergelijk de delen met bladgroen en zonder bladgroen die in het licht zijn geweest. Noteer je conclusie. - Vergelijk de delen met bladgroen in het licht en in het donker. Noteer je conclusie.

▼ Afb. 27 Siernetelplant met gedeeltelijk afgedekte bladeren.



▼ Afb. 28



opdracht 16

PRACTICUM

DE INVLOED VAN LICHT, TEMPERATUUR EN KOOLSTOFDIOXIDECONCENTRATIE OP DE INTENSITEIT VAN DE FOTOSYNTHESE

Inleiding

In afbeelding 29 is een proefopstelling weergegeven waarmee fotosynthese kan worden onderzocht. Als de opstelling in het licht wordt geplaatst, ontstaan er gasbubbelletjes. Deze worden in de reageerbuis opgevangen. Het doel van dit practicum is om de invloed van verschillende factoren op de intensiteit van de fotosynthese te leren kennen.

▼ Afb. 29



Probleemstelling

Wat is de invloed van licht, temperatuur en de koolstofdioxideconcentratie op de intensiteit van de fotosynthese?

Materiaal

- een takje waterpest, 5 cm lang
- bekeerglas van 250 mL
- reageerbuis
- felle lamp
- thermometer
- 150 mL water op kamertemperatuur
- 150 mL water met een temperatuur van 40 °C
- 150 mL koolzuurhoudend water op kamertemperatuur

Methode

- Vul het bekeerglas met 150 mL water op kamertemperatuur. Schuif het takje waterpest in de reageerbuis. Vul de reageerbuis met water en plaats deze ondersteboven in het bekeerglas (zie afbeelding 29). Let erop dat er boven in de reageerbuis geen lucht achterblijft. Zorg voor voldoende licht.
- Noteer het aantal gasbubbelletjes dat in een minuut opstijgt van de waterpest.
- Schijn met de lamp van korte afstand op de waterpest en tel opnieuw het aantal gasbellen.
- Herhaal het onderzoek met warm water. Meet de watertemperatuur en noteer het aantal gasbellen per minuut.
- Herhaal het onderzoek met koolzuurhoudend water. Noteer het aantal gevormde gasbellen per minuut.

Resultaten

Noteer je waarnemingen.

Conclusie

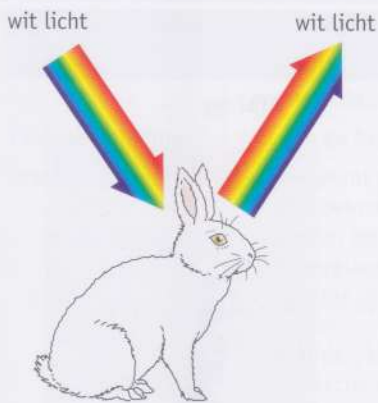
Formuleer op basis van je resultaten een conclusie.

opdracht 17

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat verstaan we onder koolstofassimilatie?
- 2 Geef de reactievergelijking van de koolstofassimilatie.
- 3 Komt bij autotrofe organismen koolstofassimilatie voor? En bij heterotrofe organismen?
- 4 Welke energieomzetting vindt plaats bij fotosynthese?
- 5 Welke stoffen worden bij fotosynthese verbruikt?
- 6 Welke stoffen worden bij fotosynthese gevormd?
- 7 Waar bevinden zich in een plant de enzymen voor fotosynthese?

▼ **Afb. 30** Absorptie en terugkaatsing van licht.



1 bij een wit konijn worden alle golflengten teruggekaatsd



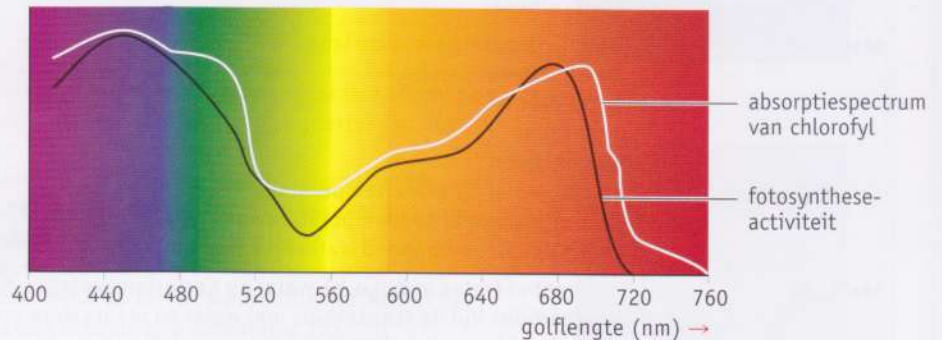
2 bij een groen blad reflecteert bladgroen alleen de groene kleur

LICHT

Bij fotosynthese wordt (zon)licht als energiebron gebruikt voor de vorming van glucose (fotos = licht). Zonlicht of wit licht is een mengsel van alle kleuren licht (zie afbeelding 30.1). Elke kleur heeft een bepaalde **golflengte**. Alle kleuren samen vormen het **spectrum**. Als zonlicht op een groen blad valt, wordt vooral het groene gedeelte van het spectrum teruggekaatsd. Daarom hebben planten voor ons een groene kleur (zie afbeelding 30.2). De andere kleuren uit het zonlicht worden door bladgroen **geabsorbeerd** (opgenomen). De energie van dit geabsorbeerde licht wordt tijdelijk vastgelegd in ATP-moleculen. Daarna kan deze energie worden benut bij de vorming van glucosemoleculen. **Bij fotosynthese wordt lichtenergie omgezet in chemische energie en opgeslagen in glucosemoleculen.**

Bij de fotosynthese wordt van elke kleur licht een bepaald percentage lichtenergie geabsorbeerd. Deze percentages kunnen in een grafiek of diagram worden uitgezet. Het **absorptiespectrum** van een stof geeft aan in welke mate verschillende kleuren licht door die stof worden geabsorbeerd. Uit het absorptiespectrum van bladgroen (zie afbeelding 31) is af te lezen dat bladgroen weinig groengeel licht absorbeert. Bij de fotosynthese wordt van groengeel licht niet veel lichtenergie omgezet in chemische energie.

▼ **Afb. 31** Absorptiespectrum van chlorofyl.



opdracht 18

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij afbeelding 31.

- 1 Welke kleuren licht worden door bladgroen het meest geabsorbeerd?
- 2 Welke kleuren licht worden door bladgroen het meest teruggekaatsd?
- 3 Bij welke kleuren licht vindt in een plant de meeste fotosyntheseactiviteit plaats?
- 4 Van welke kleuren licht wordt bij fotosynthese het kleinste percentage lichtenergie omgezet in chemische energie?
- 5 Bij welke kleuren licht produceert een plant de grootste hoeveelheid zuurstof?

Drie potten bevatten water en een tak waterpest.

Pot 1 staat onder een sterke oranje lamp.

Pot 2 staat onder een sterke violette lamp.

Pot 3 staat onder een sterke groene lamp.

- 6 In welke pot vindt de meeste fotosyntheseactiviteit plaats? Leg je antwoord uit.
- 7 In welke pot verbruikt de tak waterpest de kleinste hoeveelheid koolstofdioxide?
- 8 In welke pot zullen de meeste gasbelletjes verschijnen? Leg je antwoord uit.

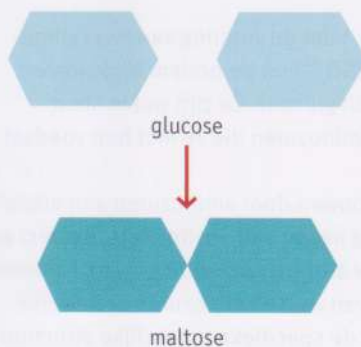
6 Voortgezette assimilatie

De glucose die bij de koolstofassimilatie is gevormd, dient als grondstof voor de vorming van de meeste andere organische stoffen die in planten (en in andere autotrofe organismen) voorkomen. De vorming van deze andere organische stoffen uit glucose wordt **voortgezette assimilatie** genoemd. Bij de voortgezette assimilatie in autotrofe organismen kunnen uit glucose onder andere koolhydraten, vetten en eiwitten worden gevormd. Bij de voortgezette assimilatie in heterotrofe organismen kunnen uit glucose alleen koolhydraten en vetten worden gevormd. Voor de voortgezette assimilatie wordt energie gebruikt. Deze energie komt meestal beschikbaar door middel van dissimilatie.

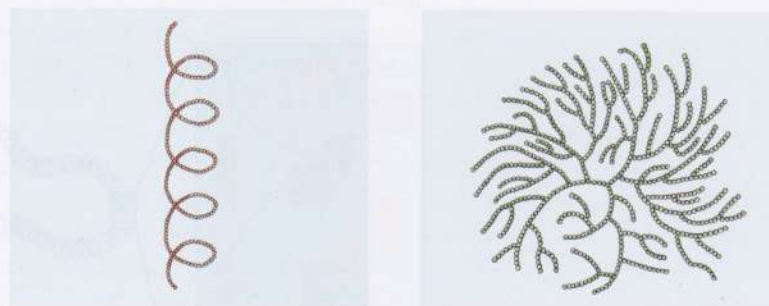
KOOLHYDRATEN

De moleculen van koolhydraten zijn opgebouwd uit koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen. Ze kunnen sterk in grootte verschillen. De kleinste koolhydraatmoleculen zijn de **monosachariden** (enkelvoudige suikers). Glucose (druiven-suiker) en fructose (vruchtensuiker) zijn voorbeelden van monosachariden. Desoxyribose (een bestanddeel van DNA) is ook een monosacharide. Twee moleculen van monosachariden kunnen zich met elkaar verbinden tot een **disacharide** (zie afbeelding 32). Twee glucosemoleculen bijvoorbeeld kunnen samen één maltosemolecuul (moutsuiker) vormen. Andere disachariden zijn lactose (melksuiker) en sacharose (riet- of bietsuiker). Moleculen van monosachariden kunnen ook in grote aantallen aan elkaar worden gekoppeld tot lange ketens. Op deze manier ontstaan moleculen van **polysachariden** (meervoudige suikers). In plantaardige cellen kunnen op deze manier zetmeelmoleculen worden gevormd (zie afbeelding 33.1). In opdracht 15 heb je gezien dat in de bladeren van planten glucose wordt omgezet in zetmeel. In deel 4 is behandeld dat zetmeel als reservestof wordt opgeslagen in zetmeelkorrels. Zetmeel is slecht oplosbaar in water. Andere polysachariden die uit glucose kunnen worden gevormd, zijn glycogeen (zie afbeelding 33.2) en cellulose. Glycogeen kan in dierlijke cellen worden gevormd en als reservestof in de lever en in spieren worden opgeslagen. Cellulose kan door plantaardige cellen worden gevormd. De celwanden van planten bestaan voor het grootste deel uit cellulose.

- ▼ **Afb. 32** De vorming van een maltosemolecuul uit twee glucosemoleculen (schematisch).



- **Afb. 33** Moleculen van polysachariden.



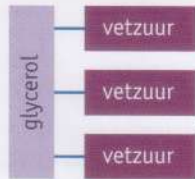
1 zetmeel

2 glycogeen

VETTEN

De moleculen van vetten zijn opgebouwd uit koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen. Vetten worden ook wel **lipiden** genoemd. Er zijn verschillende soorten vetten, zoals cholesterol en olijfolie. Een algemeen kenmerk van vetten is dat ze niet mengen

- ▼ **Afb. 34** Een triglycerolmolecuul (schematisch).

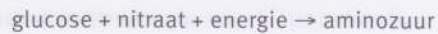


met water. Veelvoorkomende vetten zijn triglycerolen. Een triglycerolmolecuul bestaat uit een glycerolmolecuul en drie vetzuurmoleculen (zie afbeelding 34). Vetmoleculen bevatten atomen van dezelfde elementen als glucosemoleculen. Alle organismen kunnen dan ook glucose omzetten in vetten. Bij mensen en bij warmbloedige dieren worden vetten opgeslagen in het onderhuidse bindweefsel. Ze worden gebruikt als reservestof en hebben een warmte-isolerende functie.

EIWITTEN

Eiwitten worden ook wel **proteïnen** genoemd. In deel 4 is behandeld dat een eiwitmolecuul uit een groot aantal aan elkaar gekoppelde **aminozuren** bestaat. In organismen komen twintig verschillende aminozuren voor.

Een aminozuur heeft niet alleen koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen, maar ook een of meer stikstofatomen. Sommige aminozuren hebben ook zwavelatomen. Aminozuren kunnen dan ook niet uit glucose alleen worden gevormd. Planten zijn in staat aminozuren op te bouwen uit glucose en stikstofhoudende verbindingen, zoals nitraationen (NO_3^-):



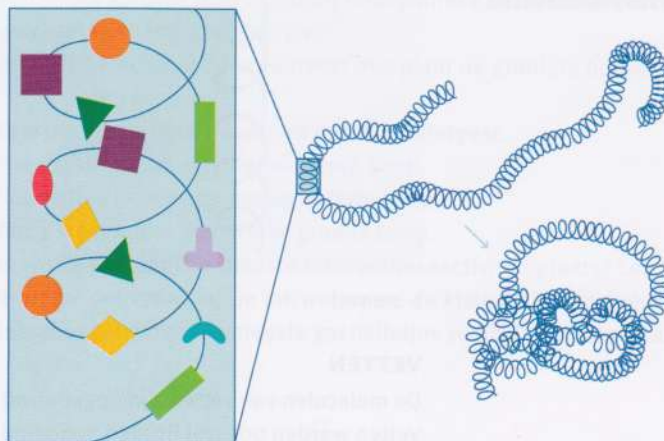
Planten nemen nitraationen op uit de bodem. Voor de vorming van zwavelhoudende aminozuren worden ook sulfaationen (SO_4^{2-}) uit de bodem opgenomen. Dieren kunnen geen aminozuren opbouwen uit glucose. Ze zijn wel in staat bepaalde aminozuren te vormen uit andere aminozuren die ze met hun voedsel binnenkrijgen.

Alle organismen kunnen eiwitmoleculen opbouwen door aminozuren aan elkaar te koppelen (zie afbeelding 35.1). Bij de vorming neemt een eiwitmolecuul direct een ingewikkelde, specifieke ruimtelijke structuur aan (zie afbeelding 35.2). De vorm van deze ruimtelijke structuur is afhankelijk van welke aminozuren er in welke volgorde aan elkaar worden gekoppeld. Door de specifieke ruimtelijke structuur kunnen verschillende eiwitten heel verschillende functies hebben, bijvoorbeeld als enzymen, als bouwstoffen in het cytoplasma of als transportenzymen in membranen.

- **Afb. 35** Bouw van een eiwitmolecuul (schematisch).



1 een eiwitmolecuul ontstaat doordat aminozuren aan elkaar worden gekoppeld



2 een eiwitmolecuul neemt een specifieke ruimtelijke structuur aan

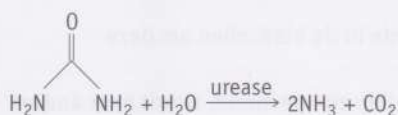
opdracht 19

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat verstaan we onder voortgezette assimilatie?
- 2 Hoe verkrijgen organismen de benodigde energie voor de voortgezette assimilatie?
- 3 Noem drie monosachariden, drie disachariden en drie polysachariden.
- 4 Welke elementen komen voor in koolhydraatmoleculen?
- 5 Wat is het verschil in ruimtelijke vorm tussen een zetmeelmolecuul en een glycogeenmolecuul?
- 6 In bladcellen wordt de glucose die bij fotosynthese is gevormd omgezet in zetmeel.
Wat zou het effect zijn op de osmotische waarde in de bladcellen als deze omzetting niet zou plaatsvinden?
- 7 Een deel van de koolhydraten die in de bladcellen zijn gevormd, wordt naar andere delen van de plant vervoerd. Voor het vervoer moet het zetmeel eerst worden omgezet in sacharose.
Leg uit waarom dit noodzakelijk is.
- 8 Welke elementen komen voor in vetmoleculen?
- 9 Welke elementen kunnen in eiwitmoleculen voorkomen?
- 10 Welke stoffen worden door planten gebruikt bij de vorming van aminozuren?
- 11 Planten kunnen uit alleen glucose andere koolhydraten en vetten vormen, maar geen eiwitten. Leg dat uit.
- 12 In welke vorm wordt stikstof door een plant opgenomen?
- 13 Uit welke grondstoffen worden in een heterotroof organisme aminozuren gevormd?

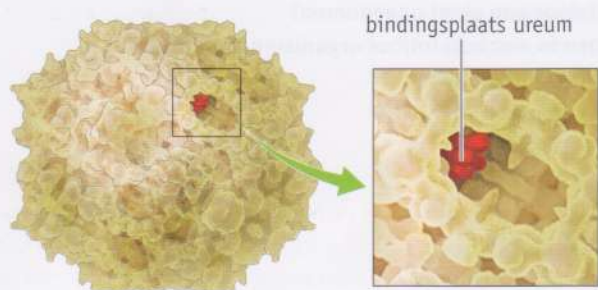
7 Enzymen

- ▼ **Afb. 36** Het enzym urease versnelt de omzetting van ureum.



ureum + water $\xrightarrow{\text{urease}}$ ammoniak + koolstofdioxide

- ▼ **Afb. 37** Deel van het enzymmolecuul urease met de bindingsplaats voor ureum.



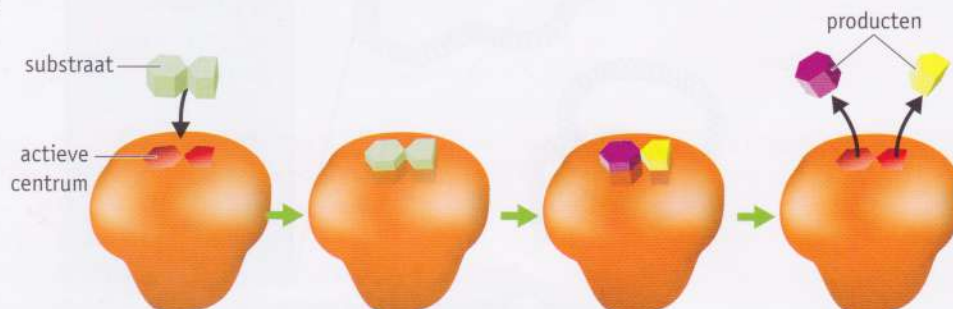
In de cellen vinden stofwisselingsreacties plaats. Chemische reacties berusten op de beweging van moleculen en de botsing van moleculen tegen elkaar. Hierbij kunnen bindingen tussen atomen worden verbroken en bindingen tussen andere atomen tot stand komen. Door de omstandigheden die in cellen heersen (de temperatuur bijvoorbeeld), verlopen veel reacties niet uit zichzelf of slechts zeer traag. Bij een lage temperatuur is de beweging van moleculen trager, waardoor een reactie minder snel tot stand komt dan bij een hogere temperatuur. De botsingen zijn dan vaak niet sterk genoeg om een reactie op gang te brengen.

Enzymen zijn stoffen die de chemische reacties van stofwisselingsprocessen katalyseren (versnellen). Hierdoor komen deze reacties al tot stand bij de heersende temperaturen in de cellen. Bij de reacties blijven de enzymmoleculen intact; de enzymen worden zelf niet verbruikt. De stof die door een enzym wordt omgezet, noemen we het **substraat**. Een stof die bij een reactie ontstaat, noemen we een **product** van de reactie. De naam van een enzym is vaak afgeleid van het substraat met het achtervoegsel -ase. Het enzym urease bijvoorbeeld werkt in op het substraat ureum (zie afbeelding 36).

Enzymen zijn onmisbaar voor een goed verloop van de stofwisseling. Enzymen zijn eiwitten en worden in de ribosomen gemaakt op basis van erfelijke informatie. In sommige families komen stofwisselingsziekten voor die worden veroorzaakt door afwijkingen in het DNA.

Een enzymmolecuul heeft een ingewikkelde ruimtelijke vorm, die **substraat-specifiek** is (zie afbeelding 37). De ruimtelijke vorm van het substraatmolecuul past precies in de ruimtelijke vorm van het enzymmolecuul (we spreken ook wel van het sleutel-slotprincipe). Het substraatmolecuul wordt op de bindingsplaats aan het enzymmolecuul gebonden. Hierdoor ontstaat een **enzym-substraatcomplex** (zie afbeelding 38). Door de vorming van een E-S-complex kunnen bindingen tussen bepaalde atomen gemakkelijk worden verbroken en bindingen tussen andere atomen gemakkelijk tot stand komen. Het enzymmolecuul is na de reactie niet veranderd en kan zich weer binden aan een volgend substraatmolecuul. Eén enzymmolecuul maakt dus vele malen dezelfde reactie mogelijk. Daardoor zijn enzymen al in kleine hoeveelheden werkzaam.

- **Afb. 38** De werking van een enzym.



ENZYMACTIVITEIT

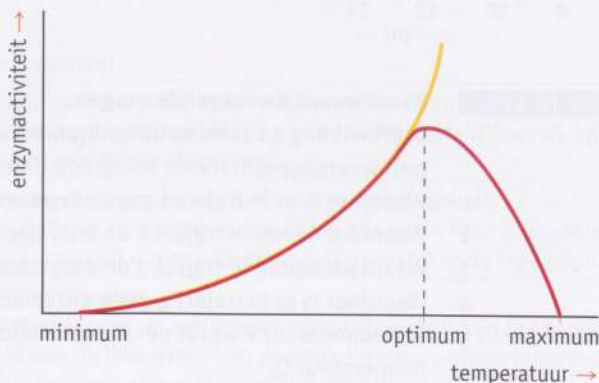
De snelheid waarmee een enzym een reactie uitvoert, wordt **enzymactiviteit** genoemd. Deze kan worden uitgedrukt in de hoeveelheid substraat die per tijdseenheid wordt omgezet of in de hoeveelheid reactieproduct die per tijdseenheid ontstaat. De enzymactiviteit wordt onder andere beïnvloed door de temperatuur en door de zuurgraad (pH).

TEMPERATUUR

Het verband tussen de temperatuur en de enzymactiviteit wordt weergegeven in een **optimumkromme** (zie afbeelding 39). Beneden de **minimumtemperatuur** is er geen enzymactiviteit, doordat de beweging van de moleculen te traag is voor de vorming van enzym-substraatcomplexen. Bij stijging van de temperatuur neemt de enzymactiviteit toe, tot een bepaalde **optimumtemperatuur**. Door hun specifieke ruimtelijke vorm zijn enzymmoleculen kwetsbaar. Bij verder stijgende temperatuur worden de botsingen tussen moleculen steeds krachtiger. Hierdoor kan bij sommige enzymmoleculen de ruimtelijke vorm veranderen.

Deze enzymmoleculen worden onwerkzaam, doordat ze niet meer op de substraatmoleculen passen. Bij stijgende temperatuur neemt het aantal intacte, werkzame enzymmoleculen af. Boven de **maximumtemperatuur** hebben alle enzymmoleculen hun specifieke ruimtelijke vorm verloren. Dit proces is onomkeerbaar: de enzymmoleculen kunnen na afkoeling hun oorspronkelijke ruimtelijke vorm niet meer aannemen. Je kunt het vergelijken met het koken van een ei. Bij het koken stollen de eiwitten. Na afkoeling blijven de eiwitten in gestolde toestand.

► **Afb. 39** Het verband tussen de temperatuur en de enzymactiviteit.



ZUURGRAAD

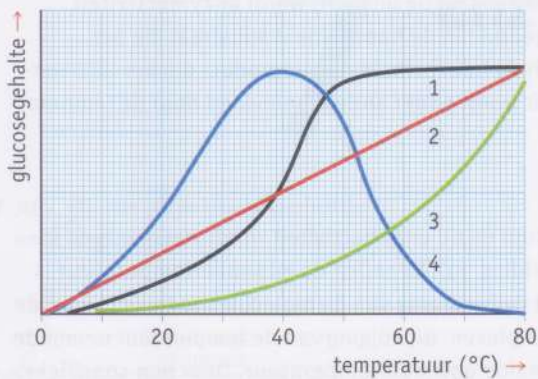
De enzymactiviteit is ook afhankelijk van de zuurgraad van de oplossing waarin de enzymatische omzetting plaatsvindt. Als een stof wordt opgelost in water, heeft de oplossing een bepaalde **zuurgraad (pH)**. Hoe zuurder de oplossing, des te lager de zuurgraad. In afbeelding 40 is het verband tussen de pH en de enzymactiviteit van drie verschillende enzymen weergegeven. Elk van deze enzymen werkt optimaal bij een bepaalde pH-waarde. Als de pH verder van het optimum af komt te liggen, verandert de ruimtelijke vorm van steeds meer enzymmoleculen. Hierdoor kunnen deze enzymmoleculen geen enzym-substraatcomplex meer vormen.

opdracht 20

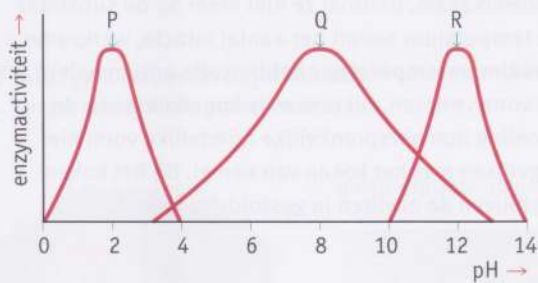
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Enzymen worden ook wel biokatalysatoren genoemd. Leg dat uit.
- 2 Waarvan wordt de naam van een enzym afgeleid?
- 3 Een enzym is substraatspecifiek. Wat wordt daarmee bedoeld?
- 4 Leg uit waardoor er maar heel weinig van een enzym nodig is om een reactie te laten plaatsvinden.

▼ Afb. 40



▼ Afb. 41 Het verband tussen de pH en de activiteit van de enzymen P, Q en R.



- Een onderzoeker doet in een reageerbuis een sacharoseoplossing en een sacharaseoplossing. Na enige tijd onderzoekt hij welke stoffen zich in de reageerbuis bevinden. Hij treft dan ook eiwit aan. Leg dat uit.
- Biologische wasmiddelen bevatten enzymen. Leg uit waarom je bij het gebruik van deze wasmiddelen de temperatuur niet te hoog mag opvoeren.
- Aan een reageerbuis gevuld met een maltoseoplossing van 0 °C wordt maltase toegevoegd, afkomstig van een zoogdier. Onder invloed van maltase wordt maltose omgezet in glucose. De inhoud van de reageerbuis wordt al roerend langzaam verwarmd tot 80 °C. Welke grafiek van afbeelding 40 kan aangeven hoe het glucosegehalte in de buis verandert? Leg je antwoord uit.
- In welke eenheid wordt de zuurgraad van een oplossing uitgedrukt?
- Wat zijn de pH-maxima van de enzymen P, Q en R in afbeelding 41?

opdracht 21

Beantwoord de volgende vragen.

In afbeelding 42 is de optimumkromme van een bepaald enzym voor de temperatuur weergegeven. Hierin komen de trajecten 1, 2, 3 en 4 voor.

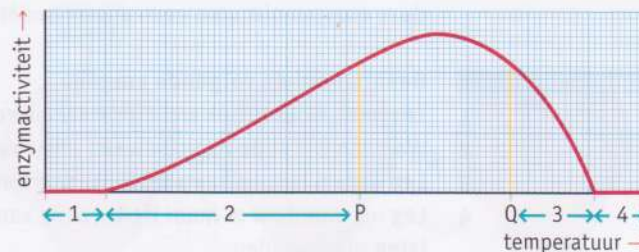
- Waardoor is er in traject 1 geen enzymactiviteit?
- Waardoor neemt in traject 2 de enzymactiviteit toe?
- Waardoor neemt in traject 3 de enzymactiviteit af?
- Waardoor is er in traject 4 geen enzymactiviteit?
- Bij temperatuur P wordt per tijdseenheid evenveel reactieproduct gevormd als bij temperatuur Q.

Bij welke van deze temperaturen zijn de meeste enzymmoleculen intact?

- Bij welke van deze temperaturen zet één intact enzymmolecuul per minuut de grootste hoeveelheid substraat om? Leg je antwoord uit.
- Iemand wil een hoeveelheid van dit enzym bewaren. Zij beschikt over een ruimte met temperatuur P, een ruimte met temperatuur Q en een ruimte met de voor dit enzym optimale temperatuur.

In welke van deze drie ruimten kan zij het enzym het best bewaren om zoveel mogelijk intacte enzymmoleculen over te houden? Leg je antwoord uit.

► Afb. 42



8

De intensiteit van de stofwisseling

In ons lichaam vinden processen plaats die altijd doorgaan, zoals de hartslag, de ademhalingsbewegingen en de peristaltische bewegingen van het darmkanaal. De minimale stofwisseling die nodig is om deze processen op gang te houden, noemen we de **basale stofwisseling**. De basale stofwisseling, ofwel grondstofwisseling, is de stofwisseling in rust. De **intensiteit** van de basale stofwisseling is de snelheid waarmee de basale stofwisseling plaatsvindt. Deze intensiteit kan worden bepaald door de hoeveelheid zuurstof te meten die een individu in rust verbruikt.

opdracht 22

PRACTICUM

DE INTENSITEIT VAN DE BASALE STOFWISSELING BEPALEN

Inleiding	Bij dieren en mensen is het zuurstofverbruik een maat voor de intensiteit van de stofwisseling. In dit practicum ga je een schatting maken van de intensiteit van de stofwisseling van een mens in rust.
Probleemstelling	Hoeveel zuurstof verbruikt een persoon in rust?
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - spirometer - <i>Binas</i> - rekenmachine - een personenweegschaal
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Bepaal met behulp van de spirometer het ademvolume van een persoon in rust. Stel de spirometer op 0. De proefpersoon ademt gedurende een halve minuut uit door de spirometer. - Bepaal het gewicht van de proefpersoon.
Resultaten	<ul style="list-style-type: none"> - Noteer de hoeveelheid uitgeademde lucht in een halve minuut. - Bereken de hoeveelheid verbruikte zuurstof per minuut in liter. Ingeademde lucht bevat, afgerond, 20% zuurstof. Ga ervan uit dat een kwart van de zuurstof in de ingeademde lucht wordt verbruikt.
Conclusie	<p>Beantwoord de volgende vragen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Hoe beïnvloedt de duur van de meting het zuurstofverbruik? En het gewicht van de proefpersoon? 2 In welke eenheid kan de intensiteit van de stofwisseling worden uitgedrukt? 3 Bereken de intensiteit van de basale stofwisseling van de proefpersoon.
Discussie	Noteer twee mogelijke manieren om het resultaat van de bepaling betrouwbaarder te maken.

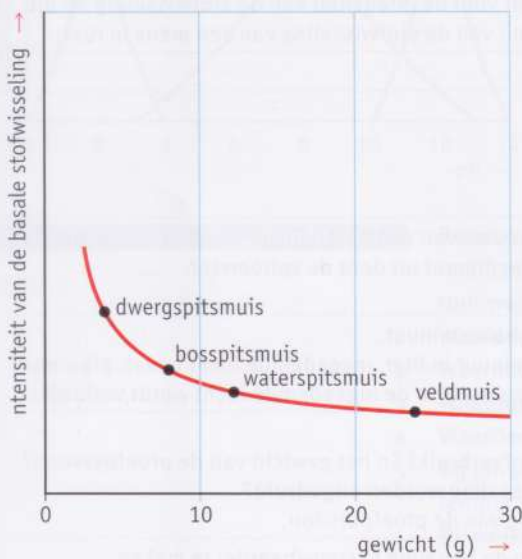
De intensiteit van de basale stofwisseling blijkt onder andere afhankelijk te zijn van het geslacht, de leeftijd en het lichaamsgewicht (zie afbeelding 43). De lichaamstemperatuur heeft ook invloed. Vogels en zoogdieren hebben een min of meer constante lichaamstemperatuur. Deze dieren worden vaak **warmbloedig** genoemd. Bij de meeste andere dieren is de lichaamstemperatuur min of meer gelijk aan de temperatuur van de omgeving. Deze dieren hebben een wisselende lichaamstemperatuur en worden vaak **koudbloedig** genoemd. Vooral bij lagere omgevingstemperaturen is de intensiteit van de basale stofwisseling van warmbloedige dieren hoger dan die van koudbloedige dieren. De temperatuur beïnvloedt de enzymactiviteit en daarmee de intensiteit van de stofwisseling. Ten slotte is de intensiteit van de basale stofwisseling afhankelijk van het tijdstip van de dag en van het jaargetijde. Tijdens een winterslaap bijvoorbeeld is de intensiteit van de basale stofwisseling lager dan 's zomers.

opdracht 23

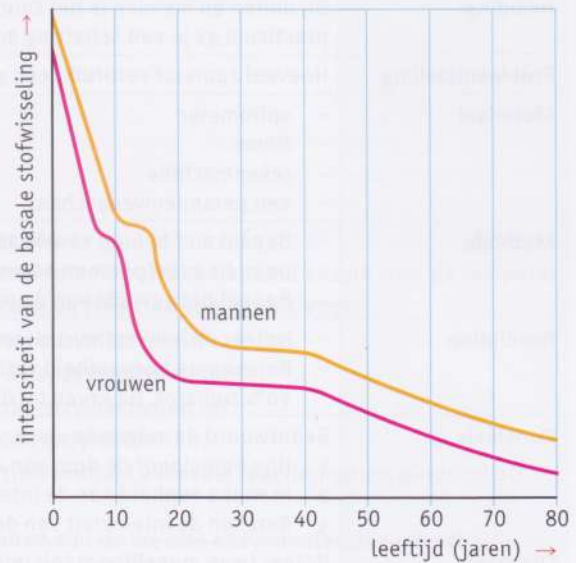
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat verstaan we onder basale stofwisseling?
- 2 Welk verband bestaat er tussen het gewicht van een dier en de intensiteit van de basale stofwisseling (zie afbeelding 43.1)?
- 3 Welk verband bestaat er bij de mens tussen het geslacht en de intensiteit van de basale stofwisseling (zie afbeelding 43.2)?
- 4 Bij vrouwen is gemiddeld 25% van het lichaamsgewicht vetweefsel en bij mannen gemiddeld 12%. Het vetweefsel bevindt zich vooral onder de huid. Op welke manier kan dit verschil in percentage vetweefsel van invloed zijn op het verschil in intensiteit van de basale stofwisseling?
- 5 Waardoor kan een kikker 's winters buiten niet actief zijn en een merel wel?
- 6 Wanneer is het energieverbruik bij koudbloedige dieren het grootst, in de zomer of in de winter?
En wanneer bij warmbloedige dieren die geen winterslaap hebben, in de zomer of in de winter? Leg je antwoord uit.
- 7 In welke eenheid kan de intensiteit van de basale stofwisseling worden uitgedrukt om de waarden bij verschillende diersoorten te kunnen vergelijken?

▼ **Afb. 43** Factoren die van invloed zijn op de intensiteit van de stofwisseling.



1 lichaamsgewicht



2 leeftijd en geslacht

opdracht 24

Beantwoord de volgende vragen.

Twee kikkers en twee muizen liggen elk in een bak te slapen bij verschillende temperaturen. Alle dieren zijn even groot en even zwaar (zie afbeelding 44).

- 1 We vergelijken de kikker in bak 1 met de kikker in bak 3. Welke van beide kikkers heeft de hoogste lichaamstemperatuur?

► **Afb. 44** Proefopstelling.



- 2 Bij welke van beide kikkers is de intensiteit van de basale stofwisseling het hoogst?
- 3 We vergelijken de muis in bak 2 met de muis in bak 4. Is er verschil in lichaamstemperatuur bij beide muizen?
- 4 Bij welke van beide muizen is de intensiteit van de basale stofwisseling het hoogst? Leg je antwoord uit.
- 5 In welke van de vier bakken zal het zuurstofgehalte het sterkst dalen?
- 6 In welke van de vier bakken zal na enige tijd het koolstofdioxidegehalte het laagst zijn?

INTENSITEIT VAN DE FOTOSYNTHESE

De **intensiteit** van de fotosynthese is de snelheid waarmee glucose wordt gevormd en zuurstof ontstaat bij de fotosynthese. Deze intensiteit is afhankelijk van de sterkte en de kleur van het licht, van de beschikbare hoeveelheden koolstofdioxide en water, van de temperatuur en van de hoeveelheid bladgroen. Is een van deze factoren niet aanwezig, dan vindt geen fotosynthese plaats. Is een van deze factoren in beperkte mate aanwezig, dan vindt de fotosynthese in beperkte mate plaats. De factor waarvan in verhouding het minst aanwezig is, bepaalt de intensiteit van de fotosynthese. Deze factor wordt de **beperkende factor** genoemd. Zuurstofproductie door fotosynthese is in een blad niet direct te meten. Er vindt ook altijd zuurstofverbruik plaats bij de dissimilatie in het blad. Ook deze aerobe dissimilatie wordt beïnvloed door milieufactoren, zoals de temperatuur en de hoeveelheid zuurstof. Meestal wordt de invloed van het licht op de intensiteit van de aerobe dissimilatie buiten beschouwing gelaten.

opdracht 25

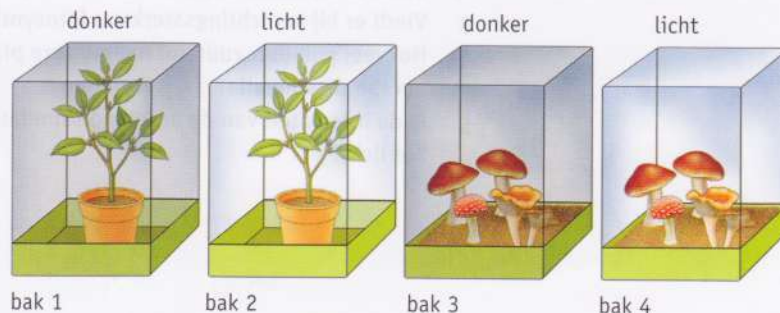
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Van welke factoren is de intensiteit van de fotosynthese afhankelijk?
- 2 Wanneer is sprake van een beperkende factor?
- 3 Welke factor is 's nachts meestal de beperkende factor voor de fotosynthese?

In afbeelding 45 zijn vier afgesloten bakken met levende organismen getekend. De bakken 1 en 3 staan in het donker. De bakken 2 en 4 staan in het licht. Alle andere omstandigheden zijn gelijk.

- 4 In welke bak(ken) vindt fotosynthese plaats?
- 5 In welke bak(ken) vindt aerobe dissimilatie plaats?
- 6 In welke bak(ken) zal de hoeveelheid zuurstof afnemen?
- 7 In welke bak(ken) kan de hoeveelheid zuurstof toenemen?
- 8 In welke bak(ken) kan de hoeveelheid koolstofdioxide afnemen?
- 9 In welke bak(ken) zal de hoeveelheid koolstofdioxide toenemen?

► Afb. 45 Proefopstelling.



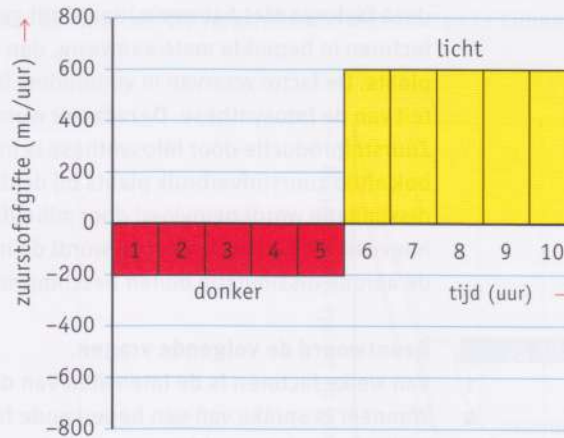
opdracht 26

Beantwoord de volgende vragen.

Bij een plant wordt gedurende tien uur de zuurstofopname of de zuurstofafgifte per uur gemeten. De eerste vijf uur staat de plant in het donker, de tweede vijf uur in het licht. Alle andere omstandigheden blijven tijdens deze proef gelijk. De resultaten zijn weergegeven in het diagram van afbeelding 46.

- 1 Geeft de plant de eerste vijf uur zuurstof af of neemt de plant zuurstof op?
- 2 Geeft de plant de tweede vijf uur zuurstof af of neemt de plant zuurstof op?
- 3 Vindt in de plant de eerste vijf uur fotosynthese plaats? En aerobe dissimilatie?
- 4 Vindt in de plant de tweede vijf uur fotosynthese plaats? En aerobe dissimilatie?
- 5 Hoeveel zuurstof verbruikt de plant per uur bij de aerobe dissimilatie tijdens de eerste vijf uur? En tijdens de tweede vijf uur?
- 6 Hoeveel zuurstof geeft de plant per uur af tijdens de tweede vijf uur?
- 7 Hoeveel zuurstof wordt per uur gevormd bij de fotosynthese tijdens de tweede vijf uur?
- 8 Wat is in de eerste vijf uur de beperkende factor voor de fotosynthese?

► Afb. 46



opdracht 27

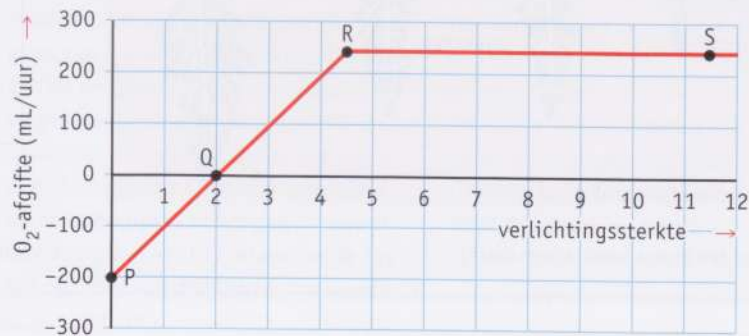
Een plant bevindt zich in een afgesloten ruimte. De verlichtingssterkte in die ruimte wordt gevarieerd. Alle andere omstandigheden blijven gelijk. Tijdens de proef wordt de hoeveelheid zuurstof in de afgesloten ruimte gemeten. Hieruit wordt berekend hoeveel zuurstof door de plant wordt afgegeven of opgenomen. De resultaten staan in afbeelding 47 in een diagram weergegeven.

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Vindt er bij volkomen duisternis (verlichtingssterkte 0) fotosynthese plaats? En aerobe dissimilatie?
- 2 Vindt er bij verlichtingssterkte 8 fotosynthese plaats? En aerobe dissimilatie?
- 3 Vindt er bij verlichtingssterkte 1 fotosynthese plaats? En aerobe dissimilatie?
- 4 Hoeveel milliliter zuurstof neemt deze plant in het donker per uur op voor de aerobe dissimilatie?
- 5 Is de intensiteit van de aerobe dissimilatie in het donker verschillend van die in het licht?

- 6 Hoeveel milliliter zuurstof verbruikt de plant in het donker per uur voor de aerobe dissimilatie? Hoeveel bij verlichtingssterkte 8? En hoeveel bij verlichtingssterkte 1?
- 7 Neemt de plant bij verlichtingssterkte 2 zuurstof op? Geeft de plant zuurstof af bij deze verlichtingssterkte?
- 8 Hoeveel milliliter zuurstof verbruikt de plant per uur bij verlichtingssterkte 2 voor de aerobe dissimilatie? Hoeveel milliliter zuurstof wordt er per uur bij deze verlichtingssterkte geproduceerd bij de fotosynthese?
- 9 Hoeveel milliliter zuurstof wordt er per uur geproduceerd bij de fotosynthese bij verlichtingssterkte 8? En hoeveel bij verlichtingssterkte 1?
- 10 Is bij verlichtingssterkte 1 de intensiteit van de fotosynthese groter of kleiner dan de intensiteit van de aerobe dissimilatie?
- 11 In welk gedeelte van de grafiek is de intensiteit van de aerobe dissimilatie groter dan de intensiteit van de fotosynthese? Kies uit: PQ, QR, RS, PR, QS of PS.
- 12 Op welk punt is de intensiteit van de aerobe dissimilatie gelijk aan de intensiteit van de fotosynthese?
- 13 In welk gedeelte van de grafiek is de intensiteit van de fotosynthese groter dan de intensiteit van de aerobe dissimilatie? Kies uit: PQ, QR, RS, PR, QS of PS.
- 14 Vanaf welke verlichtingssterkte heeft toename van de verlichtingssterkte geen toename van de intensiteit van de fotosynthese tot gevolg?
- 15 In welk gedeelte van de grafiek heeft toename van de verlichtingssterkte wel een toename van de intensiteit van de fotosynthese tot gevolg? Kies uit: PQ, QR, RS, PR, QS of PS.
- 16 Wat is de beperkende factor voor de fotosynthese bij verlichtingssterkte 1?
- 17 Is licht de beperkende factor bij verlichtingssterkte 3? En bij verlichtingssterkte 8?
- 18 Welke factoren kunnen de beperkende factor zijn bij verlichtingssterkte 8?

► Afb. 47



opdracht 28

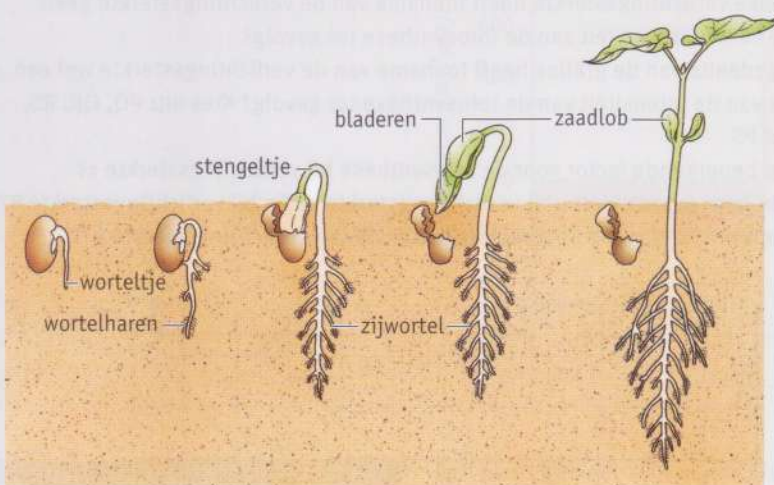
▼ Afb. 48

Van zaad tot kiemplant

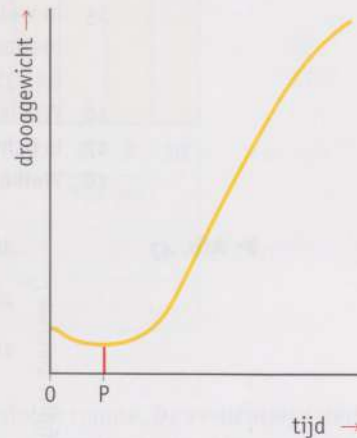
Tijdens de kieming van een zaad wordt het reservevoedsel (vooral zetmeel en eiwitten) uit de zaadlobben verbruikt. Onder invloed van enzymen wordt zetmeel afgebroken tot glucose. De glucose wordt verbruikt bij dissimilatie in het kiemplantje. Een ander deel van de reservestoffen wordt gebruikt als bouwstof, onder andere bij de vorming van cytoplasma.

Wanneer het stengeltje en de zaadlobben boven de grond uitkomen, wordt er bladgroen gevormd en kan fotosynthese plaatsvinden. Daardoor verkrijgt het kiemplantje de glucose niet meer uitsluitend uit het reservevoedsel. Wanneer al het reservevoedsel uit de zaadlobben is verbruikt, zijn deze verschrompeld en vallen ze af. Ondertussen heeft het tweede paar bladeren zich al ontwikkeld. Tijdens de kieming wordt een kiemplantje groter en zwaarder. Een plant

bestaat uit water en droge stof (koolhydraten, vetten, eiwitten en zouten). Het natgewicht (vers gewicht) van een plant geeft aan hoeveel een plant weegt. Het drooggewicht van een plant geeft aan hoeveel gewicht aan droge stof er overblijft wanneer al het water uit de plant wordt verwijderd (bijvoorbeeld door verdamping bij hoge temperatuur). In het diagram is weergegeven hoe het drooggewicht van een boon en de daaruit groeiende boonplant verandert.



1 kieming van een bruine boon (schematisch)



2 verandering van het drooggewicht na de kieming

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 48.

- 1 Wat is het verschil tussen het natgewicht en het drooggewicht van een plant?
- 2 Waardoor neemt in het diagram het drooggewicht tot tijdstip P af?
- 3 Waardoor neemt het drooggewicht vanaf tijdstip P toe?
- 4 Wanneer zal het eerste bladgroen in deze plant zijn gevormd: vóór tijdstip P, op tijdstip P of na tijdstip P?
- 5 Heeft een diagram van het natgewicht van een boon en de boonplant ongeveer dezelfde vorm als het diagram van afbeelding 48? Leg je antwoord uit.

opdracht 29

▼ Afb. 49

CO₂-bemesting in de glastuinbouw

De Nederlandse glastuinbouwsector is een energie-intensieve sector met een totaal primair energiegebruik in de kas van circa 3,8 miljard m³ aardgas in 2010. Het voornaamste doel van dit energiegebruik is het optimaliseren van het teeltproces door verwarming van de kas en het handhaven van de juiste vochtinhouding. Het hierbij gevormde CO₂ wordt ook ingezet voor de teelt. Bovendien wordt er gebruikgemaakt van assimilatiebelichting om de productie te kunnen sturen en de opbrengst van de teelt te maximaliseren.

Een groot deel van het gebruikte aardgas wordt ingezet in warmte-krachtinstallaties, waardoor het gebruikte gas optimaal wordt omgezet in nuttige producten. Deze WKK's (Warmte Kracht Koppeling-installaties) produceren tegelijkertijd warmte, elektriciteit en CO₂. De warmte en het geproduceerde CO₂ worden ingezet voor het teeltproces, de elektriciteit wordt gebruikt voor eigen belichting of voor de levering aan het openbare elektriciteitsnet.

Tijdens het groeiproces in de kas wordt



WKK

CO₂ door het gewas geassimileerd. Onder invloed van licht worden CO₂ en H₂O omgezet in suiker en zuurstof: fotosynthese. De suiker wordt gebruikt bij de groei van het gewas, O₂ wordt afgegeven aan de omgeving. Door deze fotosynthese gedurende de dag, daalt het CO₂-niveau in de kas snel tot onder het niveau in de buitenlucht. Dit werkt beperkend op de opbrengst van het gewas, terwijl verhoging van het CO₂-niveau in de kas ten opzichte van de buitenluchtwaarde

leidt tot een grotere opbrengst. Het is dus zaak voor de tuinder om het CO₂-niveau in de kas op zijn minst op peil te houden of liever zelfs wat te verhogen, om daarmee de groei van de gewassen te bevorderen.

Dit wordt 'CO₂-bemesting' genoemd. Naar: Erik Koolwijk en Sander Peeters, 'WKK en bioWKK in de glastuinbouw', in: TVVL Magazine nr. 6 2011.

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 49.

- 1 Welke vier groeifactoren voor het gewas worden genoemd in de eerste alinea?
- 2 Wat wordt bedoeld met assimilatiebelichting?
- 3 Verklaar de positieve werking van 'CO₂-bemesting' op de teeltopbrengst.
- 4 Wanneer kan 'CO₂-bemesting' het best worden toegepast: overdag of 's nachts? Verklaar je antwoord.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context kunnen omschrijven wat assimilatie, dissimilatie en stofwisseling is.

- Assimilatie: de opbouw van organische moleculen uit kleinere moleculen.
 - Resultaat: de vorming van organische stoffen waaruit het organisme bestaat.
 - Energie wordt opgeslagen als chemische energie in de organische moleculen.
- Dissimilatie: de afbraak van organische moleculen tot kleinere moleculen.
 - Resultaat: energie komt beschikbaar voor processen in het organisme.
 - De beschikbaar gekomen energie wordt tijdelijk opgeslagen in ATP-moleculen.
- Stofwisseling: het totaal van alle chemische (scheikundige) processen in een organisme.
 - De eerste organismen in de ontwikkeling van levensvormen op aarde waren heterotroof. Later zijn autotrofe organismen ontstaan die tot koolstofassimilatie in staat waren.

DOELSTELLING 2

Je moet in een context de dissimilatie van koolhydraten, vetten en eiwitten kunnen beschrijven.

- Chemische energie is energie die is opgeslagen in energierijke verbindingen van moleculen.
- Bij dissimilatie kan chemische energie worden omgezet in:
 - bewegingsenergie (bij het maken van bewegingen);
 - warmte (bij het op peil houden van de lichaamstemperatuur);
 - elektrische energie (bij het geleiden van impulsen);
 - chemische energie (bij het assimileren van organische stoffen);
 - lichtenergie (bij het uitstralen van licht).
- Aerobe dissimilatie van glucose (verbranding).
 - Hierbij worden glucosemoleculen afgebroken, waarbij veel energie vrijkomt.
 - Reactievergelijking: glucose + zuurstof → koolstofdioxide + water + energie

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energie}$$
 - Aerobe dissimilatie vindt voor het grootste deel plaats in mitochondriën.
- Anaerobe dissimilatie van glucose (gisting).
 - Levert per glucosemolecuul minder energie op dan bij aerobe dissimilatie.

- Hierbij worden glucosemoleculen minder ver afgebroken dan bij aerobe dissimilatie.
- Alcoholgisting:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ (ethanol) + 2CO_2 + energie
 Komt voor bij gistcellen en bij kiemende zaden. Bij de productie van bier, wijn en brood vindt alcoholgisting plaats.

- Melkzuurgisting:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (melkzuur) + energie
 Komt voor bij melkzuurbacteriën en in spieren bij mens en dier.
 Bij de productie van kaas, yoghurt en zuurkool vindt melkzuurgisting plaats.
- Dissimilatie van vetten en eiwitten.
 - Vetten bevatten per gram relatief veel energie.
 - Eiwitten worden eerst gesplitst in aminozuren. Deze worden verder gedissimileerd. Schadelijke, stikstofhoudende stoffen die hierbij ontstaan (ammoniak, ureum of urinezuur) worden met de urine uitgescheiden.

DOELSTELLING 3

Je moet in een context het transport en de opslag van stoffen in zaadplanten kunnen beschrijven.

- Transport over kleine afstanden:
 - diffusie (o.a. zuurstof, koolstofdioxide);
 - osmose (water);
 - actief transport.
- Transport over grote afstanden:
 - anorganische sapstroom door houtvaten (opgenomen ionen opgelost in water);
 - organische sapstroom door bastvaten (assimilatieproducten opgelost in water).
- Diffusie van zuurstof en koolstofdioxide in bladeren.
 - Vooral via huidmondjes, luchtholten en intercellulaire ruimten naar en van de bladcellen.
 - Huidmondje: een opening in de opperhuid, omgeven door twee sluitcellen die bladgroenkorrels bevatten.
 - Bij de meeste planten bevinden de huidmondjes zich vooral aan de onderkant van de bladeren.
- Transport door houtvaten.
 - Door verdamping van water uit de celwanden rondom bladcellen wordt water aangezogen uit de houtvaten (via de nerven).
 - Door capillaire werking van de houtvaten wordt het water als een 'draad' omhooggetrokken.
 - Worteldruk ontstaat door osmotische werking van ionen in de houtvaten.
 - In de vaatbundels in stengels liggen houtvaten aan de binnenkant.

- In de nerven in bladeren liggen houtvaten aan de bovenkant.
- Transport door bastvaten.
 - Het tijdelijk in de bladeren opgeslagen zetmeel wordt omgezet in sacharose (vooral 's nachts).
 - Sacharose wordt vervoerd naar de andere delen van de plant.
 - In de vaatbundels in stengels liggen bastvaten aan de buitenkant.
 - In de nerven in bladeren liggen bastvaten aan de onderkant.
- Opslag van reservestoffen:
 - in verdikte delen, vaak onder de grond (wortels, knollen, bollen, wortelstokken);
 - in zaden.
- De levenscyclus van een plant bestaat uit: zaad, kiemplant en het volwassen stadium.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen omschrijven wat koolstofassimilatie en wat fotosynthese is.

- Koolstofassimilatie: de vorming van glucose uit koolstofdioxide en water met behulp van energie.
 - Reactievergelijking:
koolstofdioxide + water + energie → glucose + zuurstof
 $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energie} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
 - Alleen autotrofe organismen zijn in staat tot koolstofassimilatie.
- Fotosynthese: koolstofassimilatie waarbij lichtenergie wordt benut.
 - Uit wit licht worden vooral de oranje- en de violetblauwe kleuren benut.
 - Fotosynthese komt voor bij planten en cyanobacteriën.
Deze organismen hebben bladgroen (chlorofyl).
 - Bij planten bevinden de pigmenten (chlorofyl) voor fotosynthese zich in bladgroenkorrels (chloroplasten).
 - De glucose die bij de fotosynthese ontstaat, wordt voor een deel omgezet in zetmeel en tijdelijk in de bladeren opgeslagen.

DOELSTELLING 5

Je moet in een context de opbouw van koolhydraten, vetten en eiwitten in de voortgezette assimilatie kunnen beschrijven.

- Voortgezette assimilatie: organismen vormen uit glucose andere organische stoffen.
 - De hiervoor benodigde energie wordt verkregen uit dissimilatie.
 - Bij de voortgezette assimilatie kunnen planten anorganische stoffen uit de bodem gebruiken.

- Koolhydraten.
 - Opgebouwd uit alleen koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen.
 - Monosachariden, bijv. glucose (druivensuiker), fructose (vruchtensuiker) en desoxyribose.
 - Disachariden (opgebouwd uit twee monosachariden), bijv. maltose, lactose en sacharose.
 - Polysachariden (opgebouwd uit vele monosachariden), bijv. zetmeel, glycogeen en cellulose.
- Vetten (lipiden).
 - Opgebouwd uit alleen koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen.
 - Een vetmolecuul is opgebouwd uit glycerol en drie vetzuren.
- Eiwitten (proteïnen).
 - Een eiwitmolecuul bestaat uit een groot aantal aan elkaar gekoppelde aminozuren.
 - Alle aminozuren bevatten naast koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen ook steeds stikstofatomen. Sommige aminozuren bevatten ook zwavelatomen.
 - Planten kunnen aminozuren opbouwen uit glucose en stikstofhoudende ionen, vooral nitraationen:
glucose + nitraat + energie → aminozuur
 - Dieren krijgen aminozuren binnen met hun voedsel. Ze kunnen sommige aminozuren vormen uit andere aminozuren.

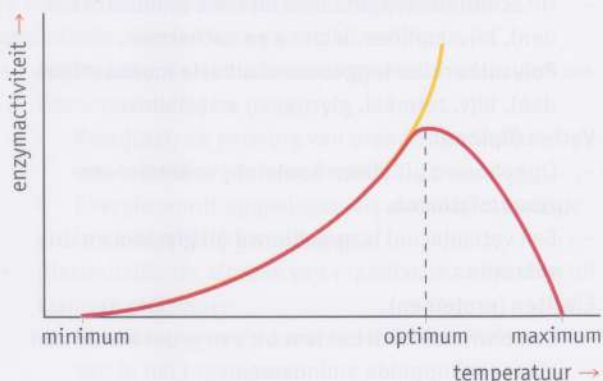
DOELSTELLING 6

Je moet in een context de bouw en de werking van enzymen kunnen beschrijven.

- Enzymen katalyseren (versnellen) de chemische reacties van stofwisselingsprocessen zonder daarbij zelf te worden verbruikt.
 - Enzymen zijn eiwitmoleculen met een specifieke ruimtelijke vorm.
 - Naamgeving: in het algemeen afgeleid van de naam van het substraat met het achtervoegsel -ase.
- Enzymen hebben een specifieke werking.
 - Door de specifieke ruimtelijke vorm past een enzymmolecuul slechts op één type substraatmolecuul (sleutel-slotprincipe).
 - Elk enzym kan slechts één reactie versnellen.
- De enzymactiviteit (snelheid van enzymwerking) kan worden uitgedrukt in:
 - de hoeveelheid substraat die per tijdseenheid wordt omgezet;
 - de hoeveelheid reactieproduct die per tijdseenheid ontstaat.
- Temperatuur: beïnvloedt de enzymactiviteit volgens een optimumkromme.

- Zuurgraad: beïnvloedt de enzymactiviteit volgens een optimumkromme. De zuurgraad van een vloeistof wordt aangegeven met de pH.

▼ Afb. 50



DOELSTELLING 7

Je moet in een context kunnen omschrijven wat de basale stofwisseling is en factoren kunnen noemen die hierop van invloed zijn.

- Basale stofwisseling: de stofwisseling van een organisme in rust.
 - In rust vinden ook voortdurend dissimilatie en assimilatie plaats.
 - Processen als de hartslag, de ademhalingsbewegingen en de darmperistaltiek gaan altijd door.
- De intensiteit van de basale stofwisseling kan bepaald worden aan de hand van het zuurstofverbruik.
- De intensiteit van de basale stofwisseling van een organisme is afhankelijk van:
 - het geslacht;
 - de leeftijd;
 - het lichaamsgewicht;
 - de lichaamstemperatuur;
 - het tijdstip van de dag of het jaargetijde.
- De temperatuur beïnvloedt de stofwisseling via de enzymactiviteit.

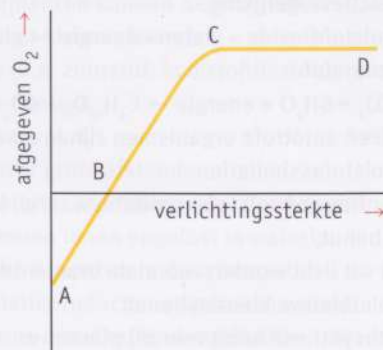
DOELSTELLING 8

Je moet in een context uit de opname of afgifte van zuurstof of koolstofdioxide door een plant de intensiteit van de fotosynthese kunnen afleiden.

- De intensiteit van de fotosynthese is afhankelijk van:
 - de verlichtingssterkte (en de kleur licht);
 - de beschikbare hoeveelheid water;
 - de beschikbare hoeveelheid koolstofdioxide;
 - de temperatuur;
 - bladgroen.
- De intensiteit van de fotosynthese wordt bepaald door de beperkende factor (de factor die het minst beschikbaar is).

- Voor de bepaling van de intensiteit van de fotosynthese zijn twee gegevens nodig:
 - in het licht: de hoeveelheid O_2 die een plant afgeeft (of de hoeveelheid CO_2 die een plant opneemt);
 - in het donker: de hoeveelheid O_2 die een plant opneemt (of de hoeveelheid CO_2 die een plant afgeeft).
- Uit de O_2 -opname (of de CO_2 -afgifte) in het donker kan de intensiteit van de dissimilatie worden afgeleid.
- O_2 -productie (bij fotosynthese) = O_2 -afgifte + O_2 -verbruik (bij dissimilatie).
- CO_2 -verbruik (bij fotosynthese) = CO_2 -opname + CO_2 -productie (bij dissimilatie).
- Voor de volgende grafiek geldt:
 - in het stijgende deel van de grafiek is licht de beperkende factor;
 - in het horizontale deel is een andere factor beperkend;
 - tussen A en B is de intensiteit van de dissimilatie hoger dan die van de fotosynthese, in B is de intensiteit van de dissimilatie gelijk aan die van de fotosynthese, tussen B en D is de intensiteit van de dissimilatie lager dan die van de fotosynthese.

► Afb. 51



COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het doen van onderzoek naar de factoren die de activiteit van een enzym bepalen;
- geoefend in het doen van onderzoek naar de fotosyntheseactiviteit onder verschillende omstandigheden.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd dat lichamelijke veranderingen bij sportprestaties worden veroorzaakt door chemische processen op celniveau;
- geoefend in het leggen van verbanden tussen de vorm en functie van organellen en van moleculen;
- geoefend in het ontwerpen en uitvoeren van onderzoek en het maken van een verslag.

Diagnostische toets

DOELSTELLING 1

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Bij alle stofwisselingsprocessen in een individu komt energie beschikbaar.
- 2 Bij assimilatieprocessen worden grote moleculen gevormd uit kleinere moleculen.
- 3 Bij dissimilatieprocessen worden organische stoffen gevormd uit anorganische stoffen.
- 4 Het doel van dissimilatieprocessen is de vorming van stoffen waaruit het organisme bestaat.
- 5 De vorming van eiwitten uit aminozuren is een voorbeeld van een assimilatieproces.
- 6 Bij een dissimilatieproces wordt de beschikbaar gekomen energie tijdelijk opgeslagen in ATP.

DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Vier energieomzettingen in organismen zijn:
 - 1 chemische energie → chemische energie;
 - 2 chemische energie → bewegingsenergie;
 - 3 chemische energie → elektrische energie;
 - 4 chemische energie → lichtenergie.
 Welke van deze energieomzettingen komen in het lichaam van een mens voor?
 - A Alleen omzetting 1.
 - B Alleen de omzettingen 1 en 2.
 - C Alleen de omzettingen 1, 2 en 3.
 - D De omzettingen 1, 2, 3 en 4.
- 2 Waar en wanneer vindt aerobe dissimilatie plaats in autotrofe organismen?
 - A Aerobe dissimilatie vindt nooit plaats in autotrofe organismen.
 - B Aerobe dissimilatie vindt alleen plaats in cellen met bladgroen in het licht.
 - C Aerobe dissimilatie vindt alleen in het donker plaats in autotrofe organismen.
 - D Aerobe dissimilatie vindt voortdurend in alle cellen van autotrofe organismen plaats.
- 3 Er zijn gisten die zowel in een omgeving met zuurstof als in een omgeving zonder zuurstof kunnen leven. In welke omgeving verkrijgen deze gisten de meeste energie uit een bepaalde hoeveelheid glucose, als de andere omstandigheden gelijk blijven? En in welke omgeving zullen deze gisten hieruit het meeste CO₂ produceren?

De meeste energie in een omgeving

- | | |
|-------------------|--|
| A met zuurstof | Het meeste CO ₂ in een omgeving |
| B met zuurstof | met zuurstof |
| C zonder zuurstof | zonder zuurstof |
| D zonder zuurstof | met zuurstof |
| | zonder zuurstof |

- 4 De omzetting van eiwitten, koolhydraten en vetten in de stofwisseling van de mens wordt onderzocht. Bij omzetting van welke van deze stoffen ontstaan CO₂, H₂O en ureum?
 - A Alleen bij omzetting van eiwitten.
 - B Alleen bij omzetting van koolhydraten.
 - C Alleen bij omzetting van vetten.
 - D Zowel bij omzetting van eiwitten als bij omzetting van vetten.

De volgende gegevens horen bij de vragen 5 tot en met 8. Hier staan drie omzettingen met glucose als grondstof:

- 1 glucose wordt omgezet in melkzuur;
 - 2 glucose wordt omgezet in koolstofdioxide en water;
 - 3 glucose wordt omgezet in alcohol en koolstofdioxide.
- 5 Welke van deze omzettingen vindt (vinden) anaeroob plaats?
 - A Alleen omzetting 2.
 - B Alleen de omzettingen 1 en 3.
 - C De omzettingen 1, 2 en 3.
 - 6 Welke van deze omzettingen levert per glucosemolecuul de meeste energie op?
 - A Omzetting 1.
 - B Omzetting 2.
 - C Omzetting 3.
 - 7 Welke van deze omzettingen vinden plaats in de beenspieren van een hoogspringer tijdens de aanloop en de sprong (zie afbeelding 52)?
 - A Alleen omzetting 1.
 - B Alleen de omzettingen 1 en 2.
 - C De omzettingen 1, 2 en 3.

▼ Afb. 52



- 8 Welke van deze omzettingen vindt vooral plaats bij het rijzen van brooddeeg waaraan gist is toegevoegd?
- Omzetting 1.
 - Omzetting 2.
 - Omzetting 3.

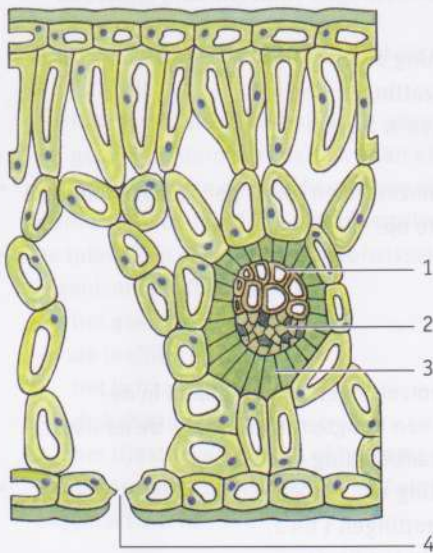
DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij de vragen 1 tot en met 3 afbeelding 53.

- Met welk nummer zijn in afbeelding 53 bastvaten aangegeven?
- Met welk nummer is een huidmondje aangegeven?
- Via welk van de genummerde delen wordt water met opgeloste ionen aangevoerd?
- Via welk proces wordt water in de bladcellen opgenomen?
- Via welk proces worden ionen in de bladcellen opgenomen?
- Via welk proces wordt koolstofdioxide in de bladcellen opgenomen?

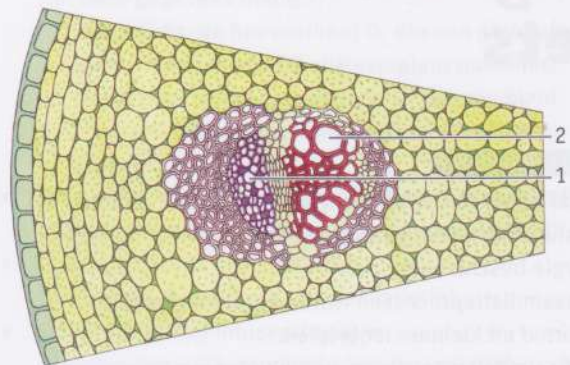
▼ Afb. 53 Schematische doorsnede van een blad.



Gebruik bij de vragen 7 tot en met 9 afbeelding 54.

- Met welk nummer zijn in afbeelding 54 houtvaten aangegeven?
- Via welk van de genummerde delen wordt vooral 's nachts water met sacharose vervoerd?
- Hoe wordt de sapstroom genoemd die door deel 1 gaat?

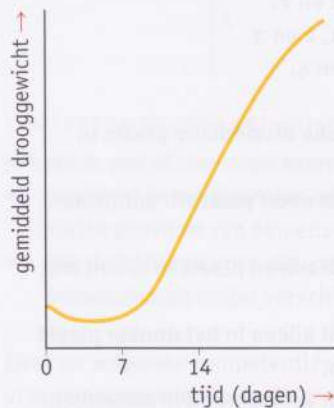
▼ Afb. 54 Dwarsdoorsnede van een deel van een stengel.



Een groot aantal genetisch identieke bruine bonen werd in het licht te kiemen gelegd. Gedurende de eerste veertien dagen na het begin van de kieming werd elke dag het drooggewicht van een aantal zich ontwikkelende boonplantjes bepaald. De andere plantjes groeiden door. Het gemiddeld drooggewicht per plantje is in het diagram van afbeelding 55 uitgezet tegen de tijd.

- Wanneer begon volgens het diagram van afbeelding 55 in de boonplantjes de fotosynthese: in de loop van de eerste week of in de loop van de tweede week?
- In het diagram is het natgewicht van de boonplantjes niet weergegeven. Op welke dag zal het natgewicht het laagst zijn geweest?

▼ Afb. 55 Verandering van het gemiddeld drooggewicht van boonplantjes.



DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

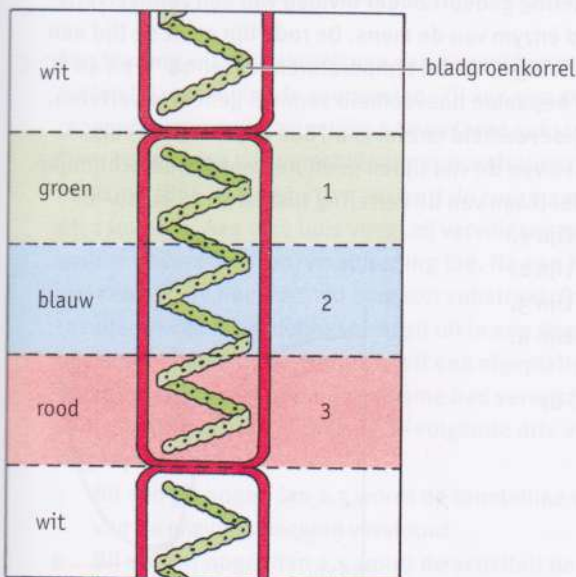
- Wat is de reactievergelijking van de fotosynthese?
 - $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{lichtenergie} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
 - $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + \text{lichtenergie}$
 - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + \text{lichtenergie} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{lichtenergie}$

- 2 Vier leerlingen doen elk een bewering over de stoffen die een plant nodig heeft om koolstofassimilatie te laten plaatsvinden.
 Leerling 1 zegt dat een plant hiervoor alleen anorganische stoffen nodig heeft.
 Leerling 2 zegt dat een plant hiervoor alleen organische stoffen nodig heeft.
 Leerling 3 zegt dat een plant hiervoor zowel anorganische als organische stoffen nodig heeft.
 Leerling 4 zegt dat een plant hiervoor alleen water nodig heeft.

Welke leerling doet een juiste bewering?

- A Leerling 1.
 B Leerling 2.
 C Leerling 3.
 D Leerling 4.
- 3 Het spiraalwier heeft in de cellen grote, spiraalvormige bladgroenkorrels. Een cel van een spiraalwier wordt beschenen door drie lichtbundels van zuivere kleuren (zie afbeelding 56). Bij deze cel bevinden zich bacteriën die zich van zuurstof afkeren. De aangrenzende cellen worden beschenen met wit licht.
 Waar zullen de bacteriën die zich van zuurstof afkeren zich hoofdzakelijk bevinden?
- A Alleen bij 1.
 B Bij 1 en 2.
 C Bij 1 en 3.
 D Bij 2 en 3.

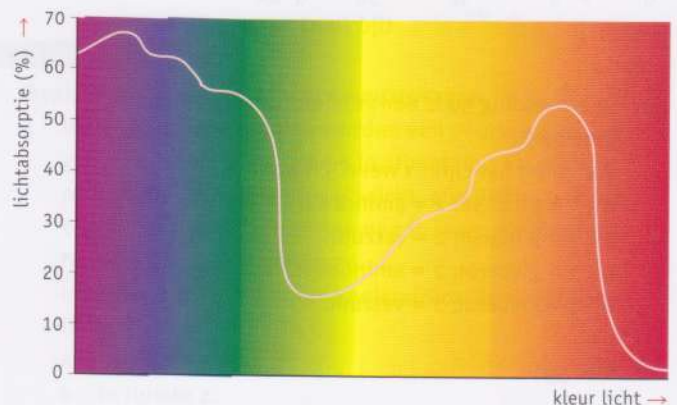
▼ Afb. 56



- 4 In het diagram van afbeelding 57 is het absorptiespectrum van het bladgroen van een plant weergegeven. Welke kleur licht draagt het meest bij tot de vorming van glucose in deze plant? Waardoor?

- A Groengeel licht, doordat dit de kleur van het bladgroen is.
 B Groengeel licht, doordat dit in geringe mate wordt geabsorbeerd.
 C Violetblauw licht, doordat dit in zonlicht het meest aanwezig is.
 D Violetblauw licht, doordat dit het meest wordt geabsorbeerd.

▼ Afb. 57



DOELSTELLING 5

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Organismen bestaan uit onder andere koolhydraten, vetten en eiwitten.
 Welke elementen komen in elk van deze stoffen voor?
 A Alleen koolstof, stikstof en waterstof.
 B Alleen koolstof, waterstof en zuurstof.
 C Alleen stikstof, waterstof en zuurstof.
 D Koolstof, stikstof, waterstof en zuurstof.
- 2 Drie koolhydraten zijn glucose, maltose en zetmeel. Deze koolhydraten kunnen in elkaar worden omgezet. In welke volgorde moeten deze omzettingen plaatsvinden, willen ze tot de voortgezette assimilatie kunnen worden gerekend?
 A Glucose → maltose → zetmeel.
 B Glucose → zetmeel → maltose.
 C Maltose → zetmeel → glucose.
 D Zetmeel → maltose → glucose.

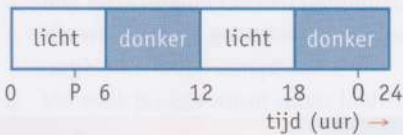
3 Een plant staat afwisselend in het licht en in het donker (zie afbeelding 58).

Kan in deze plant op tijdstip P de vorming van zetmeel uit glucose plaatsvinden? En op tijdstip Q?

Op tijdstip P Op tijdstip Q

- A ja ja
- B ja nee
- C nee ja
- D nee nee

▼ Afb. 58

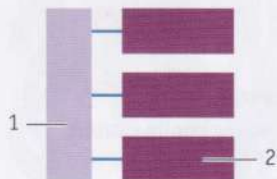


4 In afbeelding 59 is een vetmolecuul schematisch getekend.

Wat geeft het cijfer 1 weer? En wat het cijfer 2?

- A 1 = glucose; 2 = aminozuur.
- B 1 = glucose; 2 = vetzuur.
- C 1 = glycerol; 2 = aminozuur.
- D 1 = glycerol; 2 = vetzuur.

▼ Afb. 59



5 Hieronder zijn twee stofwisselingsreacties weergegeven waarin twee groepen van stoffen zijn vervangen door cijfers. Deze stofwisselingsreacties kunnen in planten plaatsvinden.

- glucose + 1 + energie → 2
- 2 + energie → eiwitten

Welke groep stoffen geeft cijfer 1 weer en welke groep stoffen cijfer 2?

- A 1 = aminozuren; 2 = nitraationen.
- B 1 = nitraationen; 2 = aminozuren.
- C 1 = vetten; 2 = aminozuren.
- D 1 = nitraationen; 2 = vetten.

DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Drie beweringen over enzymen bij de mens zijn:
- 1 Enzymen kunnen in een cel worden gevormd uit onder andere aminozuren.
 - 2 Enzymen zijn alleen actief in levende cellen.

3 Een enzym wordt gesplitst tijdens de reactie waaraan het deelneemt.

Welke van deze beweringen is (zijn) juist?

- A Alleen bewering 1.
- B Alleen de beweringen 1 en 2.
- C Alleen de beweringen 2 en 3.
- D De beweringen 1, 2 en 3.

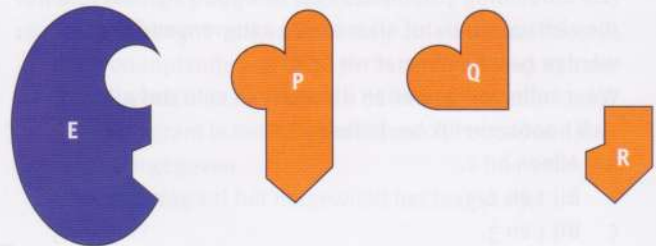
2 In afbeelding 60 zijn een enzymmolecuul (E) en de moleculen van drie stoffen (P, Q en R) schematisch getekend.

Kan stof P substraat zijn van enzym E? En kunnen de stoffen Q en R substraat zijn van enzym E?

Stof P substraat De stoffen Q en R substraat

- A ja ja
- B ja nee
- C nee ja
- D nee nee

▼ Afb. 60

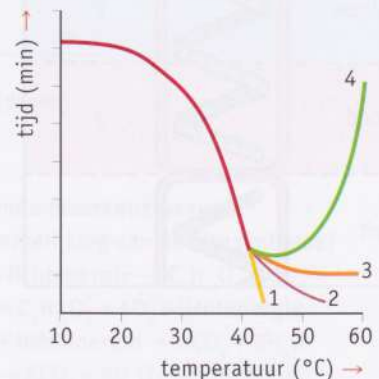


3 In het diagram van afbeelding 61 is het verband weergegeven tussen zetmeelvertering en de temperatuur. De vertering gebeurt onder invloed van een zetmeelverterend enzym van de mens. De rode lijn geeft de tijd aan die nodig is om bij temperaturen tussen 10 °C en 40 °C een bepaalde hoeveelheid zetmeel geheel te verteren. De hoeveelheid enzym is bij alle bepalingen gelijk.

Welke van de vier lijnen geeft het meest waarschijnlijke verloop aan van de vertering tussen 40 °C en 60 °C?

- A Lijn 1.
- B Lijn 2.
- C Lijn 3.
- D Lijn 4.

► Afb. 61

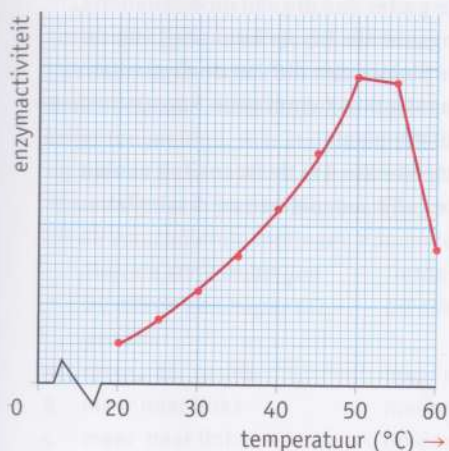


4 De activiteit van een eiwitsplitsend enzym in een wasmiddel werd bij verschillende temperaturen bepaald. Als maat voor de enzymactiviteit werd de hoeveelheid eiwit genomen die in 20 minuten werd gesplitst. De resultaten zijn uitgezet in het diagram van afbeelding 62.

Welke van de volgende manieren van wassen zal de grootste hoeveelheid eiwit uit wasgoed kunnen verwijderen als in alle gevallen evenveel wasmiddel is toegevoegd?

- A Gedurende 20 minuten wassen in water van 50 °C.
- B Gedurende 20 minuten wassen in water dat tijdens het wassen langzaam wordt opgewarmd tot 50 °C.
- C Gedurende 10 minuten wassen in kokend water en dan 10 minuten in water van 50 °C.
- D Gedurende 10 minuten weken in water van 10 °C en dan 10 minuten wassen in water van 60 °C.

▼ Afb. 62



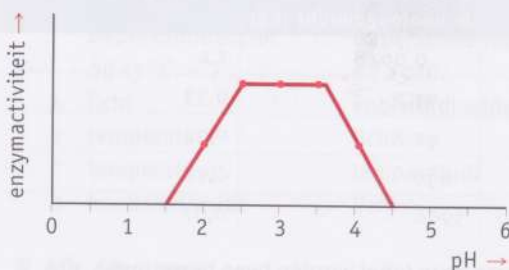
5 Een leerling wil de activiteit van een bepaald enzym meten bij verschillende zuurgraden. Zij vult een serie reageerbuisen met een gelijke hoeveelheid substraat. Door toevoeging van verschillende concentraties zoutzuur (HCl) aan de buizen varieert de zuurgraad van pH 1 tot pH 6. Aan elke buis voegt zij vervolgens een gelijke hoeveelheid enzymoplossing toe. Na een half uur meet zij de hoeveelheid omgezet substraat. De resultaten van haar metingen zet zij uit in een diagram (zie afbeelding 63). De grafiek heeft een afgeplatte vorm, terwijl zij een optimumkromme had verwacht. Zij overweegt voor deze afplatting de volgende drie verklaringen:

- 1 Bij een pH hoger dan 2,5 wordt de ruimtelijke vorm van de enzymmoleculen verstoord.
- 2 Bij een pH hoger dan 2,5 wordt de activiteit per enzymmolecuul minder.
- 3 Zij heeft bij de proeven te weinig substraat toegevoegd.

Welke verklaring is of welke verklaringen zijn juist?

- A Alleen verklaring 1.
- B Alleen verklaring 3.
- C De verklaringen 1 en 2.
- D De verklaringen 1 en 3.

▼ Afb. 63



DOELSTELLING 7

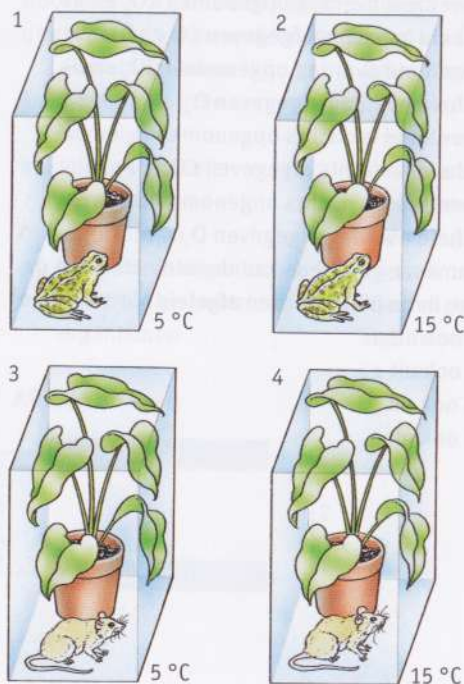
Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

1 In vier identieke ruimten worden een plant en een dier geplaatst zoals aangegeven in afbeelding 64. Alle planten hebben hetzelfde gewicht, alle dieren ook. Na een uur zijn alle organismen nog in leven. De dieren hebben zich rustig gedragen.

In welke ruimte is dan het koolstofdioxidegehalte het hoogst?

- A In ruimte 1.
- B In ruimte 2.
- C In ruimte 3.
- D In ruimte 4.

▼ Afb. 64



- 2 Van vijf zoogdieren is in tabel 2 weergegeven hoeveel millimeter O_2 zij in rust per gram lichaamsgewicht per uur verbruiken. Bovendien is het totale gewicht van het organisme weergegeven.

▼ Tabel 2 Zuurstofverbruik bij vijf zoogdieren.

Dier	Totale lichaamsgewicht (kg)	mL O_2 /gram/uur
Spitsmuis	0,0048	7,4
Hond	11,7	0,33
Schaap	42,7	0,22
Paard	650	0,11
Olifant	3900	0,07

Op grond van deze tabel worden twee beweringen gedaan.

- 1 Bij deze dieren is het zuurstofverbruik per gram lichaamsgewicht afhankelijk van het totale gewicht.
- 2 Een spitsmuis heeft per gram lichaamsgewicht minder energie nodig dan een schaap.

Is bewering 1 juist? En bewering 2?

- A Geen van beide beweringen is juist.
- B Alleen bewering 1 is juist.
- C Alleen bewering 2 is juist.
- D Zowel bewering 1 als bewering 2 is juist.

DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Bij onderzoek aan een plant kunnen de volgende gegevens worden bepaald:
 - 1 De hoeveelheid overdag opgenomen CO_2 en de hoeveelheid 's nachts afgegeven CO_2 .
 - 2 De hoeveelheid overdag opgenomen CO_2 en de hoeveelheid overdag afgegeven O_2 .
 - 3 De hoeveelheid 's nachts opgenomen O_2 en de hoeveelheid 's nachts afgegeven CO_2 .
 - 4 De hoeveelheid 's nachts opgenomen O_2 en de hoeveelheid overdag afgegeven O_2 .

Uit welke van deze gegevens kan de intensiteit van de fotosynthese in de plant worden afgeleid?

- A Uit 1 en ook uit 2.
- B Uit 1 en ook uit 4.
- C Uit 2 en ook uit 3.
- D Uit 3 en ook uit 4.

- 2 Van een plant werd gemeten dat in het donker 10 mL CO_2 per uur aan het milieu werd afgegeven. In het licht nam deze plant 12 mL CO_2 per uur uit het milieu op. Aangenomen wordt dat de mate van dissimilatie in het licht gelijk is aan die in het donker.

Hoeveel millimeter CO_2 heeft de plant gedurende dat uur in het licht totaal verbruikt voor de fotosynthese?

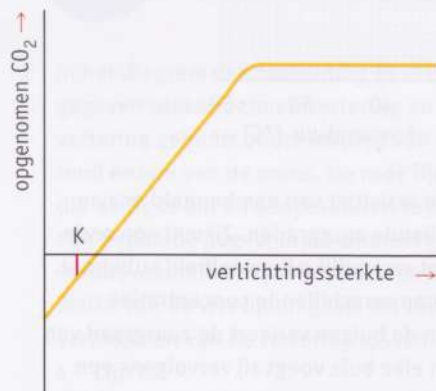
- A 2 mL.
- B 10 mL.
- C 12 mL.
- D 22 mL.

- 3 In het diagram van afbeelding 65 is de door een plant opgenomen of afgegeven hoeveelheid koolstofdioxide uitgezet tegen de verlichtingssterkte.

Welke bewering over fotosynthese en dissimilatie bij verlichtingssterkte K is juist?

- A Bij verlichtingssterkte K is de intensiteit van de fotosynthese groter dan die van de dissimilatie.
- B Bij verlichtingssterkte K is de intensiteit van de fotosynthese kleiner dan die van de dissimilatie.
- C Bij verlichtingssterkte K vindt geen fotosynthese en geen dissimilatie plaats.
- D Bij verlichtingssterkte K is de intensiteit van de fotosynthese gelijk aan die van de dissimilatie.

▼ Afb. 65

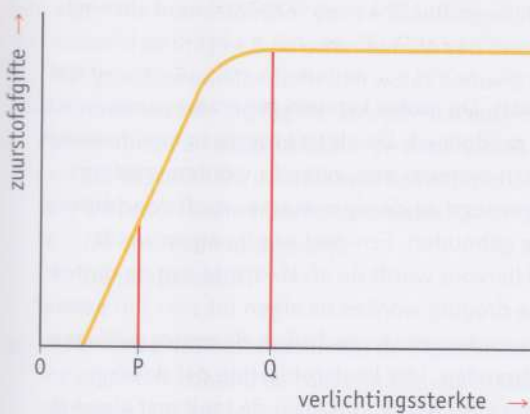


- 4 Bij maïs wordt het verband tussen verlichtingssterkte en zuurstofafgifte bepaald (zie afbeelding 66). Is bij P de verlichtingssterkte een beperkende factor? En bij Q?

Bij P Bij Q

- A ja ja
- B ja nee
- C nee ja
- D nee nee

▼ Afb. 66

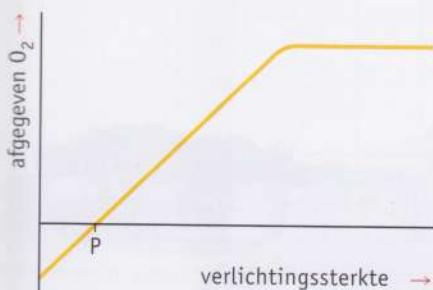


5 Een onderzoeker meet de zuurstofuitwisseling van een boonplant met het milieu bij toenemende verlichtingssterkte. De gevonden waarden heeft hij uitgezet in een diagram (zie afbeelding 67). Hierna verricht hij dezelfde serie metingen, maar nu bij een hoger koolstofdioxidegehalte van de lucht. Ten slotte verricht hij een derde serie metingen, waarbij de plant alleen meer water krijgt toegediend. Alle andere omstandigheden houdt hij tijdens de proeven steeds constant. Waar zal punt P (het snijpunt van de grafiek met de x-as) bij de verschillende metingen komen te liggen?

<i>Tweede serie metingen</i>	<i>Derde serie metingen</i>
<i>bij alleen een hoger CO₂-gehalte</i>	<i>bij alleen meer water</i>

- | | |
|----------------------|--------------------|
| A meer naar rechts | meer naar rechts |
| B meer naar links | meer naar links |
| C meer naar links | op dezelfde plaats |
| D op dezelfde plaats | op dezelfde plaats |

▼ Afb. 67



6 In een experiment wordt de invloed van de verlichtingssterkte op de O₂-opname en op de O₂-afgifte door een plant bepaald. Dit wordt gedaan bij de temperaturen 15 °C en 25 °C. De resultaten zijn in het diagram van afbeelding 68 weergegeven. Bij verlichtingssterkte P is slechts één factor beperkend voor de fotosynthese. Welke factor is dit bij een temperatuur van 15 °C? En welke factor bij een temperatuur van 25 °C?

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Beperkende factor bij 15 °C</i> | <i>Beperkende factor bij 25 °C</i> |
| A licht | koolstofdioxide |
| B temperatuur | licht |
| C temperatuur | temperatuur |
| D koolstofdioxide | licht |

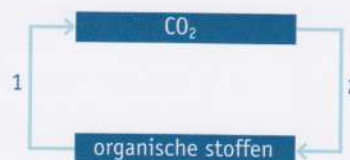
▼ Afb. 68



7 In afbeelding 69 is de relatie weergegeven tussen CO₂ en organische stoffen. Door welke organismen kan omzetting 1 worden uitgevoerd en door welke organismen omzetting 2?

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| <i>Omzetting 1 door</i> | <i>Omzetting 2 door</i> |
| A alleen autotrofe organismen | alleen autotrofe organismen |
| B alleen autotrofe organismen | alleen heterotrofe organismen |
| C autotrofe en heterotrofe organismen | alleen autotrofe organismen |
| D autotrofe en heterotrofe organismen | alleen heterotrofe organismen |

▼ Afb. 69

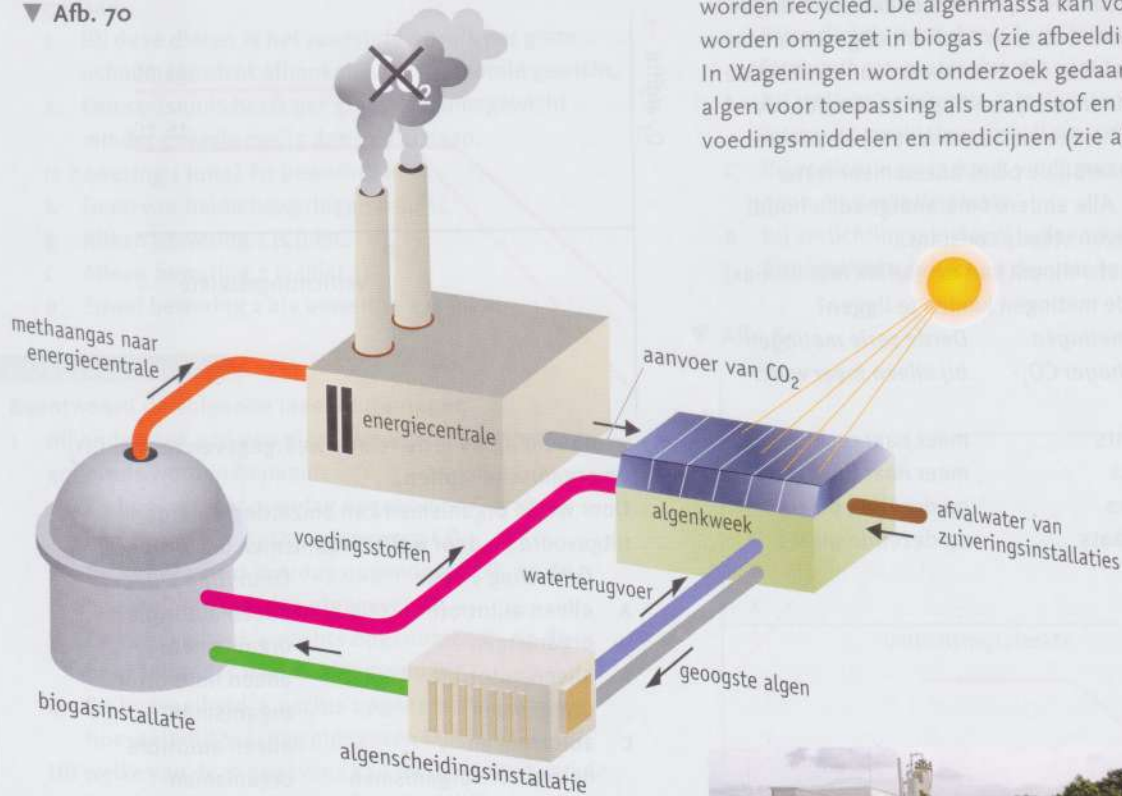


ALGEN ALS BIOBRANDSTOF

Algen produceren olie met behulp van zonlicht en koolstofdioxide. Mede door die eigenschap zijn algen geschikt als brandstof in een verbrandingsmotor. Onder gunstige omstandigheden kan op een bepaald oppervlak met algen ongeveer 100x zoveel olie worden geproduceerd als op een even groot veld zonnebloemen. Bij de verbranding van algenolie ontstaat weer koolstofdioxide. Er is sprake van een kringloop waarin met behulp van energie uit zonlicht, elektrische energie kan worden opgewekt. Medewerkers van de University of the West of England in Bristol hebben een prototype van een algenmotor gebouwd met een vermogen

van 25 kilowatt. De motor kan een generator aandrijven die elektriciteit produceert. De algen groeien in een doorzichtig, afgesloten systeem met water. Er worden voedingsstoffen toegevoegd en de algenmassa wordt voortdurend in beweging gehouden. Een deel van de algen wordt gedroogd. Hiervoor wordt de afvalwarmte van de motor gebruikt. Na droging worden de algen tot zeer fijn poeder vermalen en onder zeer hoge druk in de motor geblazen, waar ze verbranden. Het koolstofdioxide dat daarbij ontstaat, gaat voor hergebruik naar de tank met algen die daar weer flink van groeien. Het gebruikte water en de benodigde plantvoedingsstoffen (mineralen) kunnen worden recycled. De algenmassa kan voor verbranding ook worden omgezet in biogas (zie afbeelding 70.1). In Wageningen wordt onderzoek gedaan naar de teelt van algen voor toepassing als brandstof en als grondstof voor voedingsmiddelen en medicijnen (zie afbeelding 70.2).

▼ Afb. 70



1 kringloop in een algen-energiecentrale



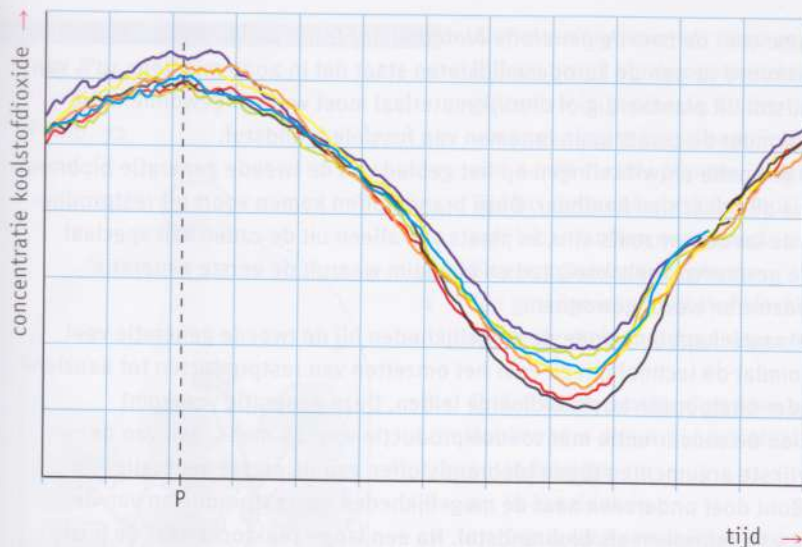
2 algenwekerij van de Universiteit Wageningen (algaePARC)

De context 'Algen als biobrandstof' gaat over het gebruik van algen als brandstof voor een verbrandingsmotor.

Beantwoord de vragen 8 en 9 met behulp van deze context.

- 8 Met gunstige omstandigheden wordt bedoeld dat alle factoren voor de algengroei zo optimaal mogelijk zijn. Welke factor is in deze situatie de beperkende factor?
- De beschikbare hoeveelheid koolstofdioxide.
 - De beschikbare hoeveelheid water.
 - De hoeveelheid chlorofyl.
 - De temperatuur.
- 9 Gedurende het experiment met de algenmotor wordt in de algenbak continu de concentratie koolstofdioxide gemeten. Op het scherm van de computer die de meting bijhoudt zijn de resultaten van een week met verschillende kleuren weergegeven (zie afbeelding 71). In afbeelding 71 is met P een bepaald moment van de dag aangegeven. Welk moment van de dag is met P aangegeven?
- Opkomst van de zon.
 - Midden op de dag.
 - Ondergang van de zon.
 - Midden in de nacht.

▼ Afb. 71



Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingstof.

Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

opdracht 1

Noteer de volgende begrippen op de juiste plaats in de tabel. Bij elk van de genoemde termen in kolom 1, passen steeds drie van de volgende begrippen: *aerob of anaerob – alcohol – alle chemische reacties – aminozuren – assimilatie – basale stofwisseling – bastvaten – beperkende factor – bladgroenkorrels – chlorofyl – dissimilatie – gisting – huidmondjes – katalysator – koolstofassimilatie – optimumkromme – O₂-productie en -verbruik – polysachariden – substraat-specifiek – vetten – vorming van glucose.*

Dissimilatie	
Stofwisseling	
Planten	
Fotosynthese	
Voortgezette assimilatie	
Enzymen	
Intensiteit van de stofwisseling	

opdracht 2

Optimisme over de tweede generatie biobrandstof (examen havo 2012-2, pilot)

In een akkoord tussen de Europese lidstaten staat dat in 2020 minstens 10% van de brandstof uit plantaardig of dierlijk materiaal moet worden gewonnen. Dit materiaal moet de plaats gaan innemen van fossiele brandstof.

Dankzij de snelle ontwikkelingen op het gebied van de tweede generatie biobrandstoffen is dit misschien haalbaar. Deze brandstoffen komen voort uit restproducten van de landbouw zoals stro, in plaats van alleen uit de zaden van speciaal geteelde gewassen zoals koolzaad en oliepalm waaruit de eerste generatie biobrandstoffen wordt gewonnen.

Een oliemaatschappij noemde de mogelijkheden bij de tweede generatie veel groter, omdat de technologieën voor het omzetten van restproducten tot aanzienlijk minder uitstoot van koolstofdioxide leiden. Deze generatie voorkomt bovendien de concurrentie met voedselproductie voor de mens, een van de belangrijkste argumenten tégen biobrandstoffen van de eerste generatie. Jan de Bont doet onderzoek naar de mogelijkheden om restproducten van de landbouw te gebruiken als biobrandstof. Na een lange zoektocht naar de juiste enzymen kan hij deze restproducten omzetten in bio-ethanol. Het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) waarschuwt dat er nog steeds een zeer grote hoeveelheid biomassa nodig is.

- De volgende stoffen kunnen voorkomen in dierlijke en plantaardige restproducten: cellulose, sacharose, mineralen, vetten en eiwitten. Welke van deze stoffen zijn geschikt als grondstof voor de productie van de tweede generatie biobrandstoffen?

- A Alleen cellulose, sacharose en mineralen.
- B Alleen cellulose, sacharose en vetten.
- C Alleen sacharose, vetten en eiwitten.
- D Alleen sacharose, mineralen en eiwitten.
- E Alleen cellulose, sacharose, vetten en eiwitten.
- F Alle genoemde stoffen.

- 2 Bij de eerste generatie biobrandstoffen worden de zaden van de verbouwde planten geoogst en de plantenresten ervan ondergeploegd. Er wordt een fabriek gebouwd waarin de restproducten uit de landbouw in bio-ethanol zullen worden omgezet. Hiervoor moest men wel eerst onderzoek doen naar de juiste enzymen en gisten.

Er is meer dan één soort enzym nodig voor de productie van deze biobrandstof. Leg dit uit.

- 3 Naast enzymen is er gezocht naar de juiste gisten. Hieronder staan twee uitspraken over het onderscheid tussen gisten en enzymen:
- 1 Een gist bevat DNA en een enzym is opgebouwd uit DNA.
 - 2 In gisten vindt zowel dissimilatie als assimilatie plaats en enzymen zijn alleen betrokken bij assimilatie.

Welke uitspraak is of welke uitspraken zijn juist?

- A Geen van beide uitspraken.
- B Alleen uitspraak 1.
- C Alleen uitspraak 2.
- D Beide uitspraken.

opdracht 3

Stofwisseling (examen havo 1999-1)

Bij een proef worden geraniums in bloempotten met aarde onder een afgesloten glazen stolp geplaatst. Onder de stolp wordt tevens een schaalkje helder kalkwater geplaatst (zie afbeelding 72). Als controleproef gebruikt men bloempotten met aarde zonder planten in een overigens gelijke opstelling.

Tijdens de proef wordt het kalkwater in beide opstellingen troebel. Onder de stolp met bloempotten met geraniums gebeurt dit eerder dan onder de stolp met bloempotten zonder planten.

- 1 Ten gevolge van welk stofwisselingsproces in de geraniums wordt het kalkwater onder de stolp met geraniums troebel?
- 2 Onder welke omstandigheden werd dit experiment uitgevoerd: in fel licht, in het donker of is dit uit het resultaat niet af te leiden?
- A In fel licht.
 - B In het donker.
 - C Dat is uit het resultaat niet af te leiden.

- 3 Op den duur wordt het kalkwater onder de stolp met alleen bloempotten met aarde ook troebel. Formuleer een hypothese ter verklaring van dit verschijnsel en geef aan met welke proef je die hypothese kunt toetsen. Geef daarbij ook aan bij welk resultaat je hypothese wordt bevestigd.

Doe het zo:

Hypothese: ...

Proef: ...

Bevestigend resultaat: ...

▼ Afb. 72

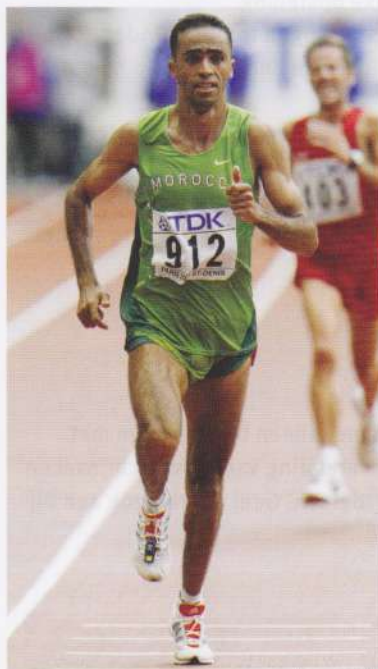


1 Stofwisseling bij sport

▼ Afb. 73



1 sprinter



2 langeafstandloper

In de basisstof is behandeld dat bij grote inspanning (bijvoorbeeld bij het sporten) in de spieren anaerobe dissimilatie van glucose kan plaatsvinden. In deze verrijkingstof komt aan de orde bij welke sporten dit belangrijk is en hoe het lichaam zich daaraan aanpast.

Bij het sporten wordt in de spieren veel energie vrijgemaakt. Gewoonlijk gebeurt dit door aerobe dissimilatie van glucose. Daarvoor is het belangrijk dat de longen veel zuurstof kunnen opnemen. De longen van een goed getrainde sporter kunnen ongeveer 6 liter zuurstof per minuut opnemen. Daarmee kan een atleet niet harder lopen dan ongeveer 20 kilometer per uur. De beste marathonlopers kunnen dit ongeveer twee uur achter elkaar volhouden. Op de kortere afstanden wordt echter veel harder gelopen. Daar is ook meer energie voor nodig.

Deze energie kan niet geheel door de aerobe dissimilatie van glucose worden vrijgemaakt. In de basisstof is behandeld dat in de spieren ook anaerobe dissimilatie van glucose kan plaatsvinden. Hierbij ontstaat melkzuur, dat zich in de spieren ophoopt. Dit veroorzaakt een vermoeid gevoel. Als de opgehoopte hoeveelheid melkzuur te groot wordt, ontstaan spierkrampen. Na afloop van de inspanning wordt het opgeslagen melkzuur weer omgezet in glucose. Daarvoor is zuurstof nodig. Na een wedstrijd blijft een atleet nog enige tijd nahijgen om deze zuurstof op te kunnen nemen. Het kan tot drie kwartier duren voordat het melkzuur geheel is verdwenen en de ademhaling weer normaal is. De hoeveelheid zuurstof die nodig is om het melkzuur om te zetten in glucose, heet **zuurstofschuld**. Deze kan maximaal oplopen tot ongeveer 17 liter. Hoe belangrijk de zuurstofschuld is bij de verschillende afstanden in de atletiek is af te leiden uit tabel 3.

Op de 100 meter sprint neemt een atleet tijdens de race vrijwel geen zuurstof op. De benodigde energie wordt bijna helemaal geleverd door de ATP-voorraad in de spieren en door anaerobe dissimilatie. Hetzelfde geldt voor andere 'explosieve' sporten, zoals springen, speerwerpen en gewichtheffen. Voor al deze sporters is het niet zo belangrijk dat hun longen veel zuurstof kunnen opnemen of dat hun bloed veel zuurstof kan vervoeren. Ze hebben zware, krachtige spieren (zie afbeelding 73.1). Hun training is vooral gericht op snelheid en kracht. Ze trainen veel met gewichten (**krachttraining**).

Bij de lange afstanden wordt de benodigde energie vrijwel geheel geleverd door aerobe dissimilatie van glucose. Hetzelfde geldt voor andere takken van sport waarbij langdurige inspanningen moeten worden geleverd. Voor deze sporters is het zeer belangrijk dat hun longen veel zuurstof kunnen opnemen. Het hart en de bloedvaten moeten ook in een goede conditie zijn. Langeafstandlopers hebben spieren die zeer goed doorbloed zijn (zie afbeelding 73.2). Hun training bestaat voor een belangrijk deel uit een langdurige, gelijkmatige inspanning (**duurtraining**).

Bij de middenafstanden wordt de energie geleverd door aerobe en anaerobe dissimilatie, beide voor ongeveer de helft. Dit zijn voor atleten 'moeilijke' afstanden om te lopen. Als een atleet in het begin van de wedstrijd te hard gaat, loopt de zuurstofschuld vóór het einde van de wedstrijd te hoog op. Het komt vaak voor dat een 800-meterloper op het laatste rechte stuk voor de finish nog de leiding

heeft. Opeens verkrampst hij en wordt gepasseerd door atleten die hun krachten beter hebben verdeeld. Het is voor middenafstandlopers de kunst hun race zo in te delen, dat de maximale zuurstofschuld precies op de finish wordt bereikt. Middenafstandlopers trainen op snelheid en op uithoudingsvermogen. Ze doen vaak aan **intervaltraining**, dat wil zeggen een groot aantal korte sprints met daartussen korte rustperiodes. Balsporten vertonen de meeste overeenkomst met de middenafstand voor wat betreft de energielevering.

▼ **Tabel 3** De stofwisseling bij verschillende afstanden in de atletiek bij topprestaties.

Afstand	100 m	800 m	1500 m	10 000 m	marathon (42 195 m)
Tijd	10 s	1 min 45 s	3 min 35 s	28 min	2 h 10 min
Gemiddelde snelheid	36 km/u	27,5 km/u	25 km/u	21,5 km/u	19,5 km/u
Benodigde hoeveelheid zuurstof	10 L	26 L	36 L	150 L	700 L
Ingeademde hoeveelheid zuurstof	vrijwel 0 L	9 L	19 L	133 L	685 L
Zuurstofschuld	bijna 10 L	17 L	17 L	17 L	15 L
Percentage energie verkregen uit aerobe dissimilatie	vrijwel 0%	35%	55%	90%	98%
Percentage energie uit de ATP-voorraad of uit anaerobe dissimilatie	vrijwel 100%	65%	45%	10%	2%

opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Noem enkele sporten waarbij het grootste deel van de benodigde energie wordt geleverd door aerobe dissimilatie van glucose.
- 2 Noem enkele sporten waarbij het grootste deel van de benodigde energie wordt geleverd door anaerobe dissimilatie.
- 3 Hoe komt het dat atleten vooral op de middenafstanden vaak een inzinking krijgen vlak voor de finish?
- 4 Verklaar waarom bij balsporters zowel de conditie van hart, bloedvaten en longen als krachtige spieren belangrijk zijn.
- 5 Welke training is het meest geschikt voor balsporters: krachttraining, duurtraining of intervaltraining? Leg je antwoord uit.
- 6 Verklaar het relatief lage percentage energie uit de ATP-voorraad bij marathonlopers (zie tabel 3).
- 7 Testosteron (het mannelijk geslachtshormoon) stimuleert de opbouw van spieren. Dit resulteert in een grotere spiermassa. Bij sommige vormen van doping wordt gebruikgemaakt van aan testosteron verwante stoffen (anabole steroïden). Zal deze vorm van doping vaker worden toegepast bij sporten met een explosief karakter, of bij duursporten? Leg je antwoord uit.
- 8 Epo is een hormoon dat de productie van rode bloedcellen stimuleert. Na de ontdekking werd epo al snel als doping gebruikt door onder andere marathonlopers. Al snel werd het gebruik van epo verboden en kwam het op de lijst met verboden middelen (de dopinglijst). Leg uit dat juist duursporters epo gebruikten.

WEB meer verrijkingstoffen vind je op ePack

2

DNA



BASISSTOF

- 1 De bouw en functie van DNA 60
- 2 DNA-replicatie 65
- 3 Eiwitsynthese 70
- 4 Genexpressie en celdifferentiatie 74
- 5 Mutaties 82
- 6 Wat kun je doen met DNA? 91

SAMENVATTING 97

DIAGNOSTISCHE TOETS 100

EINDOPDRACHT 105

VERRIJKINGSSTOF 108

- 1 Erfelijke ziekten en afwijkingen bij de mens 108



In dit thema leer je hoe DNA is opgebouwd en hoe de informatie in het DNA tot uiting komt in de eigenschappen van een organisme. Ook behandelen we hoe deze informatie bij celdeling wordt doorgegeven van moedercel naar dochtercellen. DNA-moleculen kunnen wijzigingen ondergaan. Dit kan leiden tot andere eigenschappen. Aan het eind van dit thema gaan we in op de mogelijkheden die er zijn om het DNA van een organisme te veranderen.

In dit thema gebruiken we regelmatig Engelse termen omdat deze algemeen worden gebruikt in de biologie.

1 De bouw en functie van DNA

In deel 4 ben je al op verschillende plaatsen DNA tegengekomen. DNA bevat de informatie over je erfelijke eigenschappen. In deze basisstof gaan we verder in op de bouw en functie van DNA.

HEMOCHROMATOSE

Bij de vader van Juultje werd op zijn vijftigste een erfelijke stofwisselingsziekte ontdekt. Hij was al vaak bij de huisarts geweest omdat hij last had van chronische vermoeidheid, duizeligheid en pijn rechtsboven in zijn buik. Maar zijn klachten waren zo vaag en algemeen dat de huisarts eigenlijk niets kon vinden.

Toen de opa van Juultje stierf aan leverkanker vond haar vader het tijd voor een uitgebreider onderzoek. Daarvoor werd onder andere bloed bij hem afgenomen. Uit het bloedonderzoek bleek dat de transporteiwitten die ijzer vanuit de dunne darm naar de weefsels transporteren, bij hem veel meer ijzer vervoeren dan normaal. Daardoor wordt er te veel ijzer uit het voedsel in de dunne darm opgenomen. Dit heet hemochromatose. De meeste patiënten met hemochromatose hebben tot hun veertigste geen klachten. Een teveel aan ijzer wordt namelijk opgeslagen in onder andere de lever, de milt en het beenmerg. Maar

doordat het lichaam overtollig ijzer niet kan afvoeren, blijft het ijzergehalte in deze organen maar toenemen. Dit noemt men ijzerstapeling en dat is schadelijk voor weefsels en organen. In de lever kan dit bijvoorbeeld leiden tot leverkanker.

▼ Afb. 1

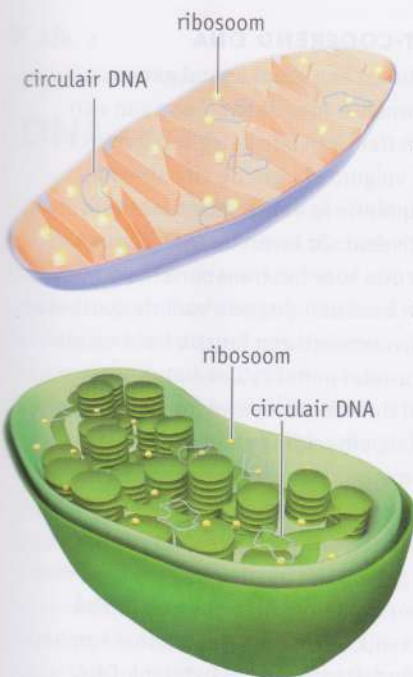


Door een klein stukje van de lever weg te nemen (leverbiopsie), kan men onderzoeken of er te veel ijzer in de lever is opgeslagen. Wanneer dat het geval is, ondergaat een patiënt wekelijks een therapeutische aderlating. Er wordt dan bloed afgetapt bij de patiënt. Rode bloedcellen in het bloed bevatten ijzer. De patiënt verliest dus ijzer met het bloed. Het lichaam maakt na een aderlating nieuwe rode bloedcellen aan en gebruikt daarbij het opgeslagen ijzer. Bij de vader van Juultje is het ijzergehalte in zijn organen en weefsels door aderlatingen gedaald naar

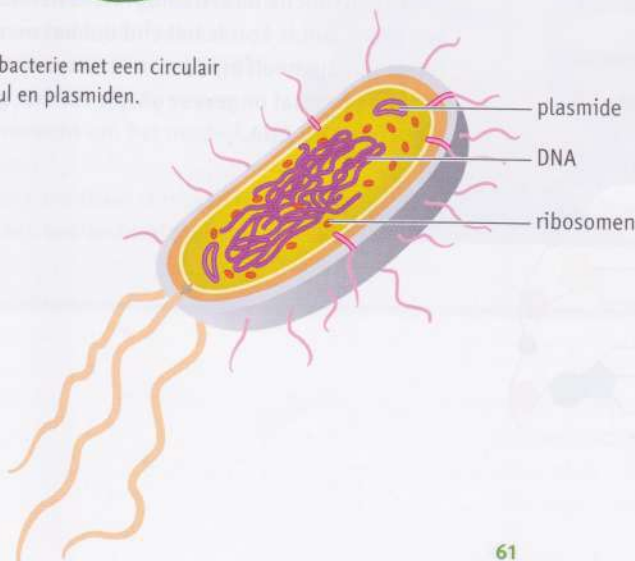
normale waarden. Nu heeft hij meestal nog zo'n drie of vier aderlatingen per jaar nodig om deze waarden te behouden. Juultje zocht op het internet naar meer informatie over hemochromatose. Ze ontdekte dat de erfelijke vorm van hemochromatose wordt veroorzaakt door een recessieve mutatie in chromosoom 6. In afbeelding 1 is in een karyogram van een man aangegeven op welke plaats de nucleotidevolgorde door de mutatie is veranderd. Op deze plaats ligt het HFE-allel. Dit allel is verantwoordelijk voor de synthese van het transporteiwit voor ijzer.

opdracht 1

▼ **Afb. 2** Mitochondriën en chloroplasten bezitten hun eigen DNA.



► **Afb. 3** Een bacterie met een circulair DNA-molecuul en plasmiden.



Beantwoord de volgende vragen.

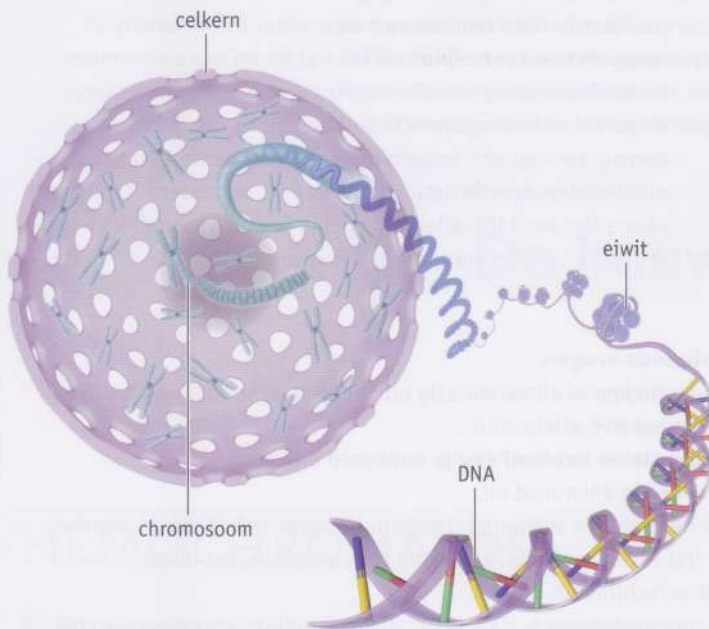
Juultje wil laten onderzoeken of zij de mutatie ook heeft. De moeder van Juultje heeft geen mutatie in het HFE-allel.

- 1 Kan Juultje hemochromatose hebben? Leg je antwoord uit.
- 2 Is Juultje draagster? Leg je antwoord uit.
- 3 De meeste dragers hebben een verhoogd ijzergehalte maar ze krijgen de aandoening meestal niet. Het recessieve allel komt dus toch enigszins tot uiting. Hoe noemen we dit verschijnsel?
- 4 Bij mannen met hemochromatose is de kans op ijzerstapeling iets groter dan bij vrouwen met deze aandoening. Leg dit uit.
- 5 Juultje wil graag weten of zij de mutatie heeft omdat ze later graag kinderen wil. Juultje is nu 16 jaar. Waarom is het nu al belangrijk voor Juultje om te weten of zij drager is?
- 6 Stel dat Juultje drager is. Hoe groot is dan de kans op een kind met hemochromatose wanneer haar toekomstige partner ook drager is?

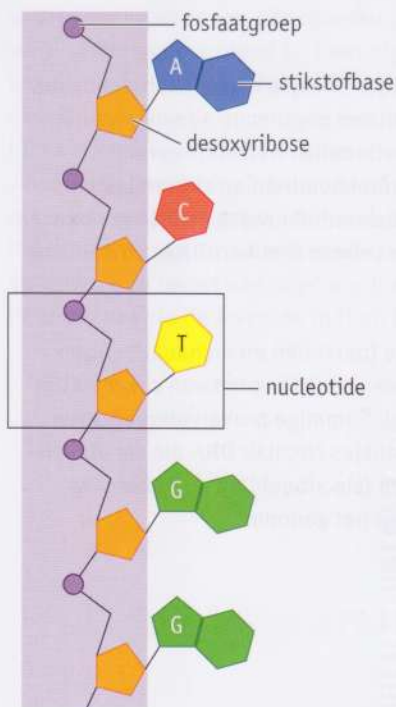
In deel 4 heb je geleerd dat DNA de informatie voor erfelijke eigenschappen bevat. Het geheel aan erfelijke informatie in een cel van een organisme noemen we het **genoom**. Bij een meercellig organisme hebben alle cellen hetzelfde genoom. Eukaryoten hebben een celkern met DNA. Ook mitochondriën en chloroplasten bezitten DNA (zie afbeelding 2). Het DNA in mitochondriën wordt **mtDNA** genoemd. Bij eukaryoten omvat het genoom het DNA in de celkern (het **kernDNA**) en het DNA in bepaalde organellen.

Prokaryoten (bacteriën en archaea) hebben geen celkern. Het DNA vormt een cirkel en ligt los in de cel. Sommige prokaryoten bezitten ook korte stukjes circulair DNA die we **plasmiden** noemen (zie afbeelding 3). Al het DNA samen vormt het genoom.

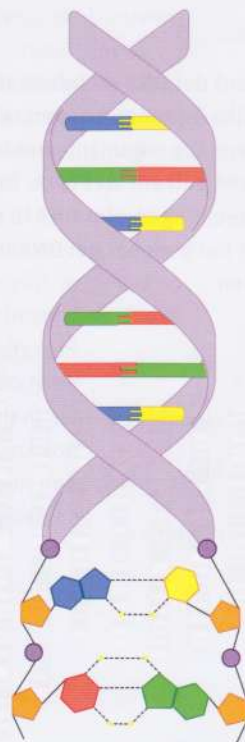
▼ **Afb. 4** Chromosomen bestaan uit DNA en eiwit.



▼ **Afb. 5** Weergave van aan elkaar gekoppelde nucleotiden in een DNA-molecuul.



▼ **Afb. 6** In een DNA-molecuul liggen twee nucleotidketens in een helixstructuur om elkaar heen.



In deel 4 heb je geleerd dat bij eukaryoten het kernDNA is verdeeld over verschillende chromosomen. Ieder chromosoom bevat een DNA-molecuul (zie afbeelding 4). Een DNA-molecuul is een **nucleïnezuur** dat bestaat uit twee ketens van aan elkaar gekoppelde nucleotiden. Nucleïnezuren werden voor het eerst ontdekt in een celkern. De celkern wordt ook wel nucleus genoemd. Later bleek dat ook in het cytoplasma nucleïnezuren kunnen voorkomen. In deel 4 heb je geleerd hoe DNA is opgebouwd. Afbeeldingen 5 en 6 laten dat nog eens zien.

De twee ketens in een DNA-molecuul liggen in een dubbele spiraal om elkaar heen. We noemen dit een **helixstructuur**. De twee nucleotidketens worden met elkaar verbonden door vaste **basenparing**: A (adenine) met T (thymine) en G (guanine) met C (cytosine).

GENEN EN NIET-CODEREND DNA

Een chromosoom bevat een groot aantal genen. Een **gen** bevat informatie voor de synthese van een of meer eiwitten. In deel 4 heb je geleerd dat de DNA-sequentie de volgorde is van de vier stikstofbasen. De DNA-sequentie in een gen bepaalt welk eiwit er wordt gesynthetiseerd. Zo levert de DNA-sequentie in het HFE-gen de code voor het transportenzym voor ijzer. Andere genen bevatten de code voor de synthese van eiwitten die bijvoorbeeld een functie hebben als hormoon of als bouwstof in het cytoskelet.

Je hebt ook geleerd dat elk gen een vaste plaats heeft op een chromosoom (zie afbeelding 1) en dat we de verschillende varianten die er van een gen voor kunnen komen **allelen** noemen.

Bij eukaryoten bestaat maar een klein deel van al het DNA in een cel uit genen. Het overige DNA codeert niet voor eiwitten en wordt daarom **niet-coderend DNA** genoemd. Aanvankelijk dacht men dat dit deel van het DNA geen functie had. Daarom werd het 'junk-DNA' genoemd. Sinds kort is bekend dat het een regulerende functie heeft bij de synthese van eiwitten. Bij de mens bestaat ongeveer 98,5% van het genoom uit niet-coderend DNA.

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Juultje staat wangslimvliescellen af voor een DNA-onderzoek. In welke celorganellen van deze cellen bevindt zich het genoom van Juultje?
- 2 In welke celorganellen van een bladcel bevindt zich het genoom van een tomatenplant?
- 3 Van dubbelstrengs DNA heeft één streng de nucleotidesequentie CGGATACGGTTA. Wat is de nucleotidesequentie van de andere streng?
- 4 Is de sequentie van nucleotiden in het HFE-gen bij de vader en moeder van Juultje hetzelfde? Leg je antwoord uit.
- 5 Zet de volgende concepten in de juiste volgorde van klein naar groot: *chromosoom – DNA-molecuul – gen – genoom – nucleotide – thymine*.

Afbeelding 7 is een artikel over DNA-spray. De vragen 6 en 7 gaan over dit artikel.

- 6 Welke eigenschap van DNA zal de politie bij het forensisch onderzoek gebruiken om de rechtmatige eigenaar van een voorwerp te kunnen achterhalen?
- 7 Zijn de stukjes DNA in DNA-spray in alle spuitbussen hetzelfde? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 7

DNA-spray

Er wordt steeds vaker gebruikgemaakt van DNA-spray om inbraken, overvallen en ramkraken te voorkomen of op te lossen (zie afbeelding 7.1). Kostbare voorwerpen worden gemarkeerd met een spray met stukjes DNA die in een laboratorium zijn gemaakt. De spray is onzichtbaar en zeer moeilijk te verwijderen. Wanneer gemarkeerde voorwerpen worden gestolen, kan de politie na forensisch onderzoek gemakkelijk ontdekken wie de rechtmatige eigenaar van het voorwerp is.

Met een DNA-douche kunnen ook overvallers en inbrekers worden gemarkeerd. Wanneer zij na een overval of inbraak een pand verlaten en worden besproeid met DNA-spray, is later vast te stellen dat zij op het moment van het misdrijf in het pand waren.

Om de markering zichtbaar te maken is in de vloeistof een bestanddeel opgeno-

men dat helderblauw oplicht wanneer het materiaal met uv-licht wordt beschenen (zie afbeelding 7.2). De DNA-spray die is gebruikt, wordt door de politie in beslag genomen na een incident. Ook in

een database is te vinden wie de rechtmatige eigenaar is van een gemarkeerd product of in welk pand de DNA-spray is gebruikt.



1



2

opdracht 3

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik daarbij afbeelding 8, een artikel over mtDNA.

▼ Afb. 8

mtDNA

Elke menselijke cel bevat vele honderden mitochondriën en in elk mitochondrium bevinden zich twee tot tien kopieën van het mtDNA. Het mtDNA bevat genen die mitochondriën gebruik

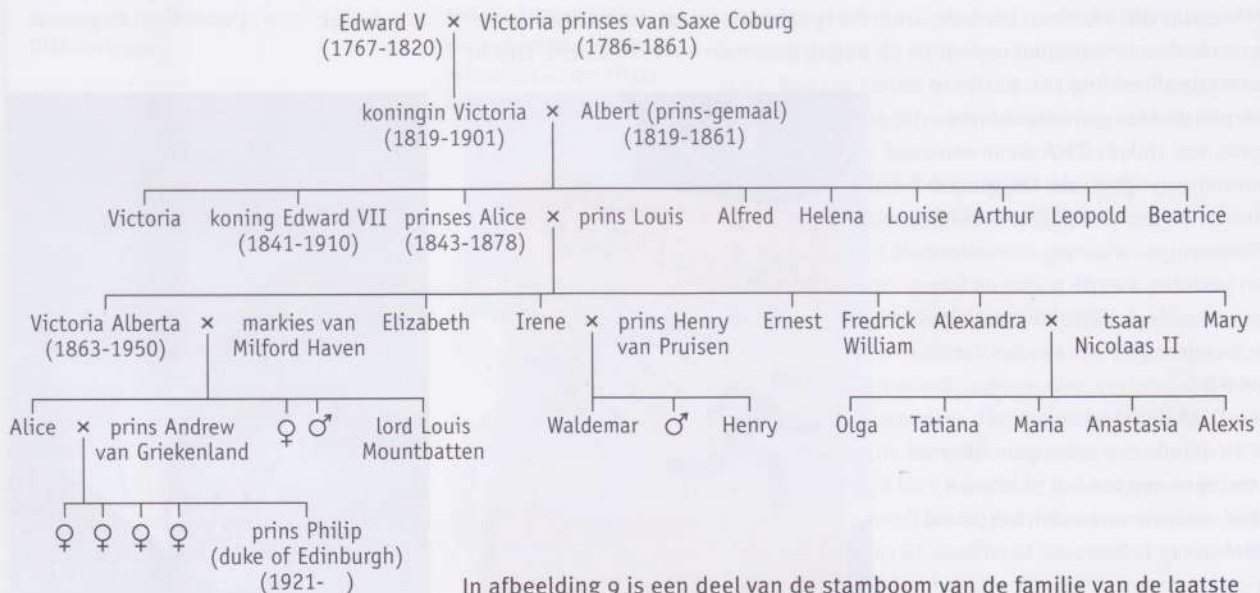
ken om hun eigen eiwitten te maken en zichzelf te reproduceren.

Mitochondriën bevinden zich in het cytoplasma. Bij de bevruchting levert de eicel het cytoplasma met daarin de mitochondriën die afkomstig zijn van de moeder. De mitochondriën van de vader

bevinden zich in de staarten van de zaadcellen. Doordat bij de bevruchting alleen de kop van een zaadcel de eicel binnendringt, blijven de mitochondriën van de vader buiten. Mitochondriën van de zaadcel die toch de eicel binnendringen, worden afgebroken.

- 1 Welke theorie uit de evolutie verklaart dat mitochondriën hun eigen DNA bezitten?
- 2 Kunnen mitochondriën door de cel zelf worden opgebouwd? Leg je antwoord uit.
- 3 Van wie is het mtDNA in de cellen van een embryo afkomstig?
- 4 Mitochondriële overerving is kenmerkend voor bepaalde aandoeningen, doordat deze enkel via de moeder kunnen worden doorgegeven. Waarom komen deze aandoeningen vaak voor in weefsels en organen die veel energie nodig hebben?

▼ Afb. 9 Een deel van de stamboom van de familie van tsaar Nicolaas II.



In afbeelding 9 is een deel van de stamboom van de familie van de laatste Russische tsaar (tsaar Nicolaas II) weergegeven. In 1995 werden in Jekaterinenburg skeletten opgegraven. Bij die plaats werd het tsarengезin in 1918 door de communisten geëxecuteerd. Om na te gaan of de opgegraven skeletten echt van het tsarengезin zijn, is DNA uit die skeletten vergeleken met DNA van prins Philip, echtgenoot van de huidige koningin van Engeland en verwant aan de tsarenfamilie. Het tsarengезin bestond uit Nicolaas II, tsarina Alexandra, hun zoon Alexis en hun vier dochters.

Voor het vergelijken van het DNA gebruikte men geen DNA uit de kernen maar DNA uit de mitochondriën.

- 5 Van welke leden van het tsarengезin is het mtDNA gelijk aan dat van prins Philip? Leg je antwoord uit.

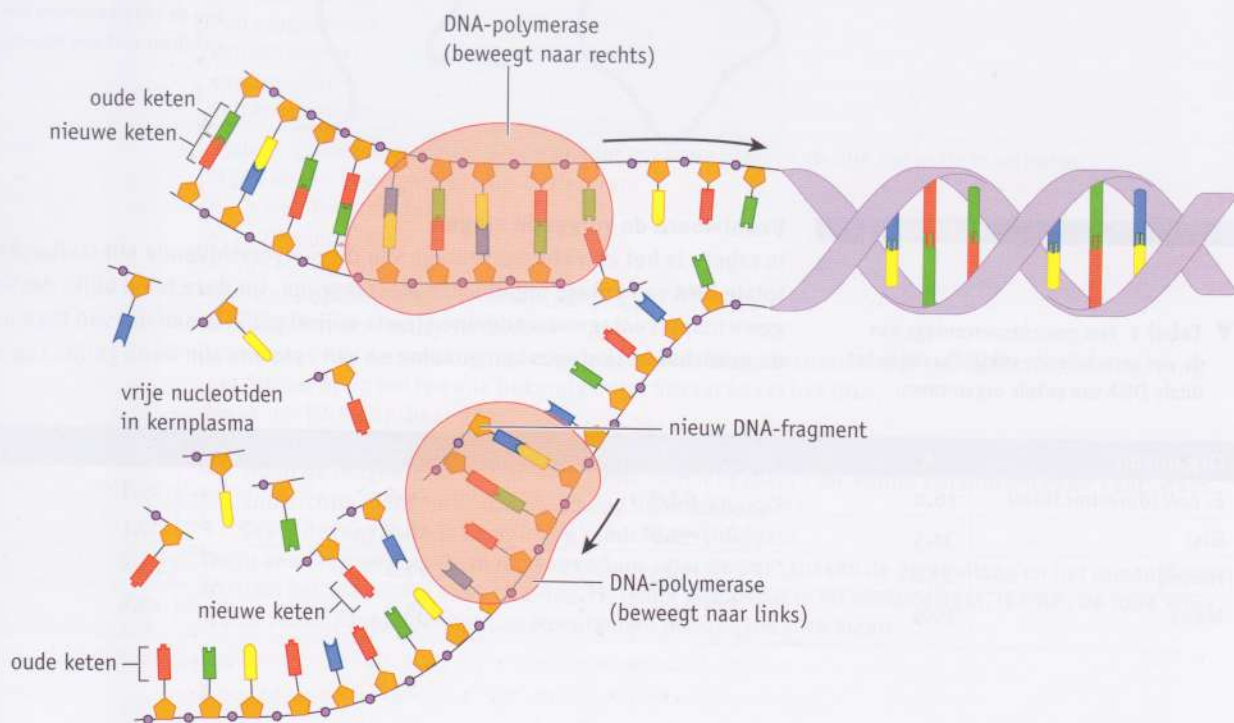
2 DNA-replicatie

DNA-replicatie is nodig voor de vorming van nieuwe cellen. In deel 4 heb je geleerd dat **DNA-replicatie** plaatsvindt in de S-fase van de celcyclus. Hierdoor krijgen de dochtercellen bij de mitose hetzelfde DNA als de moedercel waaruit ze zijn ontstaan.

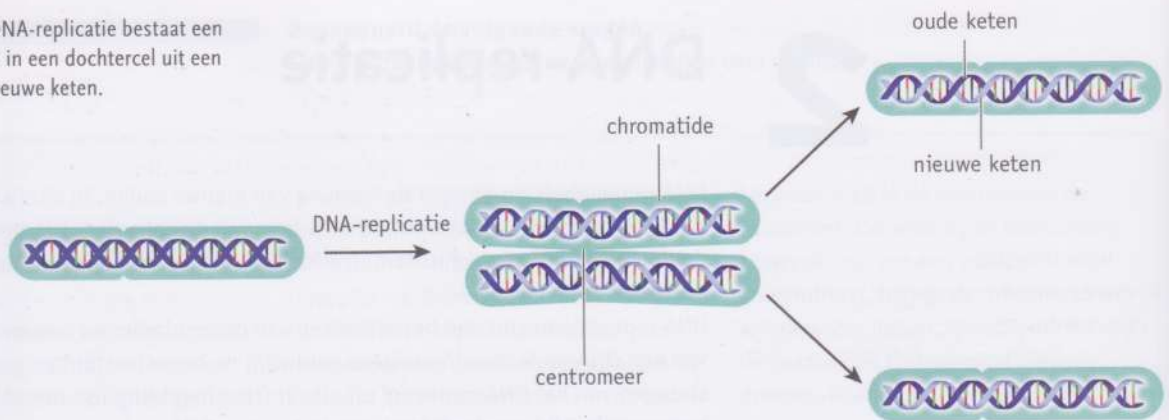
DNA-replicatie begint met het verbreken van de verbindingen tussen de basenparen van een DNA-molecuul. Vervolgens verdwijnt de helixstructuur en gaan de twee strengen van het DNA-molecuul uit elkaar (zie afbeelding 10). In het kernplasma komen **vrije DNA-nucleotiden** voor. Het enzym **DNA-polymerase** schuift langs een enkelvoudige keten en verbindt deze nucleotiden aan de vrijgekomen basen in het DNA-molecuul. Steeds verbindt het adenine (A) en thymine (T) en cytosine (C) en guanine (G) met elkaar. Zo worden er twee nieuwe nucleotidenketens gevormd, aan elke oude keten één. Door de vaste basenparing ontstaan twee identieke DNA-moleculen (zie afbeelding 11). Deze nemen weer de helixstructuur aan.

De replicatie vindt plaats langs het gehele DNA-molecuul, met uitzondering van het **centromeer**. Op deze plek worden de verbindingen in het DNA nog niet verbroken. Het chromosoom bestaat dan uit twee **chromatiden**. Bij het begin van de mitose worden de chromosomen zichtbaar, doordat ze zich spiraliseren. Ze worden dan veel korter en dikker. Tijdens het verdere verloop van de mitose gaan de chromatiden uit elkaar en worden ze elk een chromosoom in een dochtercel (zie afbeelding 12). De twee chromatiden van een chromosoom bevatten dezelfde genen. Elke dochtercel heeft daardoor dezelfde genen als de moedercel. Elk van beide dochtercellen heeft ook hetzelfde aantal chromosomen als de moedercel. In deel 4 is behandeld dat diploïde cellen schematisch worden weergegeven door $2n$. Mitose wordt schematisch weergegeven door $2n \rightarrow 2n + 2n$.

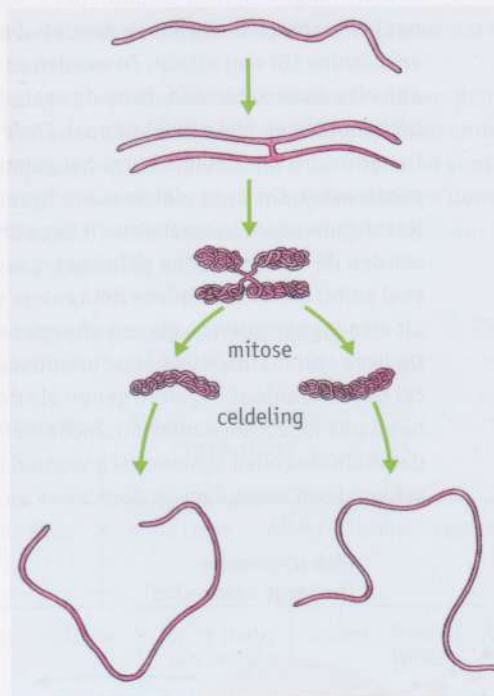
▼ Afb. 10 DNA-replicatie (schematisch).



- ▼ **Afb. 11** Na DNA-replicatie bestaat een DNA-molecuul in een dochtercel uit een oude en een nieuwe keten.



- **Afb. 12** Een chromosoom tijdens de DNA-replicatie en de mitose.



- 1 een chromosoom bestaat uit een DNA-molecuul
- 2 na DNA-replicatie bestaat een chromosoom uit twee chromatiden die bij het centromeer aan elkaar vastzitten
- 3 na spiralisatie is een chromosoom zichtbaar met een microscoop
- 4 de twee chromatiden zijn afzonderlijke chromosomen geworden
- 5 als de spiralisatie is verdwenen, zijn de chromosomen niet meer zichtbaar met een microscoop

opdracht 4

Beantwoord de volgende vragen.

- ▼ **Tabel 1** Het gewichtpercentage van de vier verschillende stikstofbasen in het totale DNA van enkele organismen.

- 1 In tabel 1 is het gewichtpercentage van de vier verschillende stikstofbasen in het totale DNA van enkele organismen weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat het gewichtpercentage van adenine steeds vrijwel gelijk is aan dat van thymine. Ook de gewichtpercentages van guanine en van cytosine zijn bijna gelijk. Leg dat uit.

Organisme	A	T	C	G
<i>E. coli</i> (darmbacterie)	26,0	23,9	24,9	25,3
Gist	31,3	32,9	18,7	17,1
Haring	27,8	27,5	22,2	22,6
Mens	30,9	29,4	19,9	19,8

- 2 Welk enzym komt in actie bij DNA-replicatie nadat de helixstructuur is verdwenen en de twee strengen van het DNA-molecuul uit elkaar zijn gegaan?
- 3 Een onderzoeker slaagt erin vrije DNA-nucleotiden in cellen te markeren met radioactieve H-atomen. Hierna vindt gedurende de S-fase van een celcyclus DNA-replicatie plaats waarbij gemarkeerd DNA wordt gevormd. Bevatten beide chromatiden die tijdens de DNA-replicatie worden gevormd gemarkeerd DNA of slechts een van beide chromatiden? Leg je antwoord uit.

opdracht 5

PRACTICUM

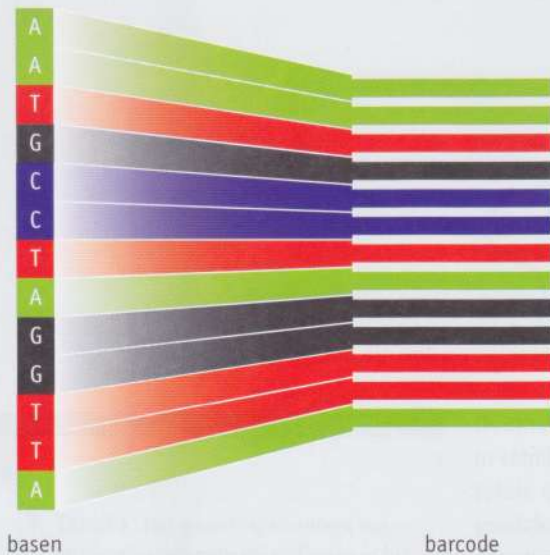
DNA ISOLEREN UIT EEN TOMAAT

<p>Inleiding</p>	<p>Om DNA te onderzoeken, moet je DNA eerst isoleren uit cellen. In dit practicum ga je DNA isoleren uit de cellen van een tomaat. Daarvoor maak je het weefsel mechanisch stuk in een blender. Daarna breek je de membranen rond de cel en rond de celkern af met behulp van een zeepoplossing. Zo kan het DNA uit de celkern vrijkomen. In de zeepoplossing zit ook zout. Dit zout is onder andere nodig om de vrijgekomen eiwitten te laten samenklonteren. Zo kun je het DNA gemakkelijk van de eiwitten scheiden. De celfragmenten verwijder je door filtratie; het DNA blijft dan achter in het filtraat. Met alcohol laat je het DNA neerslaan. DNA lost moeilijk op in alcohol en zal daardoor samenklonteren. Bij de isolatie van DNA uit een tomaat blijven er rode kleurstoffen op het DNA achter. Het DNA is daardoor rood van kleur terwijl het normaal een witte (heldere) kleur heeft.</p>
<p>Materiaal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - een tomaat - NaCl (keukenzout) - afwasmiddel - water - koude ethanol - een theelepel - 2 bekeerglazen (200 mL) - een groot, scherp mes - een snijplank - een mixer met maatbeker (blender of staafmixer) - een pipet (2 mL) - een reageerbuis - keukenpapier - een trechter - een lang satéstokje
<p>Methode</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Snijd ongeveer een derde van de tomaat in kleine blokjes en doe die in de maatbeker. - Maak in een bekeerglas een oplossing van: <ul style="list-style-type: none"> • 5 mL afwasmiddel; • 1 theelepel zout; • 45 mL water. - Giet deze oplossing bij de tomaatblokjes. - Mix de inhoud 10 tot 15 seconden. - Vouw een filter van keukenpapier en plaats deze in de trechter. Filtreer de tomaatoplossing. Vang het filtraat op in het tweede bekeerglas. Het filtraat bevat het DNA. - Maak het DNA zichtbaar door: <ul style="list-style-type: none"> • 0,5 mL filtraat te pipetteren in een reageerbuis. • Houd de reageerbuis schuin en schenk heel langzaam 1 mL koude ethanol langs de kant. Wees voorzichtig met koude ethanol (draag handschoenen). • Draai de reageerbuis voorzichtig rond. Niet schudden! - Doop een lang satéstokje in de reageerbuis, met de punt tussen de alcohollaag en het tomaatfiltraat in. Haal het satéstokje weer omhoog. Het rode propje dat je nu omhoogtrekt, is DNA. De rode kleur wordt veroorzaakt door het tomatenpigment dat aan het DNA kleef.

DNA-BARCODING

Organismen determineer je meestal door te kijken naar hun uiterlijke kenmerken zoals vorm, grootte en kleur. Dat is lastig of onmogelijk wanneer je bijvoorbeeld maar een deel van een organisme vindt of wanneer een organisme er in het larvestadium heel anders uitziet dan in het volwassen stadium. Hoe kun je bijvoorbeeld te weten komen of ingevoerd hout van een beschermde boomsoort is? Of welke organismen er in de maaginhoud van een dier zitten? Organismen determineren aan de hand van het complete genoom kost erg veel tijd. Bij DNA-barcoding worden de verschillende soorten organismen gedetermineerd door de volgorde van de stikstofbasen te bepalen van hetzelfde stukje DNA uit hetzelfde gen. Paul Hebert kwam op dit idee tijdens een bezoek aan de supermarkt. Hij werd geïnspireerd door de barcodes op de producten en is vervolgens met een aantal collega's gaan zoeken naar een geschikt stukje DNA waarmee je de verschillende soorten organismen van elkaar kunt onderscheiden: de DNA-barcode.

▼ Afb. 13 De barcode of life.



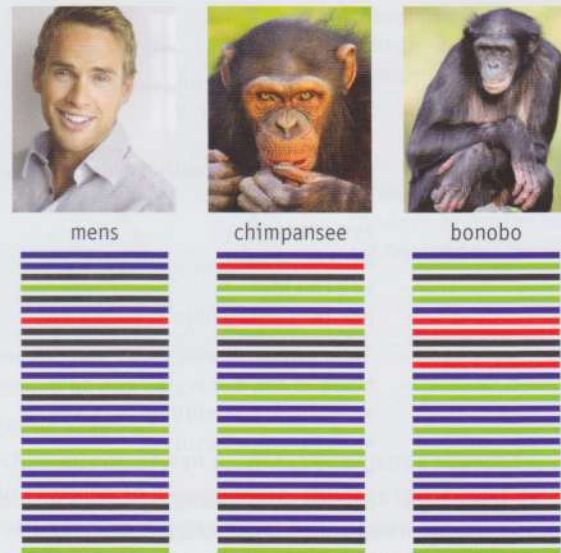
Bij dieren gebruikt men als barcode een standaard stukje mtDNA dat uit 648 nucleotiden bestaat. Dit stukje DNA wordt ook wel CO1 genoemd. Bij planten gebruikt men twee stukjes DNA uit een chloroplast als barcode. Deze stukjes worden matK en rbcL genoemd.

De stukjes DNA die worden gebruikt als barcode zijn kort genoeg voor een snelle determinatie en lang genoeg om onderscheid te kunnen maken tussen soorten. Binnen één soort is er zeer weinig variatie in de volgorde van de stikstofbasen. Bij mensen onderling verschillen er bijvoorbeeld maar één of twee basen in CO1.

In afbeeldingen wordt de stikstofbasenvolgorde van de barcode weergegeven met kleuren: C = blauw, A = groen, T = rood en G = zwart (zie afbeelding 13).

Wetenschappers zijn bezig om een DNA-barcodedatabank op te zetten. Met een DNA-barcodereader, waar je een klein stukje weefsel in kunt stoppen, kun je er dan snel achter komen met welke soort je te maken hebt.

▼ Afb. 14



opdracht 6

Beantwoord de volgende vragen over de context 'DNA-barcoding'.

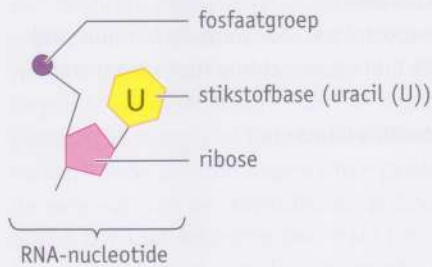
- 1 Voor DNA-onderzoek heb je veel DNA nodig. Waarom is het beter om een stukje mtDNA te gebruiken voor DNA-barcoding dan een stukje kernDNA?
- 2 Waarom gebruikt men de term 'barcode' voor een sequentie van nucleotiden in een stukje DNA?
- 3 In februari 2013 werd paardenvlees aangetroffen in diepvrieslasagne terwijl op de verpakking was vermeld dat er 100% rundvlees in was verwerkt. Op welke manier kan een DNA-barcodereader in de toekomst de consument helpen?

Afbeelding 14 is een weergave van de volgorde van de eerste 40 stikstofbasen in het CO1-gen van drie verschillende organismen. De vragen 4, 5 en 6 gaan over deze afbeelding.

- 4 Hoeveel verschillen zijn er als je de volgorde van de stikstofbasen in het CO1-gen van een mens vergelijkt met die van een chimpansee?
- 5 En hoeveel verschillen zijn er als je de volgorde van stikstofbasen in het CO1-gen van een mens vergelijkt met die van een bonobo?
- 6 Hoeveel verschillen zijn er als je de volgorde van stikstofbasen in het CO1-gen van een chimpansee vergelijkt met die van een bonobo?
- 7 Pas in 1929 werd de bonobo erkent als een soort. Daarvoor werd de bonobo vaak dwergchimpansee genoemd, omdat hij sterk lijkt op een chimpansee maar wel kleiner is.
Kun je dat verklaren met de verschillen in de DNA-barcodes?

3 Eiwitsynthese

▼ **Afb. 15** Een RNA-nucleotide.

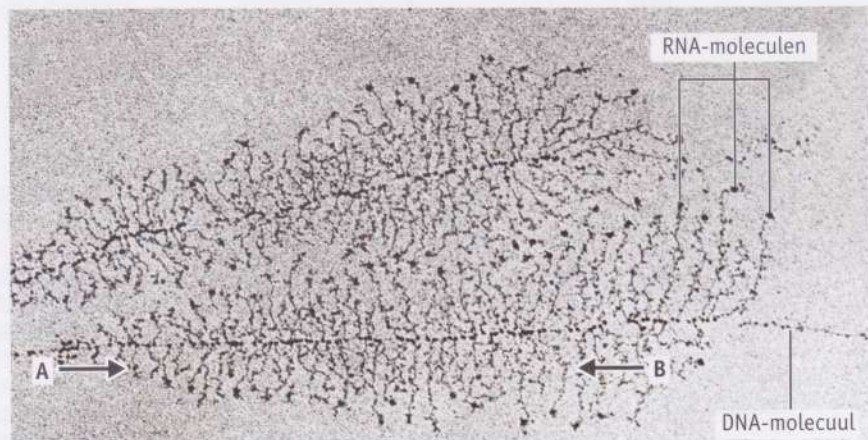


► **Afb. 16** Gelijktijdige vorming van verschillende RNA-moleculen (TEM, 63 000x).

In deel 4 heb je geleerd dat ribosomen zich in het cytoplasma bevinden en dat RNA het molecuul is dat de code van een gen overbrengt naar de ribosomen in het cytoplasma. Het HFE-gen bevindt zich in de celkern op chromosoom 6. Met behulp van de code van het HFE-gen, kan een ribosoom het transporteiwit voor ijzer synthetiseren.

RNA (ribonucleïnezuur) bestaat net als DNA uit nucleotiden. RNA bestaat echter uit slechts één keten van nucleotiden. Deze nucleotiden bevatten **ribose** in plaats van desoxyribose. Verder bevatten ze, net als DNA-nucleotiden, een fosfaatgroep en de stikstofbasen adenine, guanine en cytosine. In plaats van thymine bevat een RNA-nucleotide de stikstofbase **uracil** (U) (zie afbeelding 15).

RNA wordt in de celkern gevormd langs delen van een DNA-molecuul. Op plaatsen waar genen aan staan, worden de bindingen tussen de basenparen verbroken. Langs één van beide ketens wordt een RNA-molecuul gevormd. Je hebt geleerd dat dit op verschillende plaatsen in het DNA-molecuul tegelijkertijd kan gebeuren (zie afbeelding 16).



De vorming van RNA-moleculen is te vergelijken met DNA-replicatie. Bij DNA-replicatie worden langs beide ketens over de hele lengte nieuwe nucleotidenketens gevormd. Nu wordt er één keten van RNA-nucleotiden gevormd langs een deel van een DNA-molecuul. Wanneer het RNA-molecuul klaar is, laat het los van het DNA. Het bevat een afschrift van de code in het deel van het DNA-molecuul waarlangs het is gevormd. Via de kernporiën verlaat het RNA-molecuul de celkern.

opdracht 7

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe verschillen DNA en RNA van elkaar? Noteer drie verschillen.
- 2 Langs een van de nucleotideketens van een DNA-molecuul wordt een RNA-molecuul gevormd. Deze keten heeft de nucleotidesequentie CGGATACGGTTA. Wat is de sequentie van nucleotiden in het RNA-molecuul dat hierlangs wordt gesynthetiseerd?
- 3 Het aantal fouten dat wordt gemaakt bij de synthese van RNA is hoger dan bij de synthese van DNA. Toch hebben fouten bij de RNA-synthese minder blijvende gevolgen voor een organisme of voor het nageslacht van dat organisme dan fouten bij de DNA-synthese. Leg dit uit.

- 4 In afbeelding 16 worden gelijktijdig meerdere RNA-moleculen gevormd. In welke richting wordt het DNA afgelezen: in richting A of in richting B? Leg je antwoord uit.

DE GENETISCHE CODE

De eiwitten in je lichaam kunnen worden opgebouwd uit twintig verschillende aminozuren. Het aantal en de volgorde van de aminozuren verschillen van eiwit tot eiwit, waardoor ook de eigenschappen van de eiwitten verschillen. De code voor de volgorde van de aminozuren in eiwitten is vastgelegd in de nucleotidevolgorde van het RNA. Voor de code van één aminozuur zijn drie opeenvolgende nucleotiden nodig. Dit noem je een **codon**.

In tabel 2 is de genetische code weergegeven. De **genetische code** is de vertaling van de nucleotidevolgorde in RNA naar aminozuren. In de tabel is af te lezen welk codon correspondeert met welk aminozuur. Als de stikstofbasenvolgorde van de nucleotiden in een codon UUU is, zoek je in de genetische code de eerste base in het codon op, dan de tweede base en vervolgens de derde base. Je kunt dan aflezen dat UUU de code is voor het aminozuur Phe (fenylalanine).

De synthese van een aminozuurketen start altijd bij het codon AUG. Dit noemen we het **startcodon**. In de tabel is af te lezen dat dit codon de code is voor het aminozuur methionine. Elke aminozuurketen begint dan ook met methionine. Bij de meeste eiwitten wordt dit aminozuur later weer van de keten afgesplitst. Drie codons bevatten geen code voor een aminozuur. Dit zijn de **stopcodons**. Doordat geen aminozuur kan worden ingebouwd, stopt de eiwitsynthese.

Een cel heeft in zijn cytoplasma altijd een voorraad van de twintig verschillende aminozuren voor de eiwitsynthese. Door aminozuren op te nemen uit de omgeving of door aminozuren zelf te maken, wordt deze voorraad op peil gehouden. De

▼ **Tabel 2** De genetische code. In de tabel is de volgorde van stikstofbasen in RNA weergegeven en de aminozuren waarvoor ze coderen.

		2e base in codon					
		U	C	A	G		
U	U	Phe	Ser	Tyr	Cys	3e base in codon	U
	C	Phe	Ser	Tyr	Cys		C
	A	Leu	Ser	STOP	STOP		A
	G	Leu	Ser	STOP	Trp		G
C	U	Leu	Pro	His	Arg		U
	C	Leu	Pro	His	Arg		C
	A	Leu	Pro	Gln	Arg		A
	G	Leu	Pro	Gln	Arg		G
A	U	Ile	Thr	Asn	Ser		U
	C	Ile	Thr	Asn	Ser		C
	A	Ile	Thr	Lys	Arg		A
	G	Met	Thr	Lys	Arg		G
G	U	Val	Ala	Asp	Gly	U	
	C	Val	Ala	Asp	Gly	C	
	A	Val	Ala	Glu	Gly	A	
	G	Val	Ala	Glu	Gly	G	

aminozuren worden door een ribosoom aan elkaar gekoppeld tot eiwitten in een volgorde die wordt bepaald door een RNA-molecuul. De eiwitsynthese begint wanneer een ribosoom bindt aan het startcodon van een RNA-molecuul. Het ribosoom schuift daarna verder langs het RNA-molecuul, codon na codon. Het ribosoom leest daarbij de nucleotidevolgorde van het codon af en voegt steeds het juiste aminozuur toe aan de aminozuurketen. De eiwitsynthese stopt wanneer een ribosoom een stopcodon bereikt. De aminozuurketen laat dan los van het ribosoom. Als een ribosoom een stuk voorbij het startcodon is, kan er een ander ribosoom binden aan het startcodon. Zo kunnen er meerdere ribosomen tegelijkertijd zijn gebonden aan één RNA-molecuul. De cel kan dan veel meer eiwitten maken in een bepaalde tijd.

opdracht 8

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Zijn codons van twee nucleotiden geschikt als genetische code voor de synthese van eiwitten? Leg je antwoord uit.
- 2 Voor welk aminozuur bevat het codon ACG de code?
- 3 Welke codons bevatten ook de code voor het aminozuur Thr?
- 4 Welke drie stopcodons kan een RNA-molecuul bevatten?

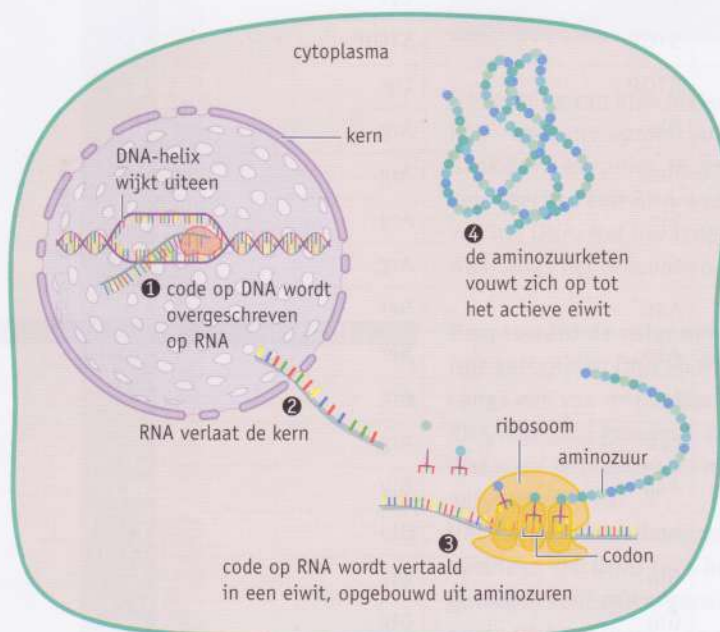
► **Afb. 17** De nucleotidevolgorde in een RNA-molecuul.

C-U-C-G-G-A-U-G-C-C-G-C-G-A-A-U-U-G-G-G-U-G-C-C-U-A-C-C-U-A-A-G-U-U-A-C-C

In afbeelding 17 is de nucleotidevolgorde in een RNA-molecuul weergegeven.

- 5 Neem de reeks stikstofbasen over. Geef aan waar zich het startcodon bevindt.
- 6 Geef ook aan waar zich een stopcodon bevindt.
- 7 Geef weer welke aminozuren volgens de genetische code van tabel 2 door de ribosomen aan elkaar worden gekoppeld.
- 8 Bij prokaryoten ontbreekt de celkern waardoor het DNA los in het cytoplasma ligt. Wanneer RNA wordt gevormd langs het DNA, kunnen ribosomen de nucleotide-sequentie van het RNA direct vertalen in een eiwit. Leg uit waarom dit bij eukaryoten niet kan.
- 9 Cytoplasma bevat enzymen die RNA afbreken. Leg uit dat deze enzymen noodzakelijk zijn voor een goed functioneren van de cel.

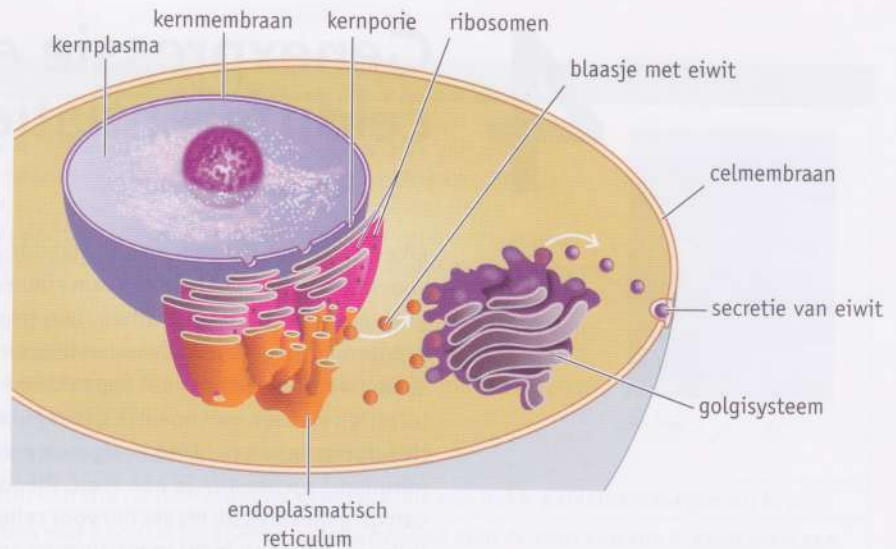
▼ **Afb. 18** Een overzicht van de eiwitsynthese (schematisch).



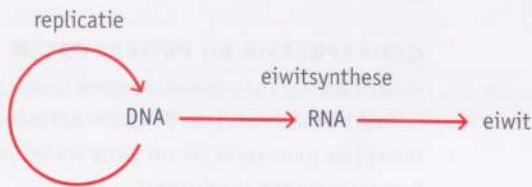
EIWITTEN

Nieuwe eiwitten die in een cel zijn gevormd door ribosomen die vrij in het cytoplasma liggen, komen in het cytoplasma terecht. Zijn de eiwitten gevormd door ribosomen op het endoplasmatisch reticulum, dan komen ze in de ruimte tussen de dubbele membranen van het endoplasmatisch reticulum terecht (zie afbeelding 19). In thema 1 Stofwisseling heb je geleerd dat de functie van eiwitten wordt bepaald door de aminozuurvolgorde en de ruimtelijke structuur.

Na de eiwitsynthese hebben eiwitmoleculen nog niet hun uiteindelijke vorm. Ze worden van het endoplasmatisch reticulum naar het golgisyteem vervoerd. Van het golgisyteem snoeren zich blaasjes af. Sommige blaasjes versmelten met het celmembran en geven de eiwitten buiten de cel af (secretie). Andere blaasjes blijven in de cel.

► **Afb. 19** Van eiwitsynthese tot secretie.

Sommige eiwitmoleculen krijgen in het golgischstelsel hun uiteindelijke vorm. Andere eiwitmoleculen worden pas functioneel als ze buiten de cel zijn afgescheiden. Soms is de ruimtelijke structuur van een eiwit niet goed waardoor het zijn functie niet kan uitvoeren. Het niet functionele eiwit wordt dan afgebroken door enzymen. De aminozuren die daarbij vrijkomen, kunnen opnieuw worden gebruikt voor de eiwitsynthese. Soms functioneren eiwitten met een afwijking in de ruimtelijke vorm wel, maar voeren zij hun taak niet goed uit. Dat kan ziekten veroorzaken.

► **Afb. 20** Schematisch overzicht van DNA-replicatie en eiwitsynthese.**opdracht 9**

Neem het volgende schema over en kruis aan of het proces plaatsvindt bij DNA-replicatie of bij eiwitsynthese.

Gebruik daarbij afbeelding 18 en 20 en basisstof 2 en 3.

Processen	DNA-replicatie	Eiwitsynthese
1 DNA-polymerase koppelt DNA-nucleotiden aan een oude keten.		
2 Langs DNA wordt RNA gevormd.		
3 Het proces stopt bij een stopcodon.		
4 Het proces stopt wanneer het hele genoom in een cel is gerepliceerd.		
5 Ribosomen vertalen RNA in een aminozuurketen.		
6 Er worden twee nieuwe DNA-ketens gevormd.		

4 Genexpressie en celdifferentiatie

Elke cel van ons lichaam bevat hetzelfde DNA. Elke cel bevat dus de codes (genen) voor alle eiwitten die in je lichaam kunnen worden aangemaakt. Toch produceert geen enkele cel al deze eiwitten. Een cel maakt slechts een aantal eiwitten aan. Zo produceren spiercellen bijvoorbeeld geen insuline maar cellen in de alvleesklier wel. Genen worden alleen onder bepaalde omstandigheden aangezet. Het aan- of uitzetten van een gen noem je **genregulatie**. Wanneer een gen aan staat, wordt de informatie van het DNA overgeschreven naar het RNA en vertalen ribosomen de informatie op het RNA in een eiwit. Dit noemen we **genexpressie**. Het reguleren van de genexpressie maakt het voor cellen mogelijk om verschillende eiwitten (bijvoorbeeld enzymen) te produceren op het moment dat de cel ze nodig heeft. Organismen passen hun genexpressie aan wanneer milieufactoren veranderen. Bij meercellige organismen bevatten alle cellen hetzelfde genoom. De genexpressie in een cel hangt niet alleen af van de milieufactoren maar ook van de celfunctie. Ook tijdens de ontwikkeling van een meercellig organisme van zygote tot volwassen organisme moeten de juiste genen op het juiste moment en de juiste plaats tot expressie komen. Zowel bij prokaryoten als eukaryoten wordt dat geregeld door **regulatorgenen**. In prokaryoten activeren zij een repressorgen dat hierdoor een repressor maakt. In eukaryoten coderen zij voor eiwitten die de genexpressie kunnen activeren of remmen.


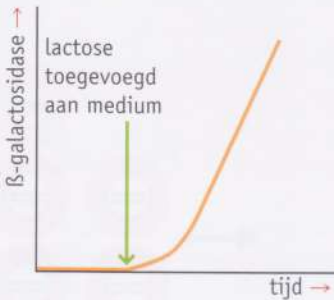
GENEXPRESSIE BIJ PROKARYOTEN

In afbeelding 21 is een onderzoek beschreven. Uit dit onderzoek blijkt dat het milieu invloed heeft op de genexpressie bij *E. coli*. Het toevoegen van lactose brengt de genexpressie op gang waardoor *E. coli* onder andere het enzym β -galactosidase produceert.

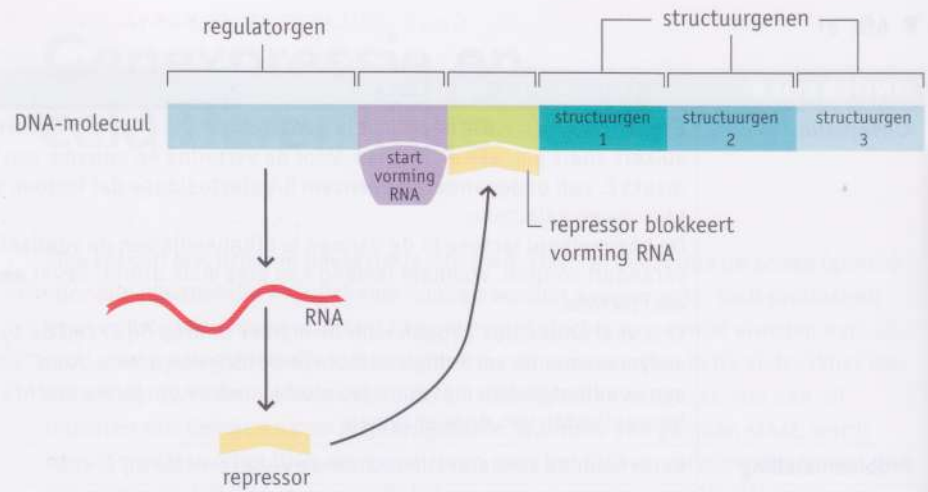
Structuurgenen bevatten de informatie voor de eiwitsynthese in de ribosomen. In prokaryoten worden RNA-moleculen gevormd langs structuurgenen. Onder invloed van deze RNA-moleculen worden in de ribosomen eiwitten (bijvoorbeeld enzymen) gesynthetiseerd. Structuurgenen die coderen voor 'samenwerkende producten' liggen bij prokaryoten vaak naast elkaar in het DNA-molecuul. De expressie van deze genen kan zo tegelijk worden beïnvloed.

Wanneer er geen lactose aanwezig is, worden bij *E. coli* geen RNA-moleculen gevormd langs de structuurgenen. Er is dan een specifiek eiwitmolecuul (een repressor) gebonden aan de plaats die in het DNA vóór de structuurgenen ligt. Daardoor kan er geen RNA worden gevormd langs de structuurgenen. In afbeelding 22.1 is te zien dat het regulatorgen codeert voor het repressormolecuul. Het repressormolecuul heeft twee bindingsplaatsen. Behalve met het DNA kan het ook een binding aangaan met lactose. Wanneer er lactose aanwezig is, bindt lactose aan de repressor (zie afbeelding 22.2). De repressor laat hierdoor los van het DNA waardoor er wel RNA kan worden gevormd langs het DNA. Hiermee kunnen ribosomen β -galactosidase produceren voor de vertering van lactose. Door de aanwezigheid van lactose, komen de structuurgenen tot expressie.

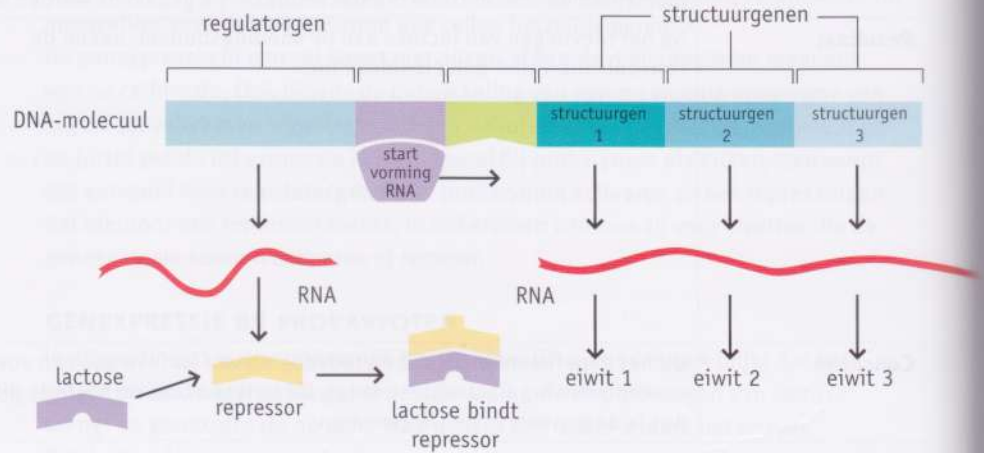
▼ Afb. 21

ONDERZOEK GENEXPRESSIE BIJ <i>E. COLI</i>	
Observatie	<p><i>Escherichia coli</i> (zie afbeelding) is een bacterie die in de dikke darm leeft van suikers zoals glucose en lactose. Voor de vertering en opname van lactose maakt <i>E. coli</i> onder andere het enzym β-galactosidase dat lactose splitst in glucose en galactose.</p> <p>De hoeveelheid lactose in de darmen is afhankelijk van de voedselinname en verandert continu. Wanneer iemand een glas melk drinkt, bevat de darminhoud veel lactose.</p> <p>Er is veel onderzoek gedaan naar de manier waarop bij <i>E. coli</i> de synthese van enzymen voor de vertering van lactose wordt gereguleerd. Als <i>E. coli</i> groeit op een voedingsbodem met glucose, produceren de bacteriën slechts zeer kleine hoeveelheden van deze enzymen.</p>
	 <p><i>E. coli</i></p>
Probleemstelling	Beïnvloedt de concentratie lactose de genexpressie bij <i>E. coli</i> ?
Hypothese	Bij toename van de concentratie lactose stijgt de genexpressie van het β -galactosidasegen bij <i>E. coli</i> .
Experiment	Van een voedingsbodem met <i>E. coli</i> maar zonder lactose bepaalt men de concentratie β -galactosidase. Vervolgens voegt men aan de voedingsbodem lactose toe. Daarna meet men op verschillende momenten de concentratie β -galactosidase. De gegevens worden uitgezet in een diagram.
Resultaat	<p>Na het toevoegen van lactose aan de voedingsbodem, neemt de concentratie van β-galactosidase toe.</p> 
Conclusie	Uit het experiment blijkt dat na toevoeging van lactose aan een voedingsbodem met <i>E. coli</i> de concentratie β -galactosidase stijgt. Dit betekent dat de bacterie dit enzym is gaan produceren en dus is de genexpressie toegenomen.

► **Afb. 22** Regulatie van het gen voor β -galactosidase in *E. coli*.



1 repressie van structuurgenen bij *E. coli*



2 opheffing van de repressie door lactose bij *E. coli*

opdracht 10

Beantwoord de volgende vragen.

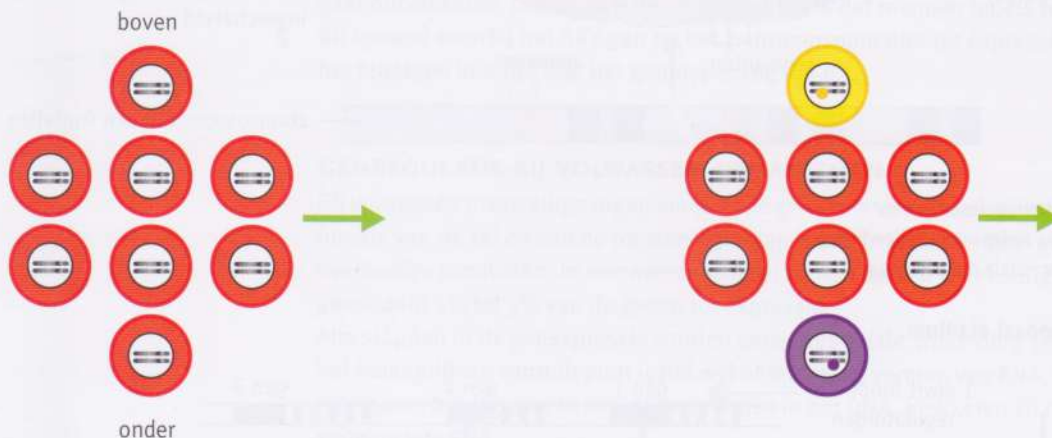
- Als lactose zich aan de repressor bindt, wordt de repressor dan actief of inactief? Leg je antwoord uit.
- E. coli* kan groeien op een medium dat geen enkel aminozuur bevat. *E. coli* is in staat alle eiwitten te produceren die nodig zijn om de synthese van alle twintig aminozuren te laten plaatsvinden. Als men een aminozuur aan een voedingsbodem toevoegt, stopt *E. coli* met de productie van de eiwitten (enzymen) die voor de synthese van dit aminozuur nodig zijn. Het aminozuur blijkt de productie van deze eiwitten te onderdrukken.
Hoe heet het proces waarbij een stof die ontstaat zijn eigen aanmaak afremt?
- Welk voordeel heeft het voor *E. coli* dat aminozuren die worden toegevoegd aan de voedingsbodem de eiwitsynthese onderdrukken?
- E. coli* heeft vijf structuurgenen die coderen voor enzymen die betrokken zijn bij de synthese van het aminozuur tryptofaan. Tryptofaan komt onder andere voor in banaan, chocolade en melk.
Staan de structuurgenen aan of uit wanneer er voldoende tryptofaan aanwezig is in de dikke darm?
- Wanneer worden de structuurgenen actief? Leg je antwoord uit.

GENREGULATIE BIJ EUKARYOTEN

In thema 2 Cellen van deel 4 is behandeld dat embryonale stamcellen zich kunnen ontwikkelen tot elk celtype. Bij het delen wordt een van de dochtercellen een nieuwe stamcel en gaat de andere dochtercel zich differentiëren tot een specifiek celtype.

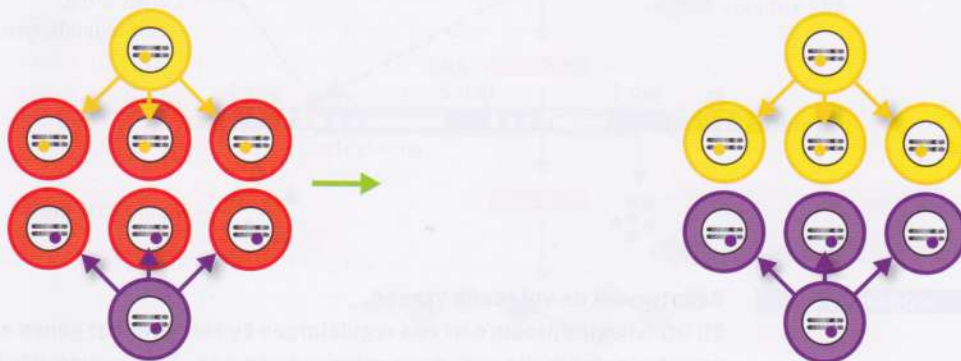
Embryonale stamcellen beïnvloeden elkaar doordat in hun DNA regulatorgenen tot expressie worden gebracht. Dit wil zeggen dat langs de genen mRNA ontstaat en dat er eiwit wordt gevormd. De plaats van een stamcel in het klompje embryonale cellen bepaalt welk regulatorgen er wordt aangezet. De eiwitten waarvoor regulatorgenen de code bevatten, bepalen vervolgens dat andere genen aan of uit worden gezet. Zo zorgen de eiwitten van sommige genen ervoor dat de cel zich gaat differentiëren. Andere genen coderen voor eiwitten die genen in de eigen cel of in nabijgelegen stamcellen beïnvloeden. Die kunnen weer een volgend regulatorgen beïnvloeden. Zo ontstaan er, door een aaneenschakeling van genregulatie en genexpressie, verschillende gespecialiseerde cellen, weefsels en organen in een meercellig organisme. Mensen hebben ongeveer 220 verschillende celtypen die verschillende functies hebben.

▼ **Afb. 23** Genregulatie en celdifferentiatie in embryonale stamcellen.



1 Boven en onder komen verschillende regulatorgenen tot expressie waardoor er andere eiwitten worden gemaakt in de bovenste en onderste cel.

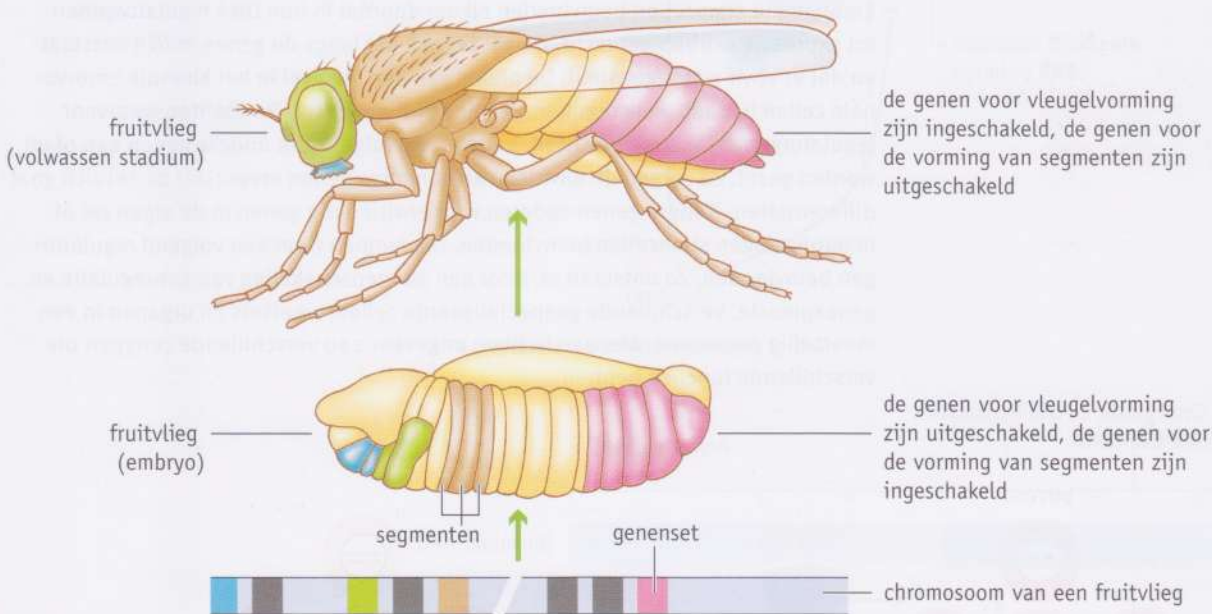
2 Door binding van de eiwitten komen er verschillende genensets in het DNA van de cel tot expressie waardoor de cellen differentiëren.



3 Regulatorgenen coderen voor eiwitten. Deze binden aan specifieke genensets in nabijgelegen cellen.

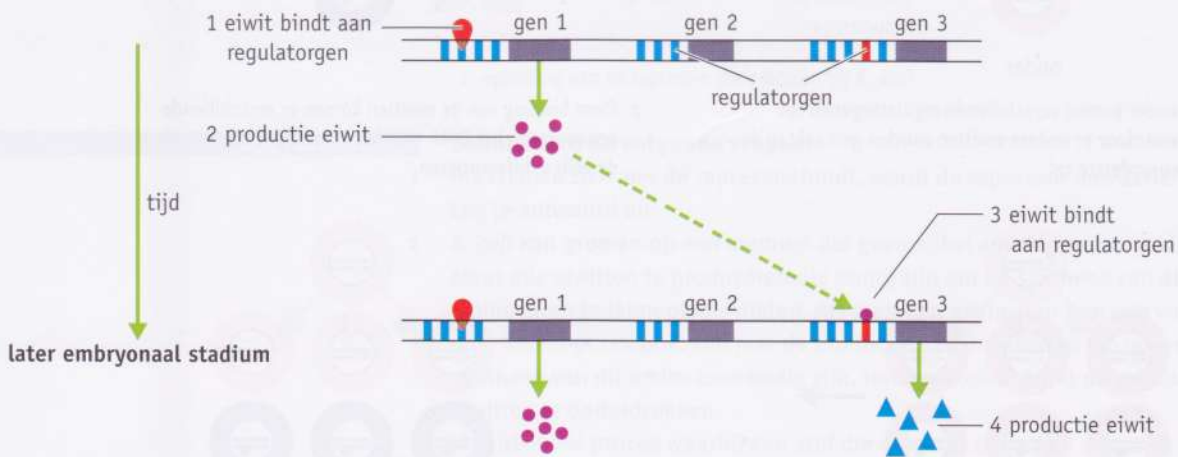
4 Door genexpressie gaan ook deze cellen zich differentiëren.

▼ **Afb. 24** Regulatie van de genexpressie tijdens de ontwikkeling van een fruitvlieg.



▼ **Afb. 25** Het reguleren van de genexpressie tijdens verschillende fasen van de embryonale ontwikkeling.

vroeg embryonaal stadium



opdracht 11

Beantwoord de volgende vragen.

Bij fruitvliegjes produceert een regulatorgen *Ey* een eiwit dat genen aanzet die verantwoordelijk zijn voor de vorming van een oog. Door kunstmatig ingrijpen van onderzoekers in een vroeg embryonaal stadium ontstaan er fruitvliegjes met een oog op hun poot (zie afbeelding 26).

- 1 Beschrijf hoe de onderzoekers hebben ingegrepen in de embryonale ontwikkeling.
- 2 Wat tonen de onderzoekers hiermee aan?

- ▼ **Afb. 26** Poot van een fruitvliegje met een oog erop.



- ▼ **Afb. 27**

SRY-gen

Bij mensen wordt op het moment van de bevruchting bepaald of het embryo een vrouw of een man wordt. Dit hangt af van het paar geslachtschromosomen in een bevruchte eicel: XX of XY. Het SRY-gen dat is gelegen op het Y-chromosoom, stuurt de ontwikkeling van een embryo tot een man. Hiervoor

produceert het eiwit die een aantal andere genen activeren en die de genen van het X-chromosoom onderdrukken. De geactiveerde genen leveren de code voor eiwitten die op hun beurt weer andere genen beïnvloeden, enzovoort. Hierdoor ontwikkelt het embryo zich uiteindelijk tot een man. Toch zijn alle embryo's in de eerste vijf tot zes weken vrouwelijk.

De vragen 3 tot en met 5 gaan over afbeelding 27.

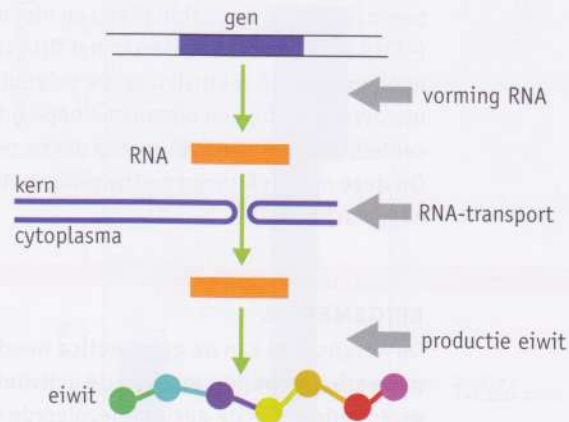
- 3 Geef een verklaring voor het feit dat alle embryo's de eerste vijf tot zes weken vrouwelijk zijn.
- 4 Op het moment van de bevruchting ligt vast tot welk geslacht een embryo zich gaat ontwikkelen. Leg uit hoe het dan mogelijk is dat mannen tepels hebben.
- 5 Bij iemand waarbij het SRY-gen op het Y-chromosoom niet tot expressie komt, is het fenotype in strijd met het genotype. Leg dat uit.

GENREGULATIE BIJ VOLWASSEN ORGANISMEN

Bij volwassen meercellige organismen is de genexpressie afhankelijk van de functie van de cel en van de omstandigheden. De cel maakt hierdoor geen overbodige producten. In een menselijke cel komen op een willekeurig moment gemiddeld 3% tot 5% van de genen tot expressie.

Alle stappen in de genexpressie worden gereguleerd (zie afbeelding 28), maar het belangrijkste controlepunt is het wel of niet laten vormen van RNA. Wanneer repressors binden aan bepaalde sequenties in het DNA, blokkeren zij daardoor de vorming van RNA.

- **Afb. 28** Mogelijkheden voor genregulatie bij de eiwitsynthese.



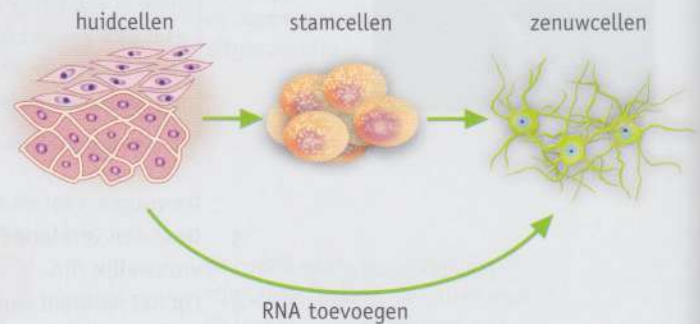
CELLEN OMVORMEN

Wetenschappers willen patiënten genezen door beschadigde cellen of weefsels te vervangen door nieuwe cellen of weefsels. Deze therapie wordt stamceltherapie genoemd, omdat men het gewenste celtype kweekt vanuit stamcellen. De therapie zou vooral een oplossing zijn voor de medische behandeling van patiënten met aandoeningen aan organen die zich niet zelf kunnen herstellen, zoals het hart en de hersenen. Ook kan men zo cellen aanmaken die het lichaam van een patiënt niet meer zelf aanmaakt. Bijvoorbeeld cellen uit de alveesklier voor iemand met diabetes mellitus.

De stamcellen zijn vaak afkomstig van embryo's. Maar het is inmiddels ook mogelijk om uit bijvoorbeeld huidcellen zenuwcellen te kweken. Dat kan door huidcellen eerst om te vormen tot stamcellen. Deze stamcellen kunnen wetenschappers daarna omvormen tot zenuwcellen. Intussen is het ook gelukt om direct zenuwcellen uit

huidcellen te kweken. Door een paar RNA-ketens aan huidcellen toe te voegen, vormen huidcellen zich om tot zenuwcellen. Het tussenstadium van de stamcellen wordt hierbij omzeild (zie afbeelding 29).

▼ Afb. 29 Vorming van zenuwcellen uit huidcellen.



opdracht 12

Beantwoord de volgende vragen over de context 'Cellen omvormen'.

- Om stamcellen te maken van huidcellen worden vier genen aan het DNA van huidcellen toegevoegd.
Leg uit wat daar de bedoeling van is.
- Hoe kan een stamcel zich vervolgens ontwikkelen tot een zenuwcel?
- Wanneer je huidcellen direct wilt omvormen tot zenuwcellen, hoef je alleen maar bepaalde stukjes RNA toe te voegen aan de huidcel. Leg dat uit.

Ook door DNA compact te maken, kan er geen RNA worden gevormd langs het DNA. Hierdoor wordt de genexpressie geblokkeerd. Het gen staat uit. Bepaalde stoffen kunnen de eiwitten in het DNA er toe aanzetten om het DNA steviger of juist losser te binden. Dat bepaalt de mate waarin het DNA is af te lezen.

Soms is DNA op bepaalde plaatsen niet meer af te lezen doordat er methylgroepen ($-\text{CH}_3$) aan de stikstofbasen in het DNA zijn gebonden (meestal aan cytosine). Dit noemen we DNA-methylering. De volgorde van de nucleotiden verandert hierdoor niet. Wanneer bij een organisme bepaalde genen zijn gemethyleerd, wordt bij elke celdeling de nieuwe DNA-streng die na replicatie is ontstaan, ook gemethyleerd. Op deze manier kunnen methyleringspatronen zelfs worden doorgegeven aan het nageslacht.

EVOLUTIE

EPIGENETICA

De wetenschap van de **epigenetica** houdt zich bezig met het bestuderen van omkeerbare veranderingen in de activiteit van genen, die niet het gevolg zijn van veranderingen in de nucleotidevolgorde van het DNA. Voorbeelden hiervan zijn het steviger of losser binden van DNA door de eiwitten in DNA en DNA-methylering waardoor genen kunnen worden aan- of uitgezet.

De nucleotidevolgorde van het DNA bepaalt welke eiwitten een gen aanmaakt. De activiteit van een gen wordt beïnvloed door de celfunctie en de omstandigheden. Invloeden die de werking van genen beïnvloeden, noemen we de **epigenetische**

factoren. Voorbeelden van epigenetische factoren zijn stress, voeding en drugs. Deze factoren kunnen gunstig of ongunstig zijn doordat zij de genregulatie veranderen en daardoor de aanmaak van eiwitten beïnvloeden. Door genen aan of uit te zetten, kunnen we ons snel aanpassen aan de omstandigheden en dat is een evolutionair voordeel. De overlevingskansen van een organisme zijn dan groter. Maar wanneer een gen voor langere tijd aan of uit staat, blijft het gen aan of uit staan. Het uitzetten gebeurt door DNA-methylering. Bij DNA-replicatie wordt deze toestand doorgegeven aan dochtercellen en bij de voortplanting aan het nageslacht. Wanneer de omstandigheden hetzelfde blijven, is dit een evolutionair voordeel voor het organisme en zijn nakomelingen. Wanneer de omstandigheden veranderen, kan het een nadeel zijn.

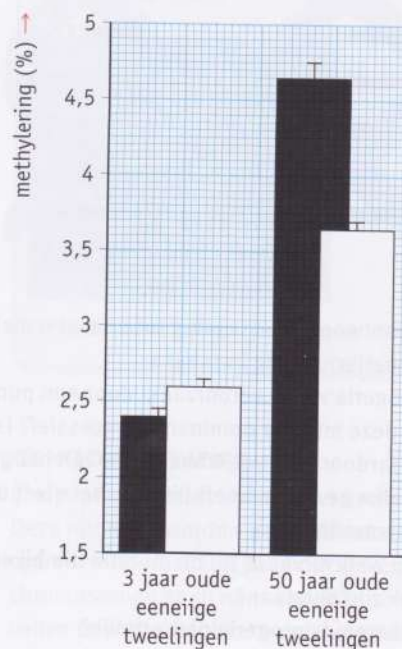
EVOLUTIE

opdracht 13

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In stresssituaties produceert de bijnierschors meer van het hormoon cortisol. Dit hormoon wordt daarom ook wel het stresshormoon genoemd. Wanneer zwangere vrouwen gedurende langere tijd zijn blootgesteld aan stress, hebben hun kinderen vaak een verhoogd cortisolgehalte. Leg dat uit.
- 2 Eeneiige tweelingen zijn genetisch identiek. In het begin van hun leven verschillen ze ook epigenetisch nauwelijks (zie afbeelding 30). Wat valt er op aan het percentage methylering als je eeneiige tweelingen van 3 jaar vergelijkt met eeneiige tweelingen van 50 jaar?
- 3 Leg uit waarom één lid van een eeneiige tweeling wel een bepaalde aandoening kan hebben (bijvoorbeeld vetzucht) en de andere niet.
- 4 Als de leden van een eeneiige tweeling apart zijn opgegroeid, is het epigenetische verschil nog groter. Leg dat uit.
- 5 Wat is het verschil in ontstaan tussen erfelijke aandoeningen en epigenetische aandoeningen?
- 6 Op welke twee manieren kunnen epigenetische aandoeningen tot stand komen?
- 7 Op welke manier kunnen epigenetisch verworven eigenschappen een rol spelen in de evolutie?

► **Afb. 30** Het percentage DNA-methylering bij tweelingen van 3 jaar en tweelingen van 50 jaar oud.



5 Mutaties

In deel 4 is behandeld dat bij de replicatie van DNA regelmatig mutaties ontstaan en dat dit een verandering in de nucleotidevolgorde tot gevolg heeft. Er wordt dan een RNA-molecuul gevormd met een wijziging. Dit kan weer leiden tot veranderingen in de vorm en functie van het eiwit dat wordt gesynthetiseerd.

PUNTMUTATIES

Er zijn verschillende typen mutaties. Zo kan het aantal nucleotiden dat is betrokken bij mutaties verschillen. Het kan gaan om één nucleotidepaar, enkele nucleotideparen, een lange sequentie van DNA of een heel chromosoom. Bij sommige mutaties is er sprake van vervanging van een nucleotidepaar door een ander nucleotidepaar. Bij andere mutaties wordt een nucleotidepaar uit het DNA verwijderd of wordt een nucleotidepaar aan het DNA toegevoegd. Een **puntmutatie** is een verandering in één nucleotidepaar.

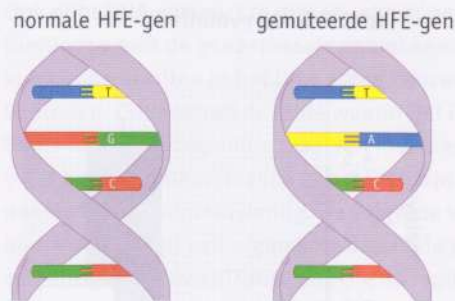
opdracht 14

Beantwoord de vragen 1 tot en met 3 met behulp van afbeelding 31, de informatie uit de context 'Hemochromatose' (basisstof 1) en de genetische code in tabel 2 (basisstof 3).

Hemochromatose wordt veroorzaakt door een puntmutatie in het HFE-gen. In afbeelding 31 is de puntmutatie in dit gen schematisch weergegeven.

- 1 Voor welk aminozuur codeert het codon TGC in het normale HFE-gen?
- 2 Voor welk aminozuur codeert het codon TAC in het gemuteerde HFE-gen?
- 3 Welke gevolgen heeft de mutatie in het HFE-gen voor de samenstelling van het transporteiwit voor ijzer?
- 4 Heeft de mutatie ook gevolgen voor de werking van het transporteiwit?

► Afb. 31



Beantwoord de vragen 5 tot en met 9 met behulp van afbeelding 32 en de genetische code in tabel 2.

- 5 Progeria wordt veroorzaakt door een puntmutatie. Is deze mutatie dominant of recessief? Leg je antwoord uit.
- 6 Waardoor stopt de transcriptie van het gemuteerde gen te snel?
- 7 Welke gevolgen heeft dit voor het eiwit dat na mutatie van het LMNA-gen wordt gevormd?
- 8 Op welk moment zal de mutatie die bij een kind progeria veroorzaakt waarschijnlijk zijn ontstaan?
- 9 Waarom is progeria niet erfelijk?

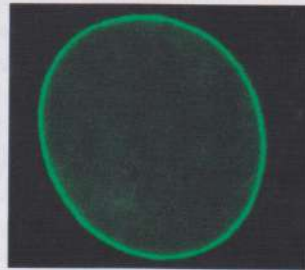
► Afb. 32

Progeria

Progeria is een zeldzame verouderingsziekte die wordt veroorzaakt door een puntmutatie in het LMNA-gen op een puntmutatie in het LMNA-gen op een chromosoom van chromosomenpaar 1. Hierbij wordt cytosine gewijzigd in thymine. Het gevolg is dat hierdoor de transcriptie van het LMNA-gen te snel stopt. Normaal codeert het LMNA-gen voor het eiwit prelamine A. Dit eiwit zorgt voor een netwerk van draden die stevigheid geven aan de celkern en nodig zijn bij de celdeling. Het afwijkende eiwit dat bij progeria wordt gesynthetiseerd heet progerin. Dit eiwit blijft na de synthese vastzitten in het kernmembran. Hierdoor ontstaat 'blebbing': een vervormde celkern zonder stevigheid (zie afbeelding). De cel is verder niet

goed in staat om zich te delen.

Kinderen met progeria hebben al heel vroeg verouderingssymptomen die normaal gesproken alleen voorkomen bij oude mensen. Ze worden elk kalenderjaar ongeveer acht tot tien levensjaren ouder. Na het tweede levensjaar krijgen de kinderen te maken met toenemende stijfheid van hun gewrichten en kunnen er reumatische klachten ontstaan. Het lichaamsvet verdwijnt, de huid wordt dun en rimpelig en het haar valt uit. Doordat ze slechte bloedvaten hebben, kunnen ze al vroeg een hartinfarct of een beroerte krijgen. De kinderen worden gemiddeld 1 m lang en wegen ongeveer 13 kg. Kinderen met progeria worden gemiddeld 12,6 jaar oud. Ze hebben een normale intelligentie en er treedt geen dementie op.



1 een normale celkern



2 een vervormde celkern (blebbing)



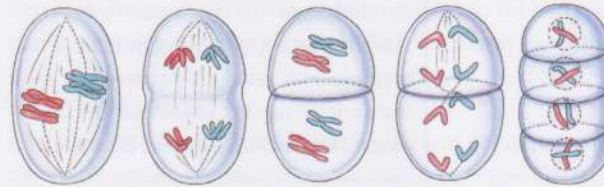
3 meisje met progeria

GENOOMMUTATIES

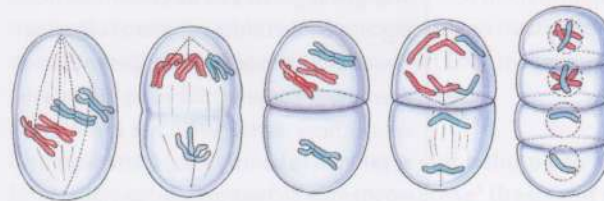
Er zijn ook mutaties waarbij het aantal chromosomen in een cel is veranderd. Deze mutaties worden **genoommutaties** genoemd. Genoommutaties kunnen optreden doordat een paar chromosomen tijdens meiose bij elkaar blijft. Beide chromosomen gaan naar dezelfde pool en komen samen in een van de dochtercellen terecht. Hierdoor ontstaan geslachtscellen waarin één chromosoom dubbel voorkomt en geslachtscellen waarin één chromosoom ontbreekt (zie afbeelding

33.1). Na bevruchting kan een zygote ontstaan met één chromosoom te veel of één chromosoom te weinig. Deze zygote is meestal niet levensvatbaar. Ook kunnen tijdens meiose II de beide chromatiden van een chromosoom niet uit elkaar gaan (zie afbeelding 33.2). Ook hierdoor kunnen geslachtscellen ontstaan waarin één chromosoom dubbel voorkomt en geslachtscellen waarin één chromosoom ontbreekt.

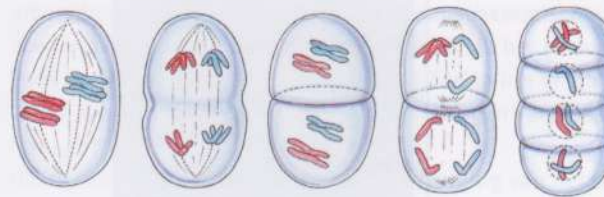
► **Afb. 33** Het verloop van meiose bij een genoommutatie. Er zijn steeds maar twee chromosomen getekend.



1 normaal verloop



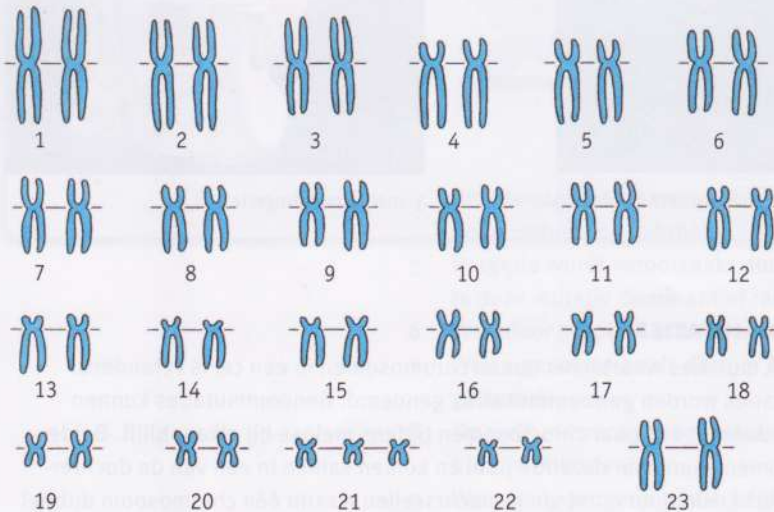
2 genoommutatie tijdens meiose I



3 genoommutatie tijdens meiose II

Een voorbeeld van een genoommutatie is het ontstaan van een kind met het syndroom van Down. In de celkern komt het 21e chromosoom dan in drievoud voor (zie afbeelding 34). Dit afwijkende chromosomenaantal veroorzaakt een kenmerkend uiterlijk en vaak een achterstand in de geestelijke ontwikkeling (zie afbeelding 35).

▼ **Afb. 34** Karyogram van een persoon met het syndroom van Down.



▼ **Afb. 35** Meisje met het syndroom van Down.



- **Afb. 36** Demonstratie tegen het gebruik van kernenergie in Japan.



OORZAKEN VAN MUTATIES

Mutaties kunnen spontaan plaatsvinden maar ze komen vaker voor door blootstelling aan kortgolvlige straling (bijvoorbeeld radioactieve straling, röntgenstraling of ultraviolette straling), bepaalde chemische stoffen (bijvoorbeeld stoffen in sigarettenrook of asbest) of virussen. Deze invloeden worden mutageen genoemd. Bij kerncentrales worden speciale voorzieningen getroffen om ervoor te zorgen dat er geen radioactieve straling in het milieu vrijkomt. Toch zijn rampen niet helemaal uit te sluiten. In maart 2011 werd de kerncentrale van Fukushima in Japan na een aardbeving getroffen door een tsunami. Dit leidde tot enkele explosies in de reactoren waardoor er radioactieve straling vrijkwam. Een jaar na de ramp is een cirkel van 10 km om de centrale nog steeds verboden gebied. Verschillende deskundigen denken dat in Japan honderden tot enkele duizenden mensen op termijn zullen overlijden aan kanker vanwege dit kernongeluk. Net zoals in de rest van de wereld zijn in Japan daarom veel mensen huiverig voor het gebruik van kernenergie (zie afbeelding 36).

Mutagene straling komt ook vrij bij het gebruik van röntgenapparatuur (zie afbeelding 38). Hoewel deze straling minder schadelijk is dan radioactieve straling, worden er van een patiënt niet meer röntgenfoto's gemaakt dan strikt noodzakelijk is. Daarbij vermijdt men speciaal de bestraling van de voortplantingsorganen.

- ▼ **Afb. 37** Basaalcelcarcinoom, de meest voorkomende vorm van huidkanker.



- ▼ **Afb. 38**

Minder röntgenstraling

De hoeveelheid straling per röntgenonderzoek kan in Nederland lager. Onderzoekers van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) concluderen dat na onderzoek. Wel doen we het in vergelijking met de meeste andere Europese landen goed. Doordat in Nederland bij steeds meer

medische onderzoeken röntgenstraling wordt gebruikt, is het belangrijk om de hoeveelheid straling per onderzoek zo laag mogelijk te houden. Elke keer dat iemand wordt blootgesteld aan röntgenstralen, kunnen lichaamscellen worden beschadigd. Dat kan leiden tot kanker.



DNA-REPARATIE

In een celkern zijn continu enzymen werkzaam die beschadigingen opsporen die ontstaan tijdens de replicatie van DNA. Ze verwijderen verkeerd ingebouwde stikstofbasen of nucleotiden uit het DNA. Vervolgens zorgen andere enzymen ervoor dat de juiste stikstofbasen of nucleotiden worden ingebouwd. Doordat wijzigingen in het DNA onmiddellijk worden gecorrigeerd, zijn ze meestal tijdelijk. Maar als DNA-replicatie plaatsvindt voordat de reparerende enzymen hun werk hebben voltooid, zullen de dochtercellen dezelfde DNA-schade hebben. Daarom zijn er in de cel eiwitten actief die voorkomen dat een cel deelt voordat de DNA-reparatie is afgerond. Zo kan eerst de schade worden hersteld. De eiwitten zorgen er ook voor dat een cel met te veel of onherstelbare DNA-schade overgaat tot celdood. De eiwitten worden gemaakt door expressie van een **tumor-suppressorgen**.

DE EFFECTEN VAN MUTATIES

Sommige mutaties hebben geen merkbare gevolgen. Ze veranderen het genotype maar hebben geen invloed op het fenotype. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer de mutatie heeft plaatsgevonden in een lichaamscel, of wanneer het gen waarin de mutatie heeft plaatsgevonden is uitgeschakeld. Soms verandert de werking van een eiwit niet door een mutatie. Ook kan door de mutatie een recessief allel ontstaan. Het allel in het andere chromosoom dat nog intact is, bevat dan de code voor een ongewijzigd, werkzaam eiwit.

Mutaties kunnen ook een positief effect hebben. Ze kunnen een rol spelen bij de evolutie. In thema 5 Evolutie in deel 4 is behandeld dat een mutatie kan zorgen voor een grotere overlevingskans van de mutant ten opzichte van soortgenoten zonder deze mutatie. Hierdoor neemt de overlevingskans van de populatie toe. En door opeenvolgingen van mutaties, recombinatie en natuurlijke selectie kunnen nieuwe soorten ontstaan.

Het effect van negatieve mutaties hangt af van het type cel waarin de mutatie plaatsvindt en van de aard van de mutatie. In geslachtscellen, in een bevruchte eicel of in een cel van een embryo is het effect van zo'n mutatie groot. In lichaamscellen is het effect meestal gering. Deze mutaties zijn bovendien niet erfelijk. Mutaties in lichaamscellen kunnen echter ook leiden tot kanker.

opdracht 15

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Noem drie oorzaken waardoor een opgetreden mutatie meestal geen merkbare gevolgen heeft.
- 2 Leg uit hoe het komt dat gemuteerde allelen meestal recessief zijn.
- 3 Soms ontstaat door een mutatie een allel dat leidt tot de synthese van een eiwit dat een werkzaam enzym blokkeert. Is zo'n mutatie ook recessief?

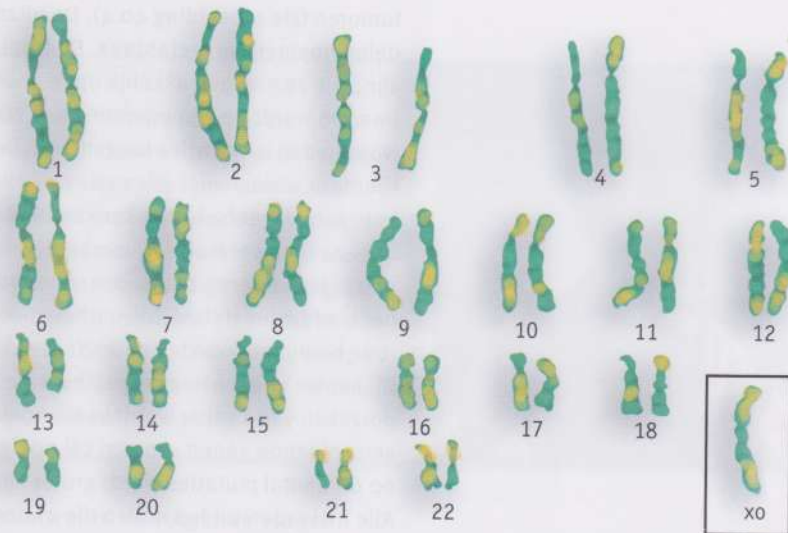
Beantwoord de vragen 4 en 5 naar aanleiding van afbeelding 39.

- 4 Wat voor type mutatie is opgetreden bij het syndroom van Turner?
- 5 Wat is de oorzaak van deze mutatie?

▼ Afb. 39

Het syndroom van Turner

Het syndroom van Turner is een chromosomale afwijking waarbij vrouwen een X-chromosoom missen. Het komt niet voor bij mannen doordat cellen met alleen een Y-chromosoom niet levensvatbaar zijn. Veelvoorkomende symptomen bij deze afwijking zijn: men wordt niet langer dan 1,50 m, gezwollen handen en voeten, een brede borstkas en hals, ver uit elkaar staande tepels, hartproblemen en nierproblemen. De voortplantingsorganen ontwikkelen zich alleen wanneer hormonen worden toegediend.



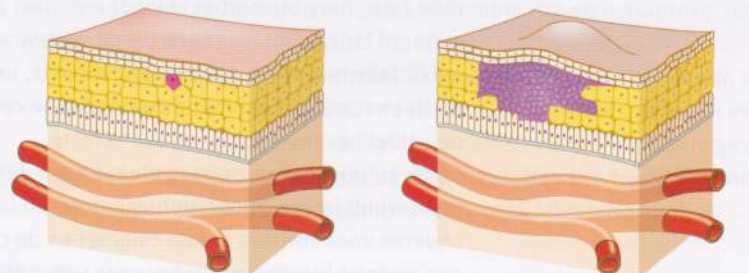
KANKER

De snelheid waarmee celdeling in verschillende lichaamsdelen plaatsvindt, wordt nauwkeurig geregeld. De celdeling bij de productie van rode bloedcellen in het rode beenmerg bijvoorbeeld vindt zeer snel plaats. De celdeling in bindweefsel verloopt langzaam. Maar een diepe vleswond groeit vrij snel dicht met bindweefsel (littekenweefsel). Als de wond dicht is, neemt de snelheid van celdeling weer af. Het nauwe contact met de omringende cellen heeft een remmende werking op de celdeling.

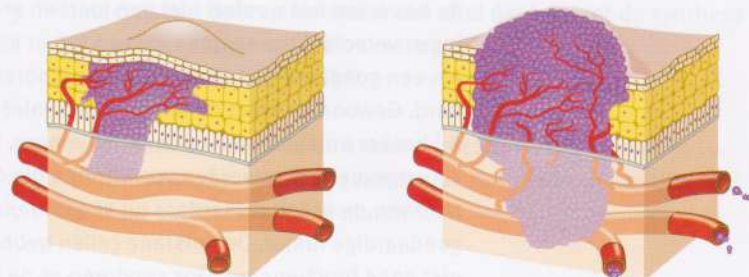
Soms kunnen cellen zich ongeremd gaan delen. Bijvoorbeeld wanneer een mutatie plaatsvindt in een tumorsuppressorgen en in een proto-oncogen. **Proto-oncogenen** coderen voor eiwitten die de celgroei en de celdifferentiatie stimuleren. Door een mutatie kan een proto-oncogen veranderen in een **oncogen**. Een oncogen zet een cel aan tot abnormaal snel groeien en delen. Er ontstaat dan een gezwel (tumor). Sommige tumoren groeien langzaam, doordat de remmende stoffen uit de omringende cellen nog invloed hebben op de delingssnelheid. Wanneer zo'n tumor de bouw van het weefsel niet verstoort en er geen cellen loslaten die elders uitzaaiingen veroorzaken, noemen we een tumor goedaardig (bijvoorbeeld vetknobbels). Als een goedaardige tumor klachten veroorzaakt, kan hij operatief worden verwijderd. Gewoonlijk komt de tumor daarna niet meer terug en is de patiënt genezen. Bij kanker ontstaan kwaadaardige tumoren. De mutaties hebben tot gevolg dat de cel ongevoelig is geworden voor stoffen die de celdeling remmen. De delingssnelheid van de cellen is hierdoor bij een kwaadaardige tumor veel hoger dan bij een goedaardige tumor. De ontstane cellen hebben een afwijkende vorm en kunnen niet goed functioneren. Ook verstoren ze de bouw van de weefsels (zie afbeelding 40.3) en worden er bloedvaten aangelegd naar de tumor in ontwikkeling om deze te voorzien van zuurstof en voedingsstoffen. Als de gezwellen op zenuwen drukken of afvoerbuizen van klieren afsluiten, gaat kanker gepaard met hevige pijnen. Het eerste gezwel dat ontstaat bij kanker noemen we een primaire tumor. Meestal

is deze niet dodelijk. Een primaire tumor kan men operatief verwijderen. Men kan ook radiotherapie toepassen, waarbij de tumorcellen door bestraling worden gedood. Wanneer cellen van de primaire tumor loslaten, komen ze via het bloed of de lymfe in andere organen terecht. Hier kunnen ze uitgroeien tot secundaire tumoren (zie afbeelding 40.4). De uitzaaiing van tumoren naar andere lichaamsdelen noemen we **metastase**. Doordat secundaire tumoren aanvankelijk klein zijn, zijn ze niet gemakkelijk op te sporen. Genezing wordt dan sterk bemoeilijkt. Daarom wordt na een operatie vaak nog chemotherapie toegepast. Aan de patiënt worden dan cytostatica toegediend. Dat zijn stoffen die de celdeling remmen. Hierdoor worden niet alleen de celdelingen in de tumoren verstoord, maar ook die in gezonde weefsels. Kanker kan in veel vormen voorkomen. Kanker kan ontstaan in bepaalde weefsels (bijvoorbeeld in de weefsels van longen, borsten, slokdarm, maag, lever, darm, blaas, baarmoederhals, prostaat). Kanker kan ook ontstaan in het lymfevatenstelsel (bijvoorbeeld de ziekte van Hodgkin) of in cellen die in het rode beenmerg worden geproduceerd (bijvoorbeeld leukemie). Bij kanker is genezing mogelijk als de tumor tijdig wordt gesignaleerd. Naar de oorzaken van kanker wordt veel onderzoek gedaan. Er zijn meestal mutaties in verschillende genen van een cel nodig om een kankercel te laten ontstaan. De kans op dit aantal mutaties wordt groter naarmate de cel ouder is. Alle invloeden uit het milieu die mutageen zijn, zijn in principe ook carcinogeen (kankerverwekkend). Het belang van deze invloeden verschilt per soort kanker. Langdurige blootstelling aan mutagene straling (bijvoorbeeld ultraviolette straling) vergroot de kans op huidkanker. Mutagene stoffen die worden ingeademd (bijvoorbeeld asbestvezels of de teer in tabaksrook) vergroten de kans op longkanker. Ten

► **Afb. 40** Het ontstaan van kanker (schematisch).



- 1 Bij één cel zijn mutaties opgetreden, waardoor de cel een tumorcel wordt. 2 De tumorcel deelt zich ongeremd.



- 3 Er is een primaire tumor ontstaan. Er zijn bloedvaten naartoe gegroeid die de tumor voorzien van zuurstof en voedingsstoffen. 4 Er vindt metastase plaats: cellen van de primaire tumor komen in het bloed of in de lymfe terecht.

slotte kunnen ook bepaalde virussen kankerverwekkend zijn. Baarmoederhalskanker kan bijvoorbeeld door een virus worden veroorzaakt. Meisjes vanaf 12 jaar kunnen zich hiertegen laten inenten waardoor ze tegen veel varianten van het virus zijn beschermd.

▼ Afb. 41

Steeds meer huidkanker door zonnebaden

Omdat we steeds vaker en langer in de zon zitten, is het aantal mensen dat lijdt aan de kwaadaardige huidkanker melanoom in de afgelopen tien jaar met 50% toegenomen. Melanoom is huidkanker die erg snel uitzaait. Er overlijden jaarlijks zo'n achthonderd mensen aan.

De ziekte treft ook steeds vaker jonge mensen. Daarom komt er een nieuwe voorlichtingscampagne waarin wordt uitgelegd welke preventieve maatregelen je kunt nemen om melanoom te voorkomen. Het is in elk geval verstandig om niet te lang te zonnen en je vaak in te smeren. Ook kun je regelmatig je eigen huid controleren op nieuwe of veranderende moedervlekken.



opdracht 16

Beantwoord de volgende vragen.

1. Waarom is het van belang dat een tumor in een vroeg stadium wordt opgespoord?
2. Leg uit waardoor een operatie bij kanker gewoonlijk geen genezing brengt als er metastase is opgetreden.
3. Welke therapie wordt het vaakst toegepast wanneer er bij een patiënt al metastase is opgetreden: radiotherapie of chemotherapie? Leg je antwoord uit.
4. Welke schadelijke invloed hebben cytostatica op je lichaam?
5. Waarom komt kanker meer voor bij oudere mensen dan bij jongere mensen?
6. Leg uit hoe het komt dat een verhoogde kans op het krijgen van kanker erfelijk kan zijn.
7. Waardoor worden opperhuidcellen vaker kankercellen dan bijvoorbeeld zenuwcellen?
8. Er worden medicijnen ontwikkeld om de groei van bloedvatjes naar een tumor tegen te gaan. Wat is het effect van deze medicijnen op de ontwikkeling van de tumor?

opdracht 17

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik daarbij afbeelding 42.

1. Het p53-gen bevat de code voor een eiwit dat het p21-gen tot expressie brengt. Hoe noemen we een gen waarvan het eiwit een ander gen aanzet tot expressie?
2. Normaal gesproken veroorzaakt een mutatie in een proto-oncogen geen kanker. Leg dat uit.
3. Hoe kan een mutatie in het p53-gen leiden tot tumorvorming?
4. Door mutatie wordt een p53-eiwit gevormd dat zich verkeerd vouwt en daardoor zijn werk niet kan doen. Wetenschappers hebben een stof gevonden die ervoor zorgt dat het eiwit weer de juiste vorm aanneemt. Ze hopen hiermee een nieuwe therapie tegen kanker te kunnen ontwikkelen. Waarop is deze therapie gebaseerd?

- 5 Baarmoederhalskanker is een van de weinige vormen van kanker die bijna altijd wordt veroorzaakt door een virus. Dit virus heet het humaan papillomavirus (HPV). Door dit virus worden vooral het p53-gen en pRb-gen beïnvloed. Beide genen spelen een rol in het reguleren van de celdeling: ze kunnen deze onderdrukken. Vrouwen die roken hebben een hogere kans om baarmoederhalskanker te ontwikkelen. Leg dat uit.

▼ Afb. 42

Het belang van het p53-gen

Bij geringe celschade komt bij eukaryoten het p53-gen tot expressie. Het p53-eiwit dat daardoor wordt gemaakt, regelt weer de expressie van het p21-gen. Dit gen is verantwoordelijk voor de aanmaak van het p21-eiwit dat dan een

binding aangaat met een eiwit dat normaal gesproken aanzet tot mitose. Dit eiwit wordt daardoor inactief. Hierdoor stopt de celdeling in de G₁-fase zodat het DNA eerst kan worden hersteld. Wanneer de schade te groot is, zet het p53-eiwit de cel aan tot celdood. Kanker kan alleen ontstaan als er mutaties in meerdere genen hebben

plaatsgevonden, met name in de genen die betrokken zijn bij de regulering van de celdeling. Het blijkt dat bij 80% van alle vormen van kanker een mutatie in het p53-gen voorkomt. Het p53-eiwit wordt daarom het meest in verband gebracht met tumorvorming.

6 Wat kun je doen met DNA?

DNA bevat de informatie voor de erfelijke eigenschappen van een organisme en zorgt voor de zelforganisatie en zelfregulatie van een organisme tijdens zijn levensloop. DNA bevat ook informatie voor de reproductie van een organisme.

In de nucleotidevolgorde van het DNA van verschillende soorten organismen bestaan verschillen, maar ook overeenkomsten. Ook de nucleotidevolgorde van het DNA van twee organismen van dezelfde soort vertoont verschillen. Van steeds meer organismen is de nucleotidevolgorde van het DNA in kaart gebracht. Hierdoor kunnen we het DNA van organismen van één soort met elkaar vergelijken en de overeenkomsten en verschillen ontdekken (zie afbeelding 43). We kunnen ook het DNA van verschillende soorten organismen met elkaar vergelijken zoals bij DNA-barcoding.

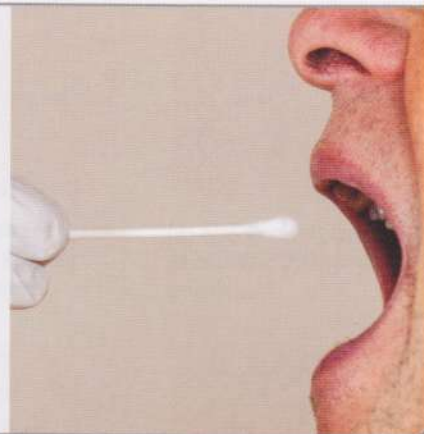
De kennis over DNA neemt snel toe, waardoor we ook steeds meer toepassingen ontdekken. In de media gaat het dan ook vaak over DNA.

▼ Afb. 43

Mannen staan DNA af voor oplossing moord

In 2012 heeft de politie 8080 mannen gevraagd om hun DNA af te staan voor een verwantschapsonderzoek om een moord op te kunnen lossen. Mannen die ten tijde van de moord binnen een kring van 5 km rond de plaats van de moord woonden, kregen een uitnodi-

ging van het Openbaar Ministerie (OM) om hun wangslim af te staan. Het onderzoek vond plaats op vrijwillige basis. Er werd gezocht naar mannen met een soortgelijk Y-chromosomaal DNA-profiel als de dader. Het verwantschapsonderzoek resulteerde in een DNA-match, waardoor een verdachte kon worden gearresteerd. Deze verdachte heeft uiteindelijk bekend de dader te zijn.



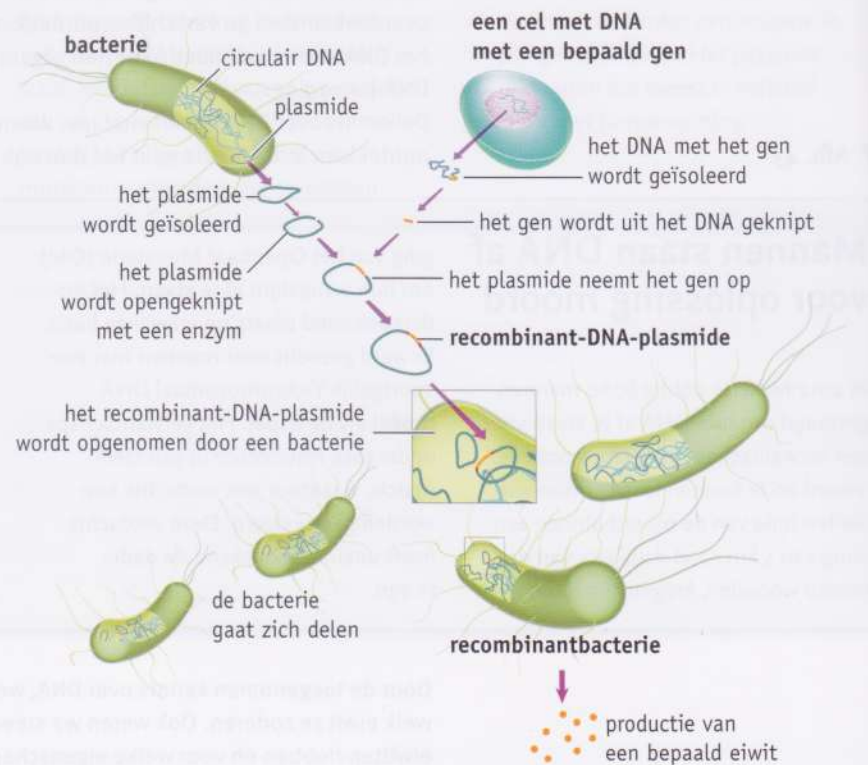
Door de toegenomen kennis over DNA, weten we van steeds meer genen voor welk eiwit ze coderen. Ook weten we steeds beter welke functie de verschillende eiwitten hebben en voor welke eigenschappen ze verantwoordelijk zijn. Met deze kennis zijn we in staat de eigenschappen van bacteriën, schimmels, planten en dieren te wijzigen. Hierdoor krijgt een organisme eigenschappen die het van nature niet bezit. Dit noemen we **genetische modificatie**. Hierbij wordt een gen van een bepaald organisme overgebracht naar het DNA van een ander organisme. Organismen waarbij het DNA is veranderd, noem je **transgeen** of **ggo** (genetisch gemodificeerd organisme).

RECOMBINANT-DNA-TECHNIEK

Een voorbeeld van genetische modificatie is de **recombinant-DNA-techniek**. Bij deze techniek wordt de nucleotidevolgorde van het DNA in een organisme gewijzigd door DNA in te brengen dat afkomstig is van een ander individu. De betrokken organismen hoeven hiervoor niet tot dezelfde soort te behoren. De recombinant-DNA-techniek werd mogelijk door de ontdekking van speciale enzymen waarmee men een DNA-fragment met bepaalde informatie uit een DNA-molecuul kan knippen. Onder invloed van een ander enzym verbinden verschillende DNA-fragmenten zich met elkaar waardoor bijvoorbeeld recombinant-

DNA kan ontstaan van een stukje DNA van een mens en DNA van een bacterie. Er bestaan verschillende technieken om recombinant-DNA in te brengen in organismen. Vaak wordt er gebruikgemaakt van plasmiden. In basisstof 1 is behandeld dat bacteriën enkele plasmiden kunnen bezitten. Uit bacteriën geïsoleerde plasmiden worden door enzymen opgeknipt. DNA-fragmenten (genen) die afkomstig zijn van andere organismen kunnen door deze plasmiden worden opgenomen. Vervolgens kunnen de gemodificeerde plasmiden door bacteriën worden opgenomen (zie afbeelding 44). Niet alle plasmiden zullen het DNA-fragment opnemen. Ook neemt maar een deel van de bacteriën een gemodificeerd plasmide op. Wanneer deze bacteriën gaan delen, ontstaan nakomelingen met het recombinant-DNA-plasmide. Deze bacteriën kunnen een bepaald eiwit produceren dat men kan gebruiken voor specifieke doeleinden.

► Afb. 44 Recombinant-DNA-techniek.



VIRUSSEN

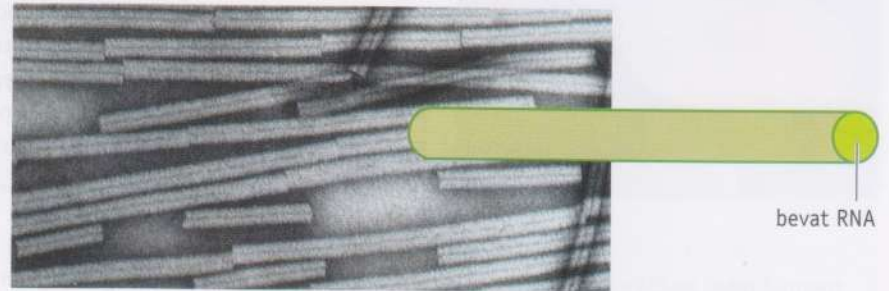
Genetisch gemodificeerde organismen kunnen ook worden gemaakt met behulp van virussen. Virussen veroorzaken vaak ziekten maar kunnen ook worden gebruikt om nuttige genen in te bouwen in een ander organisme.

Een **virus** bestaat uit één molecuul DNA of RNA dat is ingesloten in een dunne eiwitmantel. Een virus is erg klein. De grootste virussen zijn circa 0,1 μm groot. Dat is veel kleiner dan bacteriën. Het tabaksmozaïekvirus is heel langwerpig (zie afbeelding 45.1). Dit virus veroorzaakt gele vlekken op de bladeren van tabaksplanten.

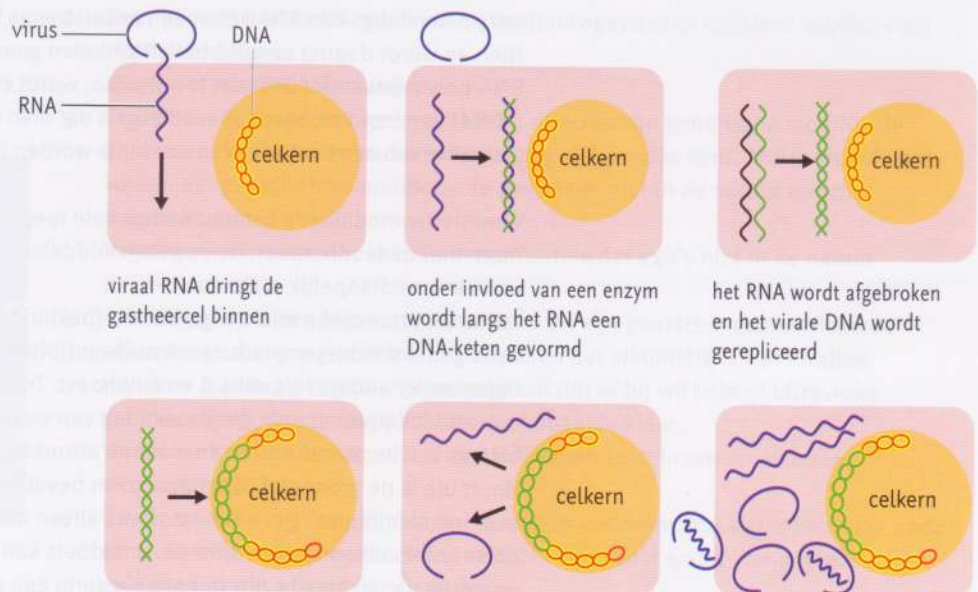
Virussen kunnen zich niet zelfstandig voortplanten, maar gebruiken daarvoor specifieke gastheercellen. Wanneer een virus de cellen van een ander organisme (de gastheer) binnendringt, komt hun DNA of RNA in het cytoplasma. We spreken dan van een **virusinfectie** (virale infectie). Het DNA wordt naar de celkern getransporteerd en ingebouwd in het DNA van de gastheer. RNA kan niet worden ingebouwd in het DNA van de gastheer. Een RNA-virus bevat een enzym dat een DNA-keten vormt langs het binnengedrongen RNA-molecuul. De RNA-keten wordt

hierna afgebroken. Dan wordt met behulp van DNA-polymerase een complete dubbelstrengs DNA-keten gevormd. Dit fragment kan worden ingebouwd in het DNA van de gastheercel (zie afbeelding 45.2). Voor het vormen van nieuwe virussen wordt het RNA-molecuul gebruikt dat langs het ingebouwde DNA-fragment ontstaat. De ribosomen vormen virale eiwitten met de informatie in dit RNA.

► Afb. 45



1 het tabaksmozaïekvirus



viraal RNA dringt de gastheercel binnen

onder invloed van een enzym wordt langs het RNA een DNA-keten gevormd

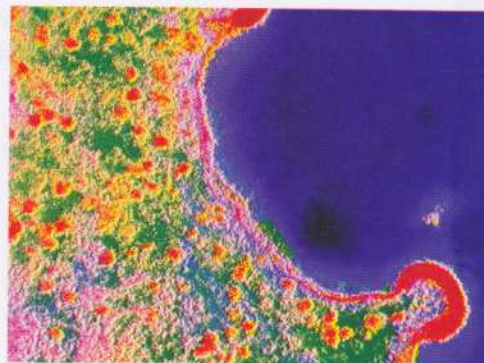
het RNA wordt afgebroken en het virale DNA wordt gerepliceerd

het virale DNA wordt ingebouwd in het DNA van de gastheercel

er worden virale eiwitten gevormd

er komen virussen vrij uit de gastheercel

2 het verloop van een infectie door een virus (schematisch)



3 het afsnoeren van virussen (TEM, vergroting 28 500x)

Wanneer de gastheercel vol zit met virussen barst deze open waardoor de virussen vrijkomen. Het komt ook voor dat een gastheercel met het ingebouwde virale DNA nieuwe virussen produceert en dat die worden afgesnoerd (zie afbeelding 45.3). De gastheercel gaat dan niet ten gronde maar kan zijn normale functie niet meer uitvoeren.

Virussen kunnen hun gastheer ziek maken. Humaan papillomavirussen (HPV-virussen) infecteren bijvoorbeeld epitheelcellen (dekweefsel) bij de mens. Er bestaan ongeveer honderd verschillende soorten HPV-virussen. Sommige HPV-typen veroorzaken wratten. Ander typen veroorzaken baarmoederhalskanker. Poliomyelitis (kinderverlamming) wordt ook veroorzaakt door een virus. Bij een geïnfecteerde persoon gaan zenuwcellen te gronde, waardoor verlammingen ontstaan.

cDNA

Om een bepaald gen met een gunstige eigenschap te isoleren uit het DNA van een organisme, kan men ook een kopie maken van het RNA. Men isoleert het RNA uit cellen die veel van het gewenste eiwit maken. Met behulp van een bepaald enzym kan langs een RNA-keten een enkelstrengs DNA-keten worden gevormd. Hiervan wordt daarna een dubbele DNA-keten gemaakt met behulp van het enzym DNA-polymerase. Het DNA dat is ontstaan, wordt **complementair DNA** of **copyDNA** (**cDNA**) genoemd en bevat alleen het gen dat men wil isoleren. cDNA kan in een plasmide van een bacterie of in een virus worden ingebracht.

Genetische modificatie kent inmiddels vele toepassingen in de geneeskunde, de industrie, de landbouw en de voedingsmiddelenindustrie en wordt ook gebruikt voor wetenschappelijk onderzoek.

Zo kunnen transgene micro-organismen (bacteriën en gisten) na genetische modificatie geneesmiddelen produceren zoals antibiotica, insuline, epo, FSH en vaccins tegen onder andere hepatitis B en kinkhoest. Transgene micro-organismen kunnen ook enzymen produceren die de werking van wasmiddelen verbeteren, doordat ze bij lage temperaturen vetten en eiwitten afbreken.

Houtpulp is de grondstof voor papier. Het bevat een stof die een bruine kleur veroorzaakt: lignine. Deze kleurstof was alleen met milieu-onvriendelijke bleekmiddelen, zoals chloor, te verwijderen. Inmiddels kan houtpulp worden gebleekt met enzymen die afkomstig zijn van ggo's waarin een gen is ingebracht dat afkomstig is van houtschimmels.

Landbouwgewassen worden genetisch gemodificeerd om ze resistent te maken tegen ziekten of bestand tegen bepaalde bestrijdingsmiddelen. Men past ook genetische modificatie toe om gewassen onder slechtere omstandigheden (te droog of te zout) te laten groeien. Op deze manier probeert men de opbrengst ervan te verhogen. Verder kunnen gewassen door genetische modificatie meer voedingsstoffen bevatten (zie afbeelding 46).

▼ Afb. 46

Gouden rijst

Gouden rijst bevat een gen dat afkomstig is uit maïs. De rijst maakt hierdoor bètacaroteen aan en krijgt daardoor een gele (gouden) kleur. Bètacaroteen wordt in het menselijk lichaam omgezet in vitamine A. Een gebrek aan vitamine A

kan een aandoening van het hoornvlies veroorzaken waarbij dit uitdroogt, afsterft en ondoorzichtig wordt. Hierdoor word je blind. Door mensen in gebieden waar voedseltekort is gouden rijst te geven, voorkom je dat ze blind worden door vitamine A-gebrek.

**opdracht 18****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Genetische modificatie kan ervoor zorgen dat landbouwgewassen beter kunnen groeien in een droog milieu. Wat is het voordeel hiervan?
- 2 Door genetische modificatie kunnen landbouwgewassen resistent worden voor bepaalde ziekten. Wat is het voordeel hiervan?
- 3 Er wordt veel onderzoek gedaan naar de effecten van genetische modificatie bij landbouwgewassen omdat men die nog niet precies kent. Milieuorganisaties vinden dat genetisch gemodificeerde gewassen niet in de natuur terecht mogen komen. Vanwege welk risico vinden milieuorganisaties dat ggo's niet in de natuur mogen komen?
- 4 Afbeelding 47 is een foto van gloeivissen. Dit zijn genetisch gemodificeerde zebrovissen die een gen in hun DNA hebben dat afkomstig is van kwallen. Hierdoor maken zij een fluorescerend eiwit dat er bij wit licht of ultraviolet licht voor zorgt dat de vis oplicht in een bepaalde kleur. Waardoor kan DNA tussen bijvoorbeeld kwallen en zebrovissen worden uitgewisseld?
- 5 Op dit moment is gif spuiten de enige manier om de zwarte sigatoka-ziekte onder controle te houden (zie afbeelding 48). Dat moet zo'n 50 tot 70x per jaar gebeuren. Dat is ongeveer 1x per week. Waarom is genetische modificatie van de banaan een goed alternatief?
- 6 Beschrijf hoe RNA-virussen ziekten veroorzaken.

▼ Afb. 47



▼ Afb. 48

Tomatengen tegen bananenschimmel

Een eiwit dat tomatenplanten resistent maakt tegen bladvlekkenziekte, kan misschien ook de banaan beschermen tegen de zwarte sigatoka-schimmel. Een plantencel die is geïnfecteerd met de schimmel die bladvlekziekte veroorzaakt, sterft met een aantal cellen erom-

heen af. Hierdoor kan de schimmel niet verder groeien. Het resistentiegen dat verantwoordelijk is voor deze reactie wordt nu ook ingebouwd bij banaan. Bananen groeien in grote monoculturen die kwetsbaar zijn voor plagen. Wereldwijd wordt vooral het ras Cavendish verbouwd. Dit ras is nu niet resistent voor de zwarte sigatoka-schimmel.



opdracht 19

▼ Afb. 49



In deze opdracht ga je je mening geven over onderwerpen die met DNA te maken hebben. Je moet je mening beargumenteren.

- 1 Er gaan stemmen op om van iedere persoon in Nederland een DNA-paspoort te maken en de gegevens op te slaan in een databank. Zou jij je wangslim aan de overheid geven? Bedenk wat de voordelen en wat de nadelen kunnen zijn. Zoek eventueel informatie op internet om je mening te beargumenteren.
- 2 Door het DNA van de plant *Arabidopsis* aan te passen, hoopt men planten te creëren die licht geven in het donker. Het effect zou zo sterk moeten zijn dat de planten een duurzaam alternatief voor lampen zouden kunnen vormen (zie afbeelding 49). Wat vind jij van dit idee? Bedenk wat de voordelen en wat de nadelen kunnen zijn.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context de bouw en functies van DNA kunnen beschrijven.

- DNA (desoxyribonucleïnezuur) bevat de informatie voor de erfelijke eigenschappen van een levende cel.
- Genoom: het geheel aan erfelijke informatie in een cel van een organisme.
 - Bij eukaryoten: al het DNA in de celkern (kernDNA) en het DNA in celorganellen (mitochondriën en chloroplasten).
 - mtDNA: DNA in mitochondriën.
 - Plasmide: kort stukje cirkelvormig DNA in prokaryoten.
- DNA is een nucleïnezuur en is opgebouwd uit nucleotiden.
 - Een nucleotide bestaat uit desoxyribose, een fosfaatgroep en een stikstofbase.
 - In DNA komen vier stikstofbasen voor: adenine (A), cytosine (C), guanine (G) en thymine (T).
- DNA bestaat uit twee nucleotideketens, die in een dubbele spiraal (helix) om elkaar heen liggen.
 - De stikstofbasen vormen vaste paren: adenine (A) met thymine (T); cytosine (C) met guanine (G).
- Bij eukaryoten bestaat een chromosoom uit één lang DNA-molecuul met eiwitten.
- Een gen is een stuk DNA dat de informatie bevat voor de synthese van een of meer eiwitten.
 - Elk gen heeft een vaste plaats op een chromosoom.
 - Allelen: verschillende varianten van hetzelfde gen.
- De volgorde van de nucleotiden (DNA-sequentie) bevat de informatie voor de synthese van eiwitten.
- Grote delen van het DNA coderen niet voor eiwitten: niet-coderend DNA. Het heeft een regulerende functie bij de synthese van eiwitten.

DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe DNA-replicatie plaatsvindt.

- DNA-replicatie vindt plaats in de S-fase van de celcyclus.
 - DNA-replicatie begint wanneer een enzym de verbindingen verbreekt tussen de basenparen.
 - DNA-polymerase verbindt vrije nucleotiden aan de vrijgekomen stikstofbasen van een enkelvoudige nucleotideketen.
 - Aan elke originele nucleotideketen ontstaat een nieuwe nucleotideketen.

- Na DNA-replicatie bestaat een chromosoom uit twee chromatiden die vastzitten met een centromeer.

DOELSTELLING 3

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe de eiwitsynthese plaatsvindt.

- Langs een deel van een nucleotideketen van een DNA-molecuul (een gen) wordt een RNA-molecuul gevormd.
 - Dit gebeurt op plaatsen in het DNA-molecuul waar genen aan staan.
- RNA (ribonucleïnezuur) verschilt van DNA:
 - RNA bestaat uit een enkele streng nucleotiden.
 - RNA bevat ribose in plaats van desoxyribose bij DNA.
 - RNA bevat de stikstofbase uracil (U) in plaats van thymine (T) bij DNA.
 - RNA wordt gevormd langs één keten van een DNA-molecuul.
- Bij eukaryoten verlaat het RNA via de kernporiën de kern en komt zo bij de ribosomen in het cytoplasma.
 - RNA brengt de code van een gen over naar de ribosomen in het cytoplasma.
- De genetische code: de vertaling van de nucleotidevolgorde in RNA naar de aminozuurvolgorde van een eiwit door ribosomen.
 - Een codon bestaat uit drie opeenvolgende nucleotiden.
 - Er zijn 64 verschillende codons, waaronder één startcodon (AUG).
 - 61 codons coderen voor de aminozuren.
 - 3 codons geven het einde aan van de eiwitsynthese (de stopcodons).
- Er kunnen meerdere ribosomen tegelijkertijd een RNA-molecuul aflezen.
- Eiwitten die in ribosomen zijn ontstaan worden verder bewerkt.
 - De functie van eiwitten wordt bepaald door de aminozuurvolgorde en door de ruimtelijke structuur.
 - Bewerking kan in het cytoplasma, het endoplasmatisch reticulum of het golgisysteem plaatsvinden.
 - Sommige eiwitten worden pas functioneel als ze buiten de cel zijn afgescheiden.
- Erfelijke eigenschappen komen tot uiting in het fenotype door de aanwezigheid van bepaalde eiwitten.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen uitleggen hoe de regulatie van de genexpressie en celdifferentiatie plaatsvindt en wat het belang ervan is voor de zelfregulatie en zelforganisatie van een organisme.

- Genregulatie is het aan- of uitzetten van een gen.

- Genexpressie: wanneer een gen aan staat, kan RNA worden gevormd langs het DNA. Dit kan worden vertaald in een eiwit.
- Gedeelten van het DNA hebben verschillende functies:
 - Regulatorgenen zorgen bij prokaryoten voor de synthese van repressoren. Ze kunnen een gen aan- of uitzetten.
 - Regulatorgenen coderen in eukaryoten voor eiwitten die de genexpressie kunnen remmen of activeren.
 - Structuurgenen bij prokaryoten: bevatten informatie voor de synthese van eiwitmoleculen.
- Stamcellen kunnen differentiëren tot elk celtype.
- Genregulatie tijdens de embryonale ontwikkeling bij eukaryoten:
 - De plaats van een stamcel in een organisme bepaalt welke regulatorgenen aanstaan.
 - Regulatorgenen coderen in eukaryoten voor eiwitten die andere genen aan of uit kunnen zetten.
 - Door genregulatie ontstaan verschillende gespecialiseerde cellen, weefsels en organen in een meercel- lig organisme.
- Epigenetica is de wetenschap die zich bezighoudt met het bestuderen van omkeerbare veranderingen in de activiteit van genen, die niet het gevolg zijn van veranderingen in de nucleotidevolgorde van het DNA.
 - Genexpressie wordt geblokkeerd doordat eiwitten DNA steviger binden of door DNA-methylering. Het gen staat uit.
 - Epigenetische factoren: invloeden die de werking van genen beïnvloeden.
 - Bij DNA-replicatie kunnen epigenetisch verwor- ven eigenschappen worden doorgegeven aan de dochtercellen en bij voortplanting aan het nageslacht.
- Een van de dochtercellen heeft één chromosoom te veel (bijv. bij het syndroom van Down) en de andere dochtercel één chromosoom te weinig.
- De frequentie waarmee mutaties plaatsvinden, wordt verhoogd door mutagene invloeden:
 - kortgolvlige straling (bijv. radioactieve straling, röntgenstraling, ultraviolette straling);
 - bepaalde chemische stoffen (bijv. stoffen in sigaret- tenrook, asbest);
 - virussen.
- Het aantal mutaties in een cel blijft beperkt door DNA-reparatie van enzymen.
 - De celcyclus wordt stilgelegd totdat reparerende enzymen hun werk hebben voltooid.
 - Het tumorsuppressorgen produceert eiwitten die de celcyclus stilleggen of ervoor zorgen dat een cel met onherstelbare DNA-schade overgaat tot celdood.
- Mutaties kunnen neutraal, positief of negatief zijn voor het organisme.
 - De gevolgen van recessieve mutaties of mutaties in één chromosoom van een paar zijn vaak niet merkbaar.
 - Genen waarin een mutatie plaatsvindt, zijn vaak uitgeschakeld.
 - Mutaties kunnen een grote uitwerking hebben als ze optreden in een geslachtscel, een bevruchte eicel of een cel van een embryo.
 - Mutaties kunnen de overlevingskans vergroten. Dit is een evolutionair voordeel.
- Kanker ontstaat door een aantal mutaties.
 - Mutaties in een suppressorgen en in een proto- oncogen kunnen leiden tot kanker.
 - Proto-oncogenen coderen voor eiwitten die de celgroei en de celdifferentiatie stimuleren.
 - Door een mutatie kan een proto-oncogen verande- ren in een oncogen waardoor er een tumor (gezwel) kan ontstaan.
 - Bij kanker is de tumor kwaadaardig: de bouw van het weefsel wordt verstoord. En de delingssnelheid wordt niet afgeremd.
 - Een primaire tumor kan operatief worden verwijderd of door radiotherapie worden gedood.
- Metastase (uitzaaiing): cellen uit de primaire tumor laten los en komen in het bloed of de lymfe terecht.
 - Secundaire tumoren: tumoren die zijn ontstaan door uitzaaiing.
 - Chemotherapie: behandeling van kanker met cytostatica (medicijnen die de celdeling remmen; ook in gezonde weefsels).
- Mutagene invloeden zijn meestal ook carcinogeen (kankerverwekkend).

DOELSTELLING 5

Je moet in een context het ontstaan, de verschillende typen en de uitwerking van mutaties kunnen beschrijven. Ook moet je kunnen beschrijven hoe kanker ontstaat en wordt behandeld.

- Mutatie: een blijvende wijziging in de nucleotide- volgorde van het DNA of RNA van een cel.
- Puntmutatie (genmutatie): het DNA is op één plaats veranderd.
 - In het DNA kunnen een of meer stikstofbasen zijn toegevoegd, verwijderd of vervangen door andere stikstofbasen.
- Genoommutatie: het aantal chromosomen in een cel is veranderd.
 - Doordat bij meiose I de chromosomen van een paar bij elkaar blijven of doordat bij meiose II de chroma- tiden van een chromosoom bij elkaar blijven.

DOELSTELLING 6

Je moet in een context verschillende technieken en toepassingen kunnen beschrijven die mogelijk zijn met DNA.

- Genetische modificatie is het veranderen van het DNA van een organisme.
 - Genetisch gemodificeerde organismen worden transgeen of ggo (genetisch gemodificeerd organisme) genoemd.
- Recombinant-DNA-techniek is het wijzigen van de nucleotidevolgorde van het DNA in een organisme door DNA in te brengen dat afkomstig is van een ander organisme.
 - De organismen hoeven niet tot dezelfde soort te behoren.
 - Met speciale enzymen wordt een DNA-fragment met bepaalde informatie uit een DNA-molecuul geknipt. Onder invloed van andere enzymen verbinden verschillende DNA-fragmenten zich met elkaar.
 - Bacteriën die een recombinant-DNA-plasmide opnemen, gaan delen en eiwitten produceren die men kan gebruiken voor specifieke doeleinden.
- Een virus bestaat uit één molecuul DNA of RNA in een dunne eiwitmantel. Na infectie van specifieke gastheercellen laten ze hun DNA of RNA achter.
 - DNA wordt naar de celkern getransporteerd en ingebouwd in het DNA van de gastheercel.
 - Een RNA-virus bevat een enzym dat een DNA-keten vormt langs een RNA-streng. De RNA-keten wordt afgebroken en DNA-polymerase vormt dubbelstrengs DNA dat wordt ingebouwd in het DNA van de gastheer in de celkern.
 - Langs het virale DNA ontstaat RNA dat codeert voor eiwitten waarmee nieuwe virussen worden gevormd.
 - Nieuwe virussen komen vrij doordat ze worden afgesnoerd of doordat de gastheercel openbarst.
- Complementair DNA of copyDNA (cDNA):
 - Een bepaald enzym vormt enkelstrengs DNA langs RNA-moleculen die men heeft geïsoleerd uit cellen die veel van een gewenst eiwit maken. Met DNA-polymerase wordt een dubbele DNA-keten gevormd. Dit cDNA kan worden ingebracht in een plasmide of virus.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het vorm-functie-denken;
- geleerd dat epigenese een evolutionair voordeel kan opleveren: evolutionair denken;
- geleerd hoe genregulatie op verschillende organisatie-niveaus invloed heeft: systeemdenken.

Over de volgende competentie/vaardigheid zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het beargumenteerd geven van je mening.

Diagnostische toets

DOELSTELLING 1

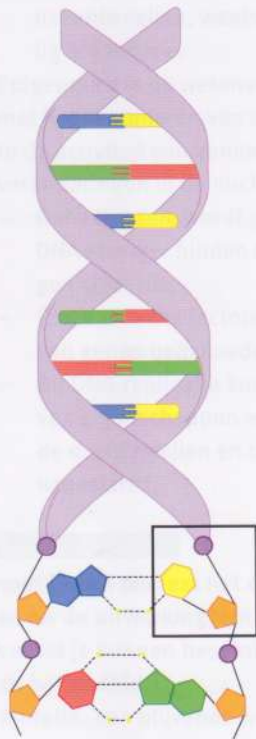
Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In afbeelding 50 is een deel van een DNA-molecuul getekend.

Hoe heet het deel van het DNA dat in de afbeelding wordt aangegeven?

- A Een gen.
- B Een nucleotide.
- C Een fosfaatgroep.
- D Desoxyribose.

▼ Afb. 50



- 2 Een van de ketens van een DNA-molecuul bevat in een bepaald deel de volgende basenvolgorde: C – G – T – A. Welke basenvolgorde zal de andere keten van het DNA-molecuul in dit deel bevatten?

- A C – G – T – A.
- B A – T – G – C.
- C G – C – A – T.
- D T – A – C – G.

- 3 Het Human Genome Project maakte in 2003 bekend dat de sequentie van het complete genoom van de mens in kaart is gebracht. Een van de meest verrassende uitkomsten was het relatief geringe aantal genen dat werd aangetroffen: ongeveer 20 000–25 000, terwijl men aanvankelijk dacht dat het aantal 2×20 veel zou zijn. Momenteel werken verschillende onderzoeksgroepen samen in het ENCODE-project om de functies van alle delen van het DNA in kaart te brengen.

Bestaat het grootste deel van het DNA uit coderend of uit niet-coderend DNA? En wat is de functie van dit DNA?

Het grootste deel van het DNA bestaat uit *De functie hiervan is*

- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| A ncDNA. | coderen voor eiwitten. |
| B ncDNA. | reguleren bij de synthese van eiwit. |
| C coderend DNA. | coderen voor eiwitten. |
| D coderend DNA. | reguleren bij de synthese van eiwit. |
- 4 Om slachtoffers bij een ramp te identificeren kan het DNA van het slachtoffer worden vergeleken met dat van (de vermoedelijke) familieleden. Voor een identificatie aan de hand van mtDNA van een bepaald slachtoffer zijn de volgende familieleden beschikbaar:
- 1 een zus;
 - 2 een broer;
 - 3 een zoon van een zus van zijn moeder;
 - 4 een dochter van een zus van zijn vader;
 - 5 een zus van zijn vader;
 - 6 een broer van zijn moeder.
- Welke van deze familieleden zijn geschikt voor de identificatie van het slachtoffer aan de hand van het mtDNA?
- A Nummer 1 en 2.
 - B Nummer 1, 2, 3 en 6.
 - C Nummer 1, 4 en 5.
 - D Nummer 3 en 6.

DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Bij DNA-replicatie vindt de vorming van nieuwe nucleotideketens plaats langs oude nucleotideketens. Hoe zijn na DNA-replicatie de oude en de nieuw gevormde nucleotideketens verdeeld over de chromosomen?
- A Van elk chromosomenpaar bevat het ene chromosoom twee oude nucleotideketens; het andere chromosoom bevat twee nieuw gevormde nucleotideketens.

- B Van elk chromosomenpaar bevatten beide chromosomen elk één oude en één nieuw gevormde nucleotideketen.
- C Van elk chromosoom bevat het ene chromatide twee oude nucleotideketens; het andere chromatide bevat twee nieuw gevormde nucleotideketens.
- D Van elk chromosoom bevatten beide chromatiden elk één oude en één nieuw gevormde nucleotideketen.
- 2 In welke fase van de celcyclus vindt DNA-replicatie plaats? En wat is de functie van DNA-polymerase bij de DNA-replicatie?
- | <i>Fase celcyclus</i> | <i>Functie DNA-polymerase</i> |
|------------------------|--|
| A S-fase | verbindingen tussen de basenparen verbreken |
| B S-fase | vrije nucleotiden verbinden aan de vrijgekomen basen in een DNA-molecuul |
| C G ₂ -fase | verbindingen tussen de basenparen verbreken |
| D G ₂ -fase | vrije nucleotiden verbinden aan de vrijgekomen basen in een DNA-molecuul |
- 3 In een DNA-molecuul bestaat 15% van de stikstofbasen uit guanine.

Wat is het gehalte van de andere drie stikstofbasen in dit DNA-molecuul?

- A 15% adenine, 35% cytosine en 35% thymine.
- B 15% adenine, 35% uracil en 35% thymine.
- C 35% adenine, 15% cytosine en 35% thymine.
- D 35% adenine, 35% uracil en 15% thymine.
- E 15% uracil, 35% cytosine en 35% thymine.

DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende vragen.

- Welke stikstofbasen kunnen de nucleotiden van RNA bevatten?
- Wordt een RNA-molecuul gevormd langs één nucleotideketen van een DNA-molecuul of langs beide nucleotideketens?
- Waar wordt RNA afgelezen door ribosomen in een eukaryote cel?

De nucleotidevolgorde van een DNA-molecuul is TACCTAGGATGTACT. De vragen 4 en 5 gaan over dit DNA-molecuul. Bij vraag 5 kun je tabel 2 of de *Binas*-tabel met genetische code gebruiken.

- Wat is de nucleotidevolgorde van het RNA-molecuul dat hierlangs wordt gevormd?
- Welke aminozuren worden er door een ribosoom aan elkaar gekoppeld volgens de nucleotidevolgorde van dit RNA-molecuul?

FOLDIT: ONLINE EIWITTEN VOUWEN

Het vormen van de ruimtelijke structuur van eiwitten noemt men ook wel vouwen. Dit vouwen is een vrij complex proces dat lang niet altijd goed gaat. Sommige verkeerd gevouwen aminozuurketens kunnen schade aanrichten in cellen. De ziekte van Creutzfeldt-Jakob is daar een voorbeeld van. Deze zeldzame ziekte tast de hersenen en het zenuwstelsel van mensen aan waarbij er holle ruimtes in de hersenen ontstaan door het afsterven van zenuwcellen. Deze ziekte wordt veroorzaakt doordat een eiwit verkeerd wordt gevouwen. Zo'n verkeerd gevouwen eiwit noemen we een prion. Prionen hebben de eigenschap dat ze normaal gevouwen eiwitten ertoe aanzetten om ook verkeerd te vouwen. Zo richten ze nog meer schade aan. Voor de ziekte van Creutzfeldt-Jakob bestaat geen behandeling. De afloop is fataal. Kennis over de vorm van eiwitten zou ertoe kunnen leiden dat men de juiste medicijnen kan ontwikkelen voor behandelingen. Maar supercomputers doen er vaak jaren over om erachter te komen hoe een bepaald eiwit zichzelf opvouwt. Amerikaanse wetenschappers hebben daarom het online eiwit-opvouwspel Foldit ontwikkeld. Bij dit spel krijgt een gamer een aminozuur-

keten aangeboden waarvan niemand precies weet hoe die moet worden opgevouwen tot een functioneel eiwit. De gamer moet proberen de keten in een zo optimaal mogelijke vorm op te vouwen voor een maximale score. Net als in de natuur moet je hierbij rekening houden met zaken als elektrisch geladen zijgroepen en hydrofiele en hydrofobe delen. Je kunt bijvoorbeeld hydrofobe zijgroepen niet aan de buitenkant van het eiwit laten zitten. Daar is het waterig zodat deze delen naar de binnenkant van het eiwit proberen te vluchten. Wanneer je het eiwit hebt gevouwen in een vorm waarvan jij denkt dat die het beste werkt, rekent de computer vervolgens uit hoe goed jouw vormpje is. Scoor je hoger dan andere gamers, dan heb je de medische wetenschap een stap verder geholpen. Een van de successen van Foldit is dat gamers binnen tien dagen de vorm van een eiwit wisten te bepalen waarin aids-wetenschappers zijn geïnteresseerd. Dat was de wetenschappers na jarenlang onderzoek niet gelukt.

▼ Afb. 51



Beantwoord de vragen 6 tot en met 9 met behulp van de context 'Foldit: online eiwitten vouwen'.

- 6 Wat bepaalt de functie van een eiwit?
- 7 In welk celorganel krijgen veel eiwitten hun uiteindelijke functionele vorm?
- 8 Op welke twee manieren kun je de ziekte van Creutzfeldt-Jakob oplossen?
- 9 Prionen bij runderen lijken op prionen bij mensen. Waarom zijn prionen uit runderen dus niet geschikt voor het ontwikkelen van een vaccin tegen de ziekte van Creutzfeldt-Jakob?

DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Bij de bacteriesoort *Escherichia coli* is bij de productie van het enzym β -galactosidase een regulatorgen betrokken. Het enzym β -galactosidase zorgt voor de vertering van lactose (melksuiker).

Welke informatie bevat het regulatorgen?

- A De informatie voor de synthese van β -galactosidase.
- B De informatie voor de synthese van lactose.
- C De informatie voor de synthese van een repressor.
- D De informatie voor de synthese van een RNA-molecuul.

▼ Afb. 52

Kunstgebit verleden tijd door alligator?

Alligators verslijten gedurende hun leven ongeveer drieduizend tanden. Wanneer er een tand is gesneuveld, ontstaat er een klompje weefsel van slapende stamcellen op het tandbot. Onder invloed van bepaalde eiwitten groeien de stamcellen uit tot nieuwe tanden. Elke tand in het gebit van een alligator vernieuwt zich gemiddeld 80x.

Ook mensen hebben een laag stamcellen in hun tandvles. Na het doorkomen van de blijvende tanden zijn deze stamcellen niet meer actief. Wetenschappers hopen dat het bij mensen ook mogelijk wordt nieuwe tanden aan te laten groeien door het proces bij alligators na te bootsen.

- Gebruik bij de vragen 2 en 3 afbeelding 52.
- 2 De stamcellen groeien bij alligators onder invloed van bepaalde eiwitten uit tot nieuwe tanden.

Door welk deel van een DNA-molecuul worden deze eiwitten geproduceerd?

En welke invloed hebben deze eiwitten op bepaalde genen in de stamcellen?

Het eiwit wordt geproduceerd door

- | A | B | C | D |
|---|---|---|---|
| een regulatorgen. | een regulatorgen. | een structuurgen. | een structuurgen. |
| zetten bepaalde genen in de stamcellen aan. | zetten bepaalde genen in de stamcellen uit. | zetten bepaalde genen in de stamcellen aan. | zetten bepaalde genen in de stamcellen uit. |

- 3 Alle stamcellen in het tandvles van een alligator bevatten hetzelfde DNA. Een tand van een alligator bestaat uit verschillende weefsels doordat er celdifferentiatie heeft plaatsgevonden.

Is hiervoor genregulatie nodig? En genexpressie?

- A Alleen genregulatie.
- B Alleen genexpressie.
- C Zowel genregulatie als genexpressie.



1 een alligator



2 dwarsdoorsnede door een tand van een alligator

- 4 In het Utrechtse Hubrecht Instituut voor ontwikkelingsbiologie hebben onderzoekers stamcellen ontdekt die in een laboratorium kunnen uitgroeien tot een maagachtige structuur. Dit zou kunnen betekenen dat het in de toekomst mogelijk is om beschadigd maagweefsel te vervangen door in een laboratorium gekweekt weefsel. Maagstamcellen hebben blijkbaar een zelforganiserend vermogen. Enkele eigenschappen van de maagstamcellen zijn:
- 1 De cellen delen zich vaak en snel.
 - 2 De cellen delen zich op de juiste momenten.
 - 3 De cellen produceren eiwitten die de genen in andere cellen beïnvloeden.
 - 4 De cellen differentiëren tot het juiste celtype.
- Welke van deze eigenschappen dragen bij tot de zelforganisatie van maagstamcellen tot een maagstructuur?
- A De eigenschappen 1, 2 en 3.
 - B De eigenschappen 1, 2 en 4.
 - C De eigenschappen 2, 3 en 4.
 - D Alle genoemde eigenschappen.

Gebruik bij de vragen 5 en 6 de tekst van afbeelding 53.

- 5 Een koningin en een dar paren. Welke nakomelingen bevatten de genen van de vader?
- A Alleen de koninginnen.
 - B Alleen de werksters.
 - C De helft van de darren.
 - D Alleen de koninginnen en de werksters.
 - E Alleen de koninginnen en de helft van de darren.
 - F Alleen de werksters en de helft van de darren.

▼ Afb. 53

Epigenetica bij bijen

Bij bijen ontstaan mannetjes (darren) uit onbevuchte (haploïde) eicellen. De vrouwtjes (de koningin en de werksters) ontstaan uit bevruchte (diploïde) eicellen. Afhankelijk van de voeding groeit uit een bevruchte eicel óf een koningin óf een werkster. Werksters kunnen verschillende taken uitvoeren. Ze kunnen buiten het nest voedsel verzamelen of in het nest blijven en daar de larven verzorgen. Wetenschappers hebben ontdekt dat het gedrag van werksters leidt tot verschillende methyleringspatronen in hun DNA. Er werden 155 verschillen gevonden tussen werksters die voedsel zoeken en werksters die larven verzorgen.

- 6 Het gedrag blijkt bij werksters een epigenetische factor te zijn. Door epigenetische factoren wordt het DNA op sommige plaatsen gemethyleerd waardoor de toegankelijkheid van genen verandert. Dit heeft gevolgen voor het vormen van RNA.

Wordt een gen meer of minder toegankelijk door DNA-methylering? En wordt hierdoor meer of minder RNA langs een gen gevormd?

Een gen wordt

De hoeveelheid RNA die langs een gen wordt gevormd is

- | | | |
|---|----------------------|---------|
| A | meer toegankelijk. | minder. |
| B | meer toegankelijk. | meer. |
| C | minder toegankelijk. | minder. |
| D | minder toegankelijk. | meer. |

DOELSTELLING 5

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Wanneer er tijdens de DNA-replicatie fouten worden gemaakt, kunnen die niet meer worden hersteld.

Gebruik bij de beweringen 2 en 3 de volgende informatie. Wetenschappers hebben ontdekt dat de aanmaak van rood en geel pigment bij witte tijgers wordt onderdrukt door de verandering van één basenpaar in een gen. Hierdoor hebben de tijgers een witte vacht met zwarte strepen (zie afbeelding 54).

- 2 Witte tijgers ontstaan door een genoommutatie.
3 Het gemuteerde gen kan worden doorgegeven aan het nageslacht.

▼ Afb. 54



Gebruik bij de beweringen 4 en 5 de volgende informatie. Bij mensen verandert het DNA in de kern (kernDNA) en in de mitochondriën (mtDNA) voortdurend, onder andere door mutaties. Meestal heeft dit geen gevolgen voor het functioneren van de desbetreffende cel, ook al is een van de genen in het kernDNA of het mtDNA zodanig veranderd dat een bepaald eiwit niet meer kan worden gevormd.

- 4 Een mutatie in het kernDNA hoeft geen probleem te zijn doordat mtDNA de functie overneemt.
- 5 Een mutatie in het mtDNA hoeft geen probleem te zijn doordat andere mitochondriën de functie kunnen overnemen.

Gezondheidsdeskundigen vinden dat er op de etiketten van alcoholische drank een waarschuwing moet komen waarop staat dat alcohol kanker kan veroorzaken. Alcohol kan een bijdrage leveren aan het ontstaan van keelkanker, slokdarmkanker, leverkanker, darmkanker en borstkanker.

- 6 Alcohol is een mutagene stof.
- 7 Door een mutatie kan een secundaire tumor ontstaan.
- 8 Een kwaadaardige tumor verstoort de bouw van het weefsel.
- 9 Een primaire tumor wordt vaak operatief verwijderd of bestraald (radiotherapie).
- 10 Proto-oncogenen voorkomen dat een cel deelt wanneer er sprake is van DNA-schade.
- 11 Een cel wordt pas een kankercel nadat in deze cel een aantal mutaties heeft plaatsgevonden.

DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Vroeger gebruikte men insuline van kalveren om het glucosegehalte van mensen met diabetes op peil te houden. De aminozuursamenstelling van dit insuline is niet helemaal identiek aan die van de mens, maar heeft wel dezelfde werking. Op dit moment kan men met gistcellen insuline produceren dat wel volkomen identiek is aan het insuline van de mens. In het genoom van deze gistcellen heeft men het gen van de mens ingebouwd dat codeert voor insuline. Hoe noemt men de techniek waarbij men een gen van een organisme inbrengt in het genoom van een ander organisme?
- 2 Hoe noemt men een organisme waarbij het DNA is veranderd?

- 3 Een RNA-virus bestaat uit een enkelstrengs RNA-molecuul en een eiwitmantel. Bij de vermenigvuldiging van een retrovirus zijn onder meer in willekeurige volgorde de volgende stappen te onderscheiden:
 - 1 Het virale DNA wordt ingebouwd in het DNA van de gastheercel.
 - 2 De eiwitten van de eiwitmantel worden gevormd.
 - 3 Er wordt RNA gevormd.
 - 4 De gastheercel wordt geïnfecteerd.
 - 5 Er wordt dubbelstrengs viraal DNA gevormd.
 - 6 Een enzym vormt DNA langs de virale RNA-streng.
 - 7 De RNA-streng wordt afgebroken.
 In welke volgorde vinden deze gebeurtenissen plaats bij de vermenigvuldiging van een RNA-virus?
- 4 Wordt er voor het maken van cDNA een kopie gemaakt van DNA of van RNA?

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingstof.

Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

opdracht 1

In dit thema heb je geleerd dat interacties op molecuulniveau processen in de cel beïnvloeden. Dat heeft invloed op andere hoofdthema's in de biologie. Met een schema wordt het verband tussen de verschillende hoofdthema's duidelijk.

- 1 Neem het volgende schema over en vul het in. Gebruik daarbij: *celdifferentiatie – DNA-replicatie – eiwitsynthese – genexpressie – genregulatie – mutatie*.

Organisatieniveaus	Systeemconcepten				
	Zelfregulatie	Zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul					
Cel					

- 2 In deel 4 heb je geleerd hoe je een conceptmap kunt maken. Het maken van een conceptmap is een manier om de stof van een onderwerp te verwerken.

Maak een conceptmap over het onderwerp DNA. Gebruik daarbij de volgende begrippen:

cDNA – centromeer – chromatiden – circulair DNA – cytostatica – dieren – DNA (2x) – DNA in chloroplasten – DNA-methylering – DNA-nucleotiden – DNA-polymerase – DNA-replicatie – DNA-sequentie – eiwitsynthese – eiwitten – epigenetica – epigenetische factoren – eukaryoot – gen – genetische code – genetische modificatie – genexpressie – genoom – genoommutatie – genregulatie – ggo – helixstructuur – kanker – kernDNA – metastase – mtDNA – mutagene invloeden – mutatie – ncDNA – operatie – planten – plasmide – primaire tumor – prokaryoot – proto-oncogen – puntmutatie – radiotherapie – recombinant-DNA-techniek – regulatorgen – ribosoom – RNA (2x) – secundaire tumor – start-codon – stopcodon – structuurgen – transgeen – tumorsuppressorgen – virus.

Je kunt je conceptmap eventueel uitbreiden.

opdracht 2

Het syndroom van Marfan (examen havo 2011-2)

Het Marfansyndroom of syndroom van Marfan is een aangeboren aandoening van het bindweefsel. Het gen hiervoor is autosomaal en dominant. De belangrijkste Marfan-verschijnselen treden op aan hart, bloedvaten, ogen en skelet (zie afbeelding 55). 'Syndroom' geeft aan dat het gaat om een verzameling van afwijkingen die samen en in een bepaalde combinatie voorkomen. Alle verschijnselen samen zijn te verklaren vanuit één oorzaak.

Het Marfansyndroom is genoemd naar de Franse kinderarts Antoine Marfan die aan het eind van de negentiende eeuw als eerste een patiëntje beschreef met die aandoening. Het Marfansyndroom komt overal ter wereld voor. Eén op de tienduizend mensen heeft deze aandoening. Het komt even vaak voor bij mannen als bij vrouwen. In Nederland is bij ongeveer 1500 mensen aangetoond dat zij deze aandoening hebben.

▼ Afb. 55



1 Bij Marfan-patiënten is er sprake van een afwijkend $FBN1$ -gen dat codeert voor een afwijkend fibrilline-1. Bij de opbouw van bindweefsel zijn eiwitten betrokken, onder meer fibrilline. Over het afwijkende fibrilline-eiwit van Marfanpatiënten worden twee beweringen geformuleerd:

- 1 Door een mutatie van één nucleotide in het $FBN1$ -gen is de structuur van het fibrilline-eiwit veranderd, waardoor het niet meer goed werkt.
- 2 Doordat het fibrilline-eiwit een andere aminozuursamenstelling heeft, is de structuur van het fibrilline-eiwit zodanig gewijzigd dat het zijn werk niet goed meer kan doen.

Welke van deze uitspraken kan (kunnen) juist zijn?

- A Geen van beide uitspraken.
- B Alleen uitspraak 1.
- C Alleen uitspraak 2.
- D Beide uitspraken.

2 Wat voor type mutatie wordt er in de eerste bewering van vraag 1 omschreven?

3 In het lichaam van een mens onderscheidt men een groot aantal verschillende cellen. Voorbeelden hiervan zijn:

- 1 bindweefselcellen;
- 2 levercellen;
- 3 cellen van de bloedvatwand.

Welke van deze cellen bevat (bevatten) het gemuteerde $FBN1$ -gen bij een patiënt met het Marfansyndroom?

- A Alleen 1.
- B Alleen 2.
- C Alleen 3.
- D Alleen 1 en 2.
- E Alleen 1 en 3.
- F Zowel 1, 2 als 3.

4 Het $FBN1$ -gen ligt op het vijftiende chromosomenpaar. Er zijn verschillende mutaties in het $FBN1$ -gen mogelijk die het Marfansyndroom kunnen veroorzaken. Eén van de mutaties heeft tot gevolg dat de synthese van het eiwit vroegtijdig wordt afgebroken. Het resultaat is een verkorte versie van het fibrilline-eiwit. Dit eiwit is niet functioneel. Leg uit hoe door een mutatie de synthese van een eiwit vroegtijdig kan worden afgebroken.

5 Drie leerlingen doen uitspraken over DNA en RNA.

Younes zegt dat bij DNA-replicatie de hele streng DNA wordt gekopieerd en bij de vorming van RNA maar een deel van de streng.

Lisa zegt dat zowel DNA als RNA de informatie bevat die nodig is om eiwitten te maken.

Aaron zegt dat DNA en RNA beide in de celkern blijven, maar dat eiwitten wel de celkern kunnen verlaten.

Wie heeft (hebben) gelijk?

- A Alleen Younes heeft gelijk.
- B Alleen Lisa heeft gelijk.
- C Alleen Aaron heeft gelijk.
- D Younes en Lisa hebben gelijk.
- E Younes en Aaron hebben gelijk.
- F Younes, Lisa en Aaron hebben alle drie gelijk.

opdracht 3

Gentech-courgettes (examen havo 2013-1)

In de zuidelijke staten van de VS en in Mexico is zo'n kwart van alle gekweekte courgettes, pompoenen en kalebassen genetisch gemodificeerd. Deze zogenoemde cultivars zijn allemaal varianten van de soort *Cucurbita pepo*. Zij hebben in hun erfelijk materiaal drie virusgenen gekregen die deze planten resistent maken tegen het gele mozaïekvirus, het komkommermozaïekvirus en het watermeloenmozaïekvirus. Deze gentechgroenten worden sinds 1996 verbouwd. Eerder hadden plantkundigen al aangetoond dat ze vrij gemakkelijk kunnen kruisen met de wilde Texaanse courgette (*Cucurbita pepo* ssp. *Texana*) die daar in natuurgebieden groeit. Deze kruisingsproducten zijn ook virusresistent. Daarmee zouden deze met transgenen 'vervuilde' planten zich in de natuur of als onkruid in de katoen- en sojavelden kunnen verspreiden.

- 1 Leg uit wat wordt bedoeld met 'met transgenen vervuilde planten'.

De onderzoekers bestudeerden drie jaar lang een veld met daarin zowel wilde courgettes, kruisingsproducten zonder de virusgenen en ook kruisingsproducten met de virusgenen. Ze besmetten hun proefveld met de drie mozaïekvirussen en stelden de velden ook bloot aan de komkommerkevers *Diabrotica* en *Acalymma*. Deze kevers eten niet alleen van de plant; ze dragen ook de bacterie *Erwinia tracheiphila* over die de verwelkingsziekte veroorzaakt.

Afbeelding 56 is een foto van de grote gele bloem van een courgette, die wordt bezocht door een groot aantal komkommerkevers.

Alle jaren bleek dat de kruisingsproducten met de virusgenen het tot juli veel beter deden: ze hadden meer bloemen, vruchten en zaden dan de beide andere typen courgettes, waarvan de bladeren vaker waren aangetast door de mozaïekvirussen. Maar na half juli zaten juist op deze gezonde, grotere planten veruit de meeste kevertjes die de verwelkingsziekte overdroegen.

De plantkundigen hebben met deze veldstudie aangetoond dat de overlevingskans van onbedoelde kruisingsproducten mede afhankelijk is van andere aanwezige belagers en besmetters.

- 2 Leg uit dat de virusgenen in de transgene planten in bepaalde ecosystemen tot een evolutionair voordeel voor deze planten kunnen leiden en in een ander ecosysteem tot een evolutionair nadeel.

- 3 Op welke wijze worden de virusgenen vanuit de gentech *Cucurbita*-planten overgebracht naar het genoom van de wilde Texaanse *Cucurbita*-planten?

- A Door een bacterie.
 B Door een virus.
 C Door genetische modificatie.
 D Door geslachtelijke voortplanting.

▼ Afb. 56



1 Erfelijke ziekten en afwijkingen bij de mens

In de basisstof zijn enkele erfelijke aandoeningen behandeld die bij de mens voor kunnen komen. De meeste van deze aandoeningen worden veroorzaakt door recessieve allelen of door mutaties. In deze verrijksstof gaan we uitgebreider in op een aantal erfelijke aandoeningen.

FENYLKETONURIE (PKU)

Bij fenylketonurie (PKU) hebben patiënten een verhoogde concentratie van het aminozuur fenylalanine in het bloed. Dit wordt veroorzaakt door een autosomaal, recessief erfelijke aandoening waardoor het enzym dat fenylalanine omzet in tyrosine ontbreekt of onwerkzaam is. Hierdoor hoopt fenylalanine zich op in het bloed en in weefsels. Een deel van het aminozuur wordt omgezet in de stof fenylpydrodrivenzuur en met de urine uitgescheiden. Bij gezonde mensen komt deze stof niet in de urine voor.

Als fenylketonurie niet wordt behandeld, leidt de ophoping van fenylalanine in zenuwweefsel tot hersenbeschadiging. Dit leidt tot een geestelijke en lichamelijke achterstand van de patiënt. Daardoor is het belangrijk dat PKU op tijd wordt ontdekt. In Nederland krijgen baby's binnen acht dagen na de geboorte een hielprik. Het bloed van de baby wordt onder andere onderzocht op PKU. PKU kan met succes worden behandeld als een patiënt vanaf zeer jonge leeftijd een fenylalanine-beperkt dieet volgt. Doordat een patiënt bij dit dieet veel te weinig voedingsstoffen binnenkrijgt, moet hij een speciaal preparaat innemen. In dit fenylalanine-vrije preparaat zitten alle ontbrekende aminozuren en mineralen die nodig zijn voor de groei van het lichaam en de ontwikkeling van de hersenen. Bij gezonde mensen wordt uit tyrosine het donkere pigment melanine gevormd. Dit pigment geeft kleur aan de huid en aan de haren. Patiënten die lijden aan fenylketonurie hebben een bleke huidskleur, doordat ze minder melanine vormen.

▼ Afb. 57 Albinisme.



ALBINISME

Albino's hebben geen of weinig pigment in hun huid, haren of ogen. Zij missen het enzym tyrosinase. Dit enzym katalyseert een van de reacties bij de vorming van melaninepigmenten. Ongeveer een op de twintigduizend mensen is een albino. De meest voorkomende erfelijke vorm van albinisme wordt veroorzaakt door een recessieve mutatie in het gen dat verantwoordelijk is voor de synthese van het enzym tyrosinase. Albino's zijn homozygoot voor deze mutatie waardoor het enzym ontbreekt of minder werkzaam is. Als gevolg daarvan hebben albino's weinig of geen pigment in hun huid, haren of ogen (zie afbeelding 57). Ook kunnen door het tekort aan melanine de ogen onwillekeurige bewegingen maken, kan er sprake zijn van overgevoeligheid voor zonlicht, scheelzien en niet goed scherp kunnen zien. In tegenstelling tot wat er vaak wordt beweerd, hebben albino's meestal geen rode ogen. De kleur van de iris kan variëren van roze-grijs, lichtblauw tot donkerbruin. Alleen bij oculair albinisme kan de iris roodgekleurd zijn. Het tekort aan pigment is hierbij beperkt tot de ogen. Deze vorm van albinisme erft X-chromosomaal over en is recessief.

TRISOMIE

Trisomie is een erfelijke aandoening waarbij er in een lichaamscel van een van de chromosomen drie aanwezig zijn in plaats van twee. De meest voorkomende autosomale vorm van trisomie is het syndroom van Down. Andere vormen van autosomale trisomie leiden tot afwijkingen die ervoor zorgen dat de bevruchte eicel of het embryo te gronde gaat.

In basisstof 5 is behandeld dat een vrouw met het syndroom van Turner lichaamscellen heeft met één X-chromosoom. Dit wordt veroorzaakt doordat een paar chromosomen tijdens meiose bij elkaar blijft. Hierdoor ontstaan geslachtscellen met twee X-chromosomen en geslachtscellen zonder X-chromosoom. Bij de bevruchting kan daardoor een zygote met maar één X-chromosoom ontstaan. Wanneer een eicel met twee X-chromosomen wordt bevrucht door een zaadcel, kan een individu met drie geslachtschromosomen ontstaan. Bij het syndroom van Klinefelter bevat een lichaamscel twee X-chromosomen en één Y-chromosoom. Uiterlijk lijkt de persoon op een man, maar de testes komen niet goed tot ontwikkeling en in de puberteit kan ook borstontwikkeling optreden. Bij het triple X-syndroom bevat een lichaamscel drie X-chromosomen. Dit komt alleen voor bij meisjes. Het uiterlijk is meestal niet afwijkend. Ook is de ontwikkeling vaak normaal maar het komt ook regelmatig voor dat er sprake is van leerproblemen, een ontwikkelingsachterstand of gedragsproblemen.

Wanneer een eicel wordt bevrucht door een zaadcel met twee Y-chromosomen ontstaat een individu met het XYY-syndroom. Dit syndroom komt alleen voor bij jongens. Zij worden meestal iets groter dan gemiddeld en hebben een normale intelligentie. Wel komen regelmatig leerproblemen en gedragsproblemen voor.

opdracht 1**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Noem drie manieren waarop het allel voor fenylketonurie tot uiting komt in het fenotype.
- 2 Waarom volgen patiënten met PKU een eiwit-beperkt dieet?
- 3 Bij een man worden zaadcellen ontdekt met twee Y-chromosomen. Zijn deze zaadcellen ontstaan tijdens meiose I of tijdens meiose II?
- 4 Welke geslachtschromosomen kan een eicel bevatten wanneer de geslachtschromosomen tijdens de meiose niet uit elkaar gaan?
- 5 De geslachtschromosomen veroorzaken tijdens het embryonaal stadium de ontwikkeling van de primaire geslachtskenmerken (de mannelijke of vrouwelijke voortplantingsorganen). Tijdens de puberteit veroorzaken ze (via de geslachtshormonen) de ontwikkeling van de secundaire geslachtskenmerken. Welk geslachtschromosoom speelt bij deze ontwikkeling de belangrijkste rol: het X-chromosoom of het Y-chromosoom? Leg je antwoord uit.

WEB [meer verrijkingstoffen vind je op ePack](#)

3

Mens en milieu



BASISSTOF

- 1 De relatie mens en milieu 112
- 2 Voedselproductie 117
- 3 Duurzame ontwikkeling en kringlopen 128
- 4 Veruiling en oplossingen 133
- 5 Natuurbehoud, natuurbeheer en natuurontwikkeling 144

SAMENVATTING 148

DIAGNOSTISCHE TOETS 151

EINDOPDRACHT 159

VERRIJKINGSSTOF 163

1 Werken met contexten 163



Dit thema behandelt de relatie tussen de mens en het milieu. Mensen zijn niet altijd zorgvuldig geweest met het milieu. De laatste honderd jaar is veel natuurgrond omgezet in cultuurgrond, bijvoorbeeld om meer landbouwgrond te krijgen. Vaak is daarbij schade aan de natuur ontstaan en is de bodem uitgeput. Bovendien is het milieu door menselijke activiteit verontreinigd. Steeds meer mensen worden zich bewust van de problemen en zoeken naar manieren om de problemen duurzaam op te lossen.

Dit thema behandelt de voornaamste oorzaken van de milieuproblemen, de gevolgen daarvan en wat er wordt gedaan om het milieu te beschermen.

1 De relatie mens en milieu

Mensen worden, net als andere organismen, beïnvloed door het milieu. Ze worden bijvoorbeeld regelmatig geconfronteerd met overstromingen. In het dorp Egmond aan Zee is al drie keer een kerk in zee verdwenen, in Zeeland zijn grote stukken land met steden en dorpen overstromd door de zee. In Overijssel, Limburg en in Duitsland is regelmatig sprake van problemen doordat rivieren bij hoogwater buiten hun oevers treden. In afbeelding 1 zie je dat mensen afhankelijk zijn van het milieu. Men spreekt in dit verband wel van **ecosysteemdiensten**.

► **Afb. 1** De mens is afhankelijk van het milieu.



Dat zijn diensten die een ecosysteem aan mensen levert. Het kan gaan om een product dat een ecosysteem levert (bijvoorbeeld drinkwater, grondstoffen en voedsel), een regulerende dienst (bijvoorbeeld bestuiving van gewassen), een culturele dienst (bijvoorbeeld gelegenheid geven tot recreatie) of een dienst die de voorgaande diensten ondersteunt (bijvoorbeeld de kringloop van nutriënten in een ecosysteem).

Omgekeerd beïnvloeden mensen het milieu ook, doordat zij ingrijpen in het milieu. Mensen kunnen stoffen toevoegen aan het milieu of er stoffen aan onttrekken. Door hun activiteiten veranderen mensen het milieu.

Milieu problemen ontstaan als het menselijk ingrijpen het natuurlijk milieu ernstig verstoort. Dit kan zijn doordat mensen stoffen aan het milieu toevoegen die leiden tot **vervuiling** of er juist zoveel stoffen aan onttrekken dat er sprake is van **uitputting**.

De mens kan het milieu ook zodanig veranderen dat er sprake is van **aantasting**. Steeds meer mensen, zowel individueel als in bedrijven en bij de overheid, worden zich bewust van de risico's van die aantasting. Op allerlei manieren wordt gewerkt aan **duurzaamheid**. Duurzaamheid betekent dat de invloed van de activiteiten van de mens geen blijvende schade aanricht aan het milieu en dat ook toekomstige generaties het milieu kunnen blijven gebruiken. Het betekent ook dat er zo met grondstoffen wordt omgesprongen dat ze in de toekomst nog in voldoende mate beschikbaar zijn.

SUIKER UNIE

Suiker Unie maakt suiker en suikerspecialiteiten. Haar fabrieken voor de productie van suiker staan in Dinteloord, Vierverlaten en Anklam (Noordoost-Duitsland). Duurzaamheid is belangrijk voor dit bedrijf. Dat betekent alles uit de biet halen wat erin zit. De suikerbiet levert suiker en suikerproducten. Daarnaast produceert het bedrijf uit een deel van 'het afval' diervoeding. Maar het wil er nog meer uithalen. Bijvoorbeeld door uit wat er dan nog van de biet overblijft, bio-energie te produceren.

▼ **Afb. 2** Suiker is een prima energiebron.



Suiker Unie wil samen met haar telers en partners aan een betere toekomst werken. Er wordt daarbij gedacht aan het vervangen van producten gebaseerd op fossiele olie door producten die zijn gemaakt uit hernieuwbare grondstoffen, bijvoorbeeld uit de lokale landbouw. Verder aan hogere opbrengsten per hectare, zodat schaarse grondstoffen zowel voor voeding, energie als chemie kunnen worden gebruikt.

▼ **Afb. 3** Hergebruik biet.



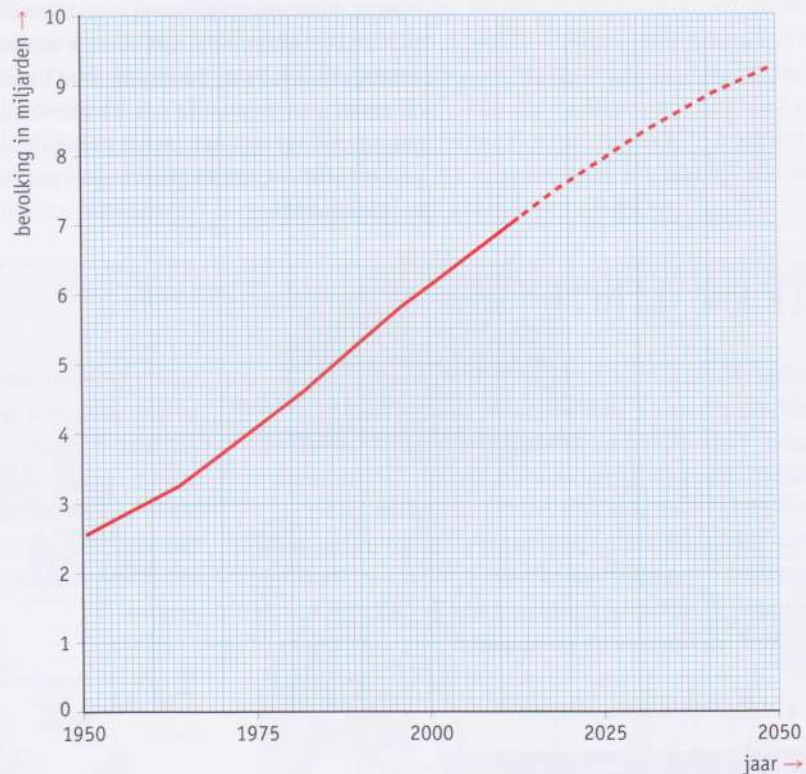
opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bekijk afbeelding 3. Hoe kan er uit bietenpuntjes, waarin organische stoffen zitten, groen gas (biogas) worden geproduceerd?
- 2 Waardoor is vorming van biogas alleen mogelijk onder anaerobe omstandigheden?
- 3 In hoeverre draagt het hergebruik van restmateriaal ('afval') van de biet bij aan duurzaamheid?

Om te begrijpen waarom het nastreven van duurzaamheid zoals door Suiker Unie gebeurt belangrijk is, moet je de voornaamste oorzaken van de milieuproblemen kennen. De wereldbevolking is de laatste honderd jaar explosief toegenomen en zal de komende tijd nog verder toenemen (zie afbeelding 4). We noemen dat een hoge **bevolkingsdruk**. Behalve de **bevolkingstoename** is ook de veranderde wijze van leven van de mens een oorzaak van milieuproblemen.

► Afb. 4 Groei van de wereldbevolking.



Sinds de industriële revolutie in de negentiende eeuw is de mens heel anders gaan leven. Door het gebruik van machines putten we de natuurlijke energiereserves heel snel uit en komen er veel afvalstoffen vrij. De opkomst van de chemische industrie heeft ervoor gezorgd dat allerlei synthetische producten worden geproduceerd, zoals plastic, nylon en verf. Bij de vervaardiging hiervan komen afvalstoffen vrij, waarvan sommige giftig zijn. Deze afvalstoffen zijn in het verleden vaak zonder meer in de lucht gebracht, in het water geloosd of in de bodem gestort.

De landbouw is ook in grote delen van de wereld veranderd. Steeds meer mensen moeten van voedsel worden voorzien. Landbouwbedrijven werken nu met grote machines. In Nederland zijn door ruilverkaveling grote bedrijven ontstaan, waardoor het karakter van het landschap sterk is veranderd (zie afbeelding 5).

► Afb. 5



1 landschap in 1950



2 landschap in 2010

Boeren produceren steeds meer om hun bedrijf rendabel te houden. De opkomst van deze bio-industrie heeft grote gevolgen gehad voor ons milieu. In basisstof 2 leer je hier meer over.

Door de bevolkingstoename en de veranderde wijze van leven is de hoeveelheid natuurlijk terrein en bos en de daar levende planten en dieren sterk afgenomen. De laatste eeuw zijn veel planten en diersoorten uitgestorven of worden met uitsterven bedreigd (zie afbeelding 6).

Het Nederlandse landschap ziet er nu heel anders uit dan pakweg honderd jaar geleden. Er komen bijna geen natuurlijke ecosystemen meer voor in Nederland en wat er nog is aan natuur is door grote verkeerswegen versnipperd. Er zijn maar weinig plekken met ongerepte natuur waar de dieren rust hebben en niet worden verstoord door recreanten of door verkeerslawaai (zie afbeelding 7).

► Afb. 6 Bedreigde diersoorten in Nederland.



1 marter



2 das

▼ Afb. 7

Lawaai verkeerswegen hindert broedvogels

Dat snelwegen een grote invloed hebben op de vogelpopulaties die bij een weg broeden, is bekend. Maar wat de dieren precies verstoort, hebben onderzoekers nooit kunnen aantonen. Onderzoek van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek heeft de rol van het geluid naar voren gebracht. Het gebrom

van auto's heeft een chronisch karakter en reikt ver. Als er op een snelweg veertigduizend voertuigen rijden, is de weg in een open landschap op meer dan 1 km hoorbaar. In een bos is die afstand zo'n 400 m. De onderzoekers hebben leefgebieden van vogels langs wegen vergeleken met plekken zonder verkeerslawaai. Vrijwel alle onderzochte vogelsoorten vertonen bij een verkeersintensiteit van tienduizend voertuigen

per etmaal (een niet al te drukke snelweg) een afname van het broedsucces van 10%. Waardoor het verkeerslawaai het broedproces van vogels beïnvloedt, is niet zeker. Wellicht kunnen vogels de voor hen belangrijke signalen, zoals alarmroepen, zang voor territoriumafbakening en geluiden van prooidieren, minder goed horen.

Op de bevolkingsgroei hebben vooral mensen zelf en de overheid invloed. Mensen zelf kunnen bewust kiezen voor het aantal kinderen, bijvoorbeeld door voorbehoedmiddelen te gebruiken. De overheid kan invloed hebben door voorlichting en maatregelen zoals de éénkindpolitiek in China. Bedrijven zoals de Suiker Unie en wetenschappelijke instellingen kunnen een belangrijke rol spelen bij het verminderen van de schadelijke gevolgen van de wijze van leven.

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoeveel jaar heeft het geduurd om van vier naar vijf miljard wereldbewoners te groeien (zie afbeelding 4)?

Hoe lang duurde het vervolgens om het zesde miljard vol te maken?

En hoe lang gaat het volgens de verwachting duren om van acht naar negen miljard mensen te groeien?

- 2 Technische ontwikkelingen hebben veel mensen welvaart gebracht. Veel technische ontwikkelingen hebben echter ook gezorgd voor milieuverontreiniging. Leg dat uit.

In het artikel van afbeelding 7 is een onderzoek van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek weergegeven. De vragen 3 tot en met 6 gaan over dit artikel.

- 3 Wat was de onderzoeksvraag bij dit onderzoek?

- 4 Om de invloed van verkeerslawaai op broedvogels te onderzoeken, kan onder andere de grootte van de legsels van een bepaalde vogelsoort op de verschillende plaatsen worden vergeleken.

Wat kan nog meer worden vergeleken om de invloed van het verkeerslawaai te bepalen?

- 5 Citeer de zin waarin het resultaat van het onderzoek staat beschreven.

- 6 Welke conclusie kun je uit dit onderzoek trekken?

- 7 Op dit moment is het grootste gevaar voor de dierenwereld de behoefte van de mens aan ruimte, onder andere aan landbouwgrond. De dieren verliezen dan hun natuurlijk milieu. Verder is de verontreiniging van het milieu een belangrijke bedreiging. In het verleden, maar ook nu nog, zijn ook om andere redenen door toedoen van de mens dieren aan de rand van uitsterven gebracht of volledig uitgeroeid, bijvoorbeeld de dodo (zie afbeelding 8).

Noem twee andere voorbeelden van zulke dieren en de reden van hun gehele of gedeeltelijke verdwijning.

▼ Afb. 8 Dodo.



2 Voedselproductie

Mensen proberen sinds het begin van de landbouw de opbrengst van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren zo hoog mogelijk te maken. Dit kan door de abiotische en biotische factoren voor de groei en ontwikkeling zo optimaal mogelijk te laten zijn. Bij voedingsgewassen kan dat door **bemesting**, **bodembewerking** en **bescherming tegen ziekten en plagen**.

In thema 1 Stofwisseling is behandeld dat planten water en mineralen (onder andere nitraten) uit de bodem opnemen. Deze mineralen (voedingszouten) worden door planten gebruikt als **voedingsstoffen**. Vaak worden ze opgenomen in een aantal organische stoffen in die planten. Door het oogsten van voedingsgewassen en door uitspoeling worden mineralen aan de kringloop van stoffen op landbouwgrond onttrokken.

Uitspoeling wil zeggen dat mineralen met het regenwater wegzakken naar diepere lagen. Door bemesting voegt men weer mineralen toe aan de bovenste bodemlagen van landbouwgrond. Akkers en weilanden kunnen worden bemest met kunstmest of met stalmest.

Met **kunstmest** kan een agrariër precies die mineralen aan de bodem toevoegen die de voedingsgewassen nodig hebben (zie afbeelding 9). Kunstmest bestaat vooral uit stikstofhoudende mineralen (onder andere nitraat) en fosfaat. **Stalmest** bestaat uit uitwerpselen en urine van dieren. De mest wordt in vaste of vloeibare vorm (gier) op het land gebracht. Reducenten (bacteriën en schimmels) in de bodem breken de mest af. Hierbij komen mineralen vrij.

Vaste stalmest is vaak vermengd met stro. Met deze mest komen niet alleen mineralen in de bodem, maar wordt de grond ook luchtiger en kruimeliger. Voedingsgewassen verbouwt men vaak in **monocultuur** (zie afbeelding 10). Dat wil zeggen dat op een groot stuk landbouwgrond één soort gewas wordt geteeld.

▼ Afb. 9 Kunstmest.



► Afb. 10 Monocultuur.



Door monoculturen kan het land efficiënt worden bewerkt. Monoculturen vergroten echter de kans op plagen, doordat er een groot voedselaanbod is. Bovendien breiden ziekten van het gewas zich sneller uit. Plantenziekten en vraat door

▼ Afb. 11 Vraat door insecten.



organismen (bijvoorbeeld insecten) kunnen de opbrengst van voedingsgewassen sterk verminderen (zie afbeelding 11). De gewassen kun je tegen ziekten en plagen beschermen door mechanische bestrijding, chemische bestrijdingsmiddelen of op een biologische manier.

MECHANISCHE BESTRIJDING

Vallen en vogelverschrikkers (zie afbeelding 12) plaatsen en de grond schoffelen zijn voorbeelden van mechanische bestrijding. Nadeel is dat je maar een beperkt aantal dieren kunt vangen of wegdrijven en planten kunt weghalen. Bovendien leren dieren de vallen te ontlopen of schrikken ze niet meer van de vogelverschrikker.

▼ Afb. 12 Vogelverschrikker.



▼ Afb. 13 Chemische bestrijdingsmiddelen.



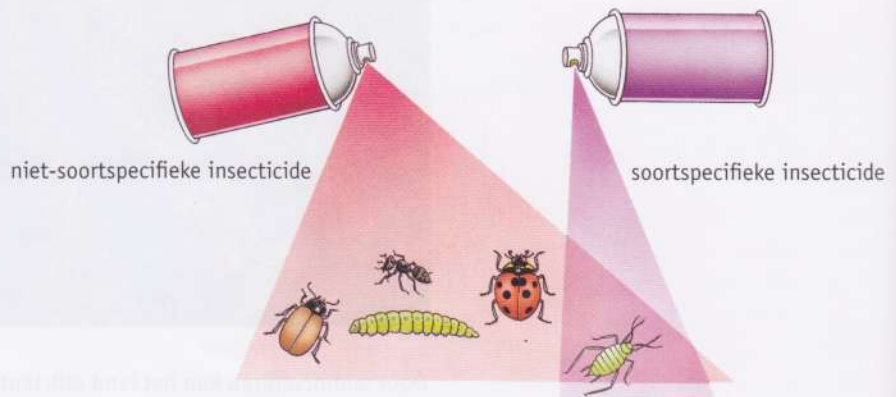
CHEMISCHE BESTRIJDING

De laatste zestig jaar zijn veel **chemische bestrijdingsmiddelen** (gifstoffen) ontwikkeld om ziekten en plagen te bestrijden. Chemische bestrijdingsmiddelen in het algemeen heten **pesticiden**. Pesticiden tegen insecten heten **insecticiden** en pesticiden tegen onkruiden heten **herbiciden**.

Chemische bestrijdingsmiddelen hebben als voordeel dat ze effectief zijn. Ziekten en plagen kun je met chemische bestrijdingsmiddelen meestal goed bestrijden. Om die reden grijpen veel mensen naar een chemisch bestrijdingsmiddel om een plaag in huis of in de tuin te bestrijden (zie afbeelding 13).

Chemische bestrijdingsmiddelen hebben echter ook nadelen. Sommige pesticiden zijn **niet-soortspecifiek** (zie afbeelding 14). Ze doden veel soorten organismen, ook onschadelijke soorten. Vaak worden ook predatoren gedood, waardoor plaagorganismen niet meer worden opgegeten.

► Afb. 14





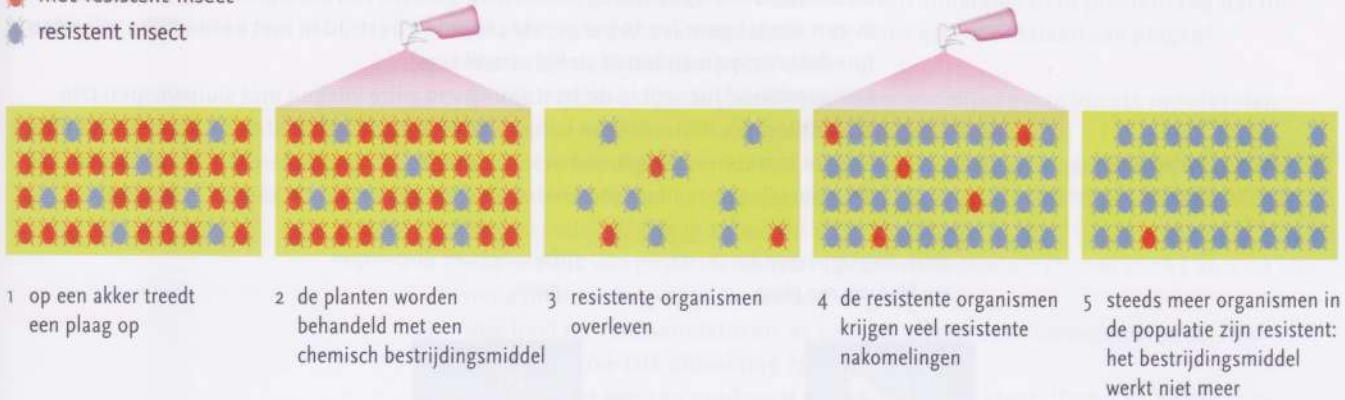
Een ander nadeel is dat bij de soort die wordt bestreden vaak al snel **resistentie** optreedt tegen het bestrijdingsmiddel. Dat gebeurt vooral bij soorten die zich snel voortplanten, zoals de meeste plaagorganismen.

In veel populaties blijken individuen voor te komen met gemuteerde genen waardoor ze **resistent** zijn tegen een bepaald pesticide. Resistentie berust dus op een erfelijke aanleg. Vooral deze resistente individuen overleven en planten zich voort, zodat er na een aantal generaties een resistente populatie is en er een nieuwe plaag optreedt (zie afbeelding 15). Om deze plaag te bestrijden, moet dan een hogere concentratie van het pesticide worden gebruikt of een ander pesticide.

▼ **Afb. 15** Het ontstaan van resistentie tegen een chemisch bestrijdingsmiddel.

Legenda:

-  niet-resistent insect
-  resistent insect





Sommige pesticiden zijn **persistent**. Dat wil zeggen dat ze erg langzaam langs natuurlijke weg worden afgebroken. Dieren kunnen pesticiden opslaan in vetweefsel. Als deze dieren door andere dieren worden gegeten, komen de pesticiden in het lichaam van deze roofdieren. De pesticiden worden dan doorgegeven aan de volgende schakel in de voedselketen.

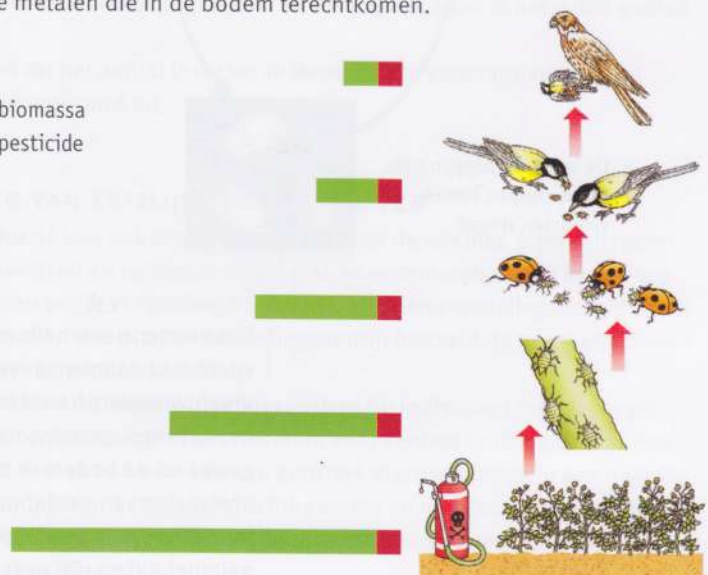
Via voedselketens hopen de bestrijdingsmiddelen zich op in dieren die aan het eind van een voedselketen staan. In thema 7 Ecologie in deel 4 heb je geleerd dat de hoeveelheid biomassa afneemt bij iedere stap omhoog in de keten. Als de gifstof niet wordt afgebroken, neemt de gifconcentratie bij iedere stap dus toe (zie afbeelding 16). We noemen dat **accumulatie**.

Ook van andere stoffen kan accumulatie plaatsvinden in voedselketens, bijvoorbeeld van zware metalen die in de bodem terecht komen.

► **Afb. 16** Accumulatie van een pesticide in een voedselketen.

Legenda:

-  hoeveelheid biomassa
-  hoeveelheid pesticide



Een deel van de pesticiden die worden gebruikt om voedingsgewassen te beschermen, komt terecht in sloten en rivieren, waardoor het water wordt vervuild. Door uitspoeling komt een deel terecht in het grondwater. Ons drinkwater wordt voor een belangrijk deel opgepompt uit de grond. Pesticiden bedreigen daardoor de kwaliteit van ons drinkwater.

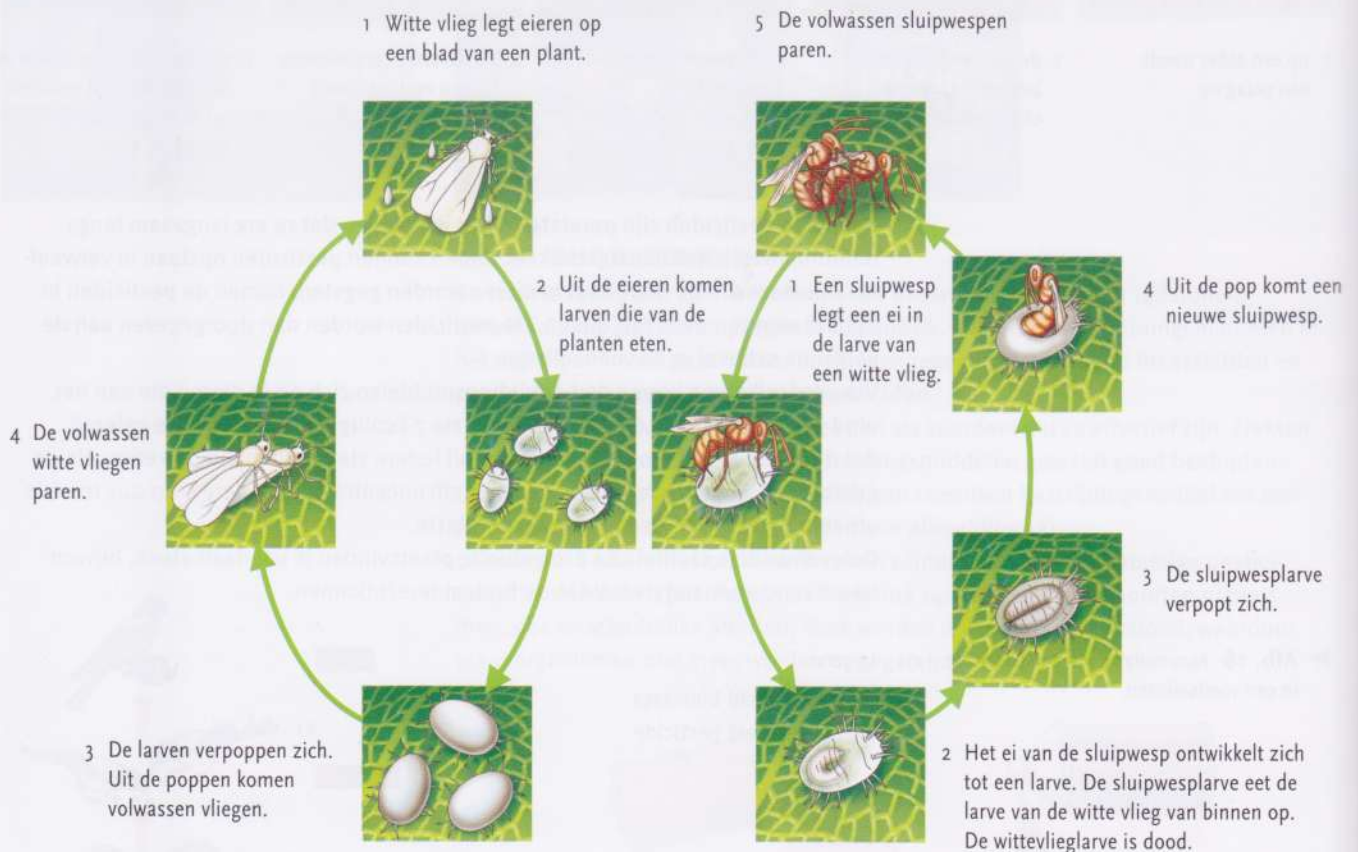
De nadelen van pesticiden hebben ertoe geleid dat er veel onderzoek plaatsvindt naar biologische bestrijding.

BIOLOGISCHE BESTRIJDING

Bij **biologische bestrijding** maakt men gebruik van biologische verschijnselen. In een aantal gevallen is het gelukt plagen te bestrijden met **natuurlijke vijanden** (predatoren, parasieten of ziekteverwekkers).

Een voorbeeld hiervan is de bestrijding van witte vliegen met sluipwespen (zie afbeelding 17). Witte vliegen kunnen grote schade aanrichten bij de teelt van onder andere tomaten en komkommers, doordat ze uit de planten sappen opzuigen. Om de witte vliegen te bestrijden, worden sluipwespen in de kassen losgelaten.

▼ **Afb. 17** Biologische bestrijding van de witte vlieg met sluipwespen.



Om plantenziekten te voorkomen, zijn er ook biologische teeltmethoden. Een voorbeeld daarvan is **vruchtwisseling** (of **wisselteelt**).

Vruchtwisseling houdt in dat er nooit twee jaar achtereen hetzelfde gewas op een bepaald stuk grond wordt verbouwd. Men doet dit om ziekteverwekkers voor dit gewas uit de bodem te laten verdwijnen. Een voorbeeld van vruchtwisseling is het afwisselen van aardappelteelt met de teelt van een ander gewas. Als meerdere jaren achtereen aardappelen op dezelfde akker worden verbouwd, treedt aardappelmoehheid op. Bij deze ziekte tasten wormpjes (aardappelcystenaaltjes) de

wortels van aardappelplanten aan. Wordt er na een jaar van aardappelteelt drie jaar lang een ander gewas op de akker verbouwd, dan gaan alle wormpjes dood. Hierna kan men weer een jaar aardappelen verbouwen zonder dat er aardappelmoehheid optreedt.

opdracht 3

Beantwoord de volgende vragen.

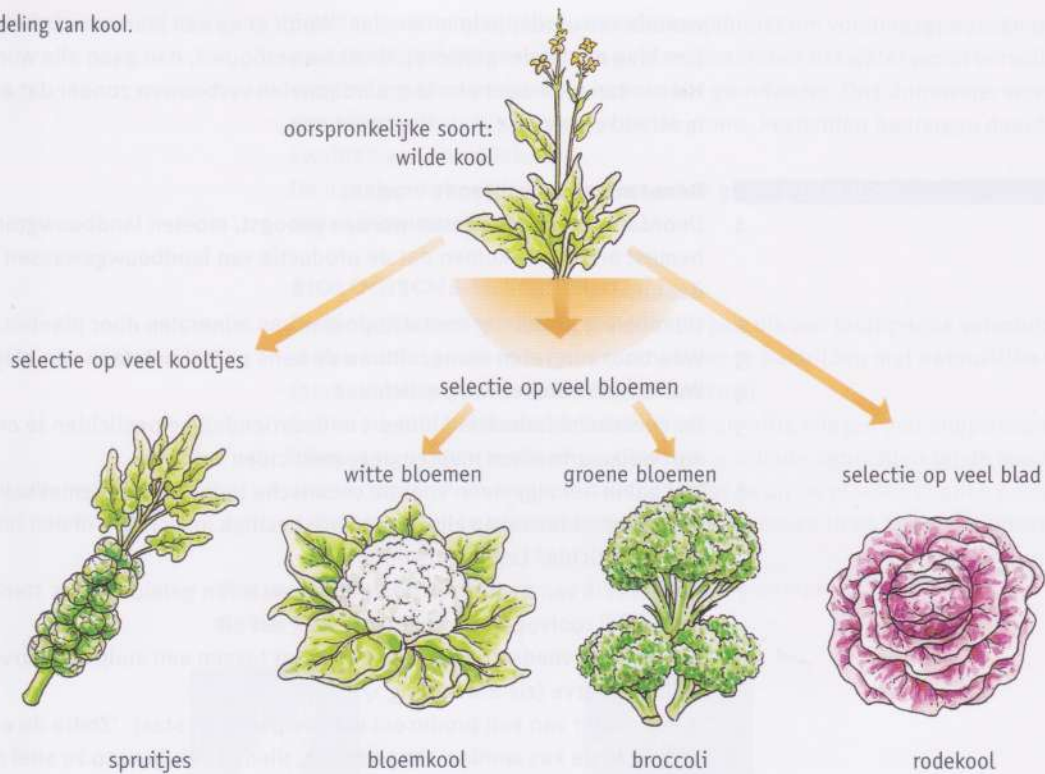
- 1 Doordat voedingsgewassen worden geoogst, moeten landbouwgronden worden bemest om te voorkomen dat de productie van landbouwgewassen afneemt. Leg dat uit.
- 2 Uitspoeling is nadelig voor de opname van mineralen door planten. Leg dat uit.
- 3 Waardoor vergroten monoculturen de kans op het ontstaan van plagen?
- 4 Wat is het voordeel van pesticiden?
- 5 De chemische industrie probeert milieuvriendelijke pesticiden te ontwikkelen. Aan welke drie eisen moeten deze pesticiden voldoen?
- 6 Wat zal in het algemeen voor de chemische industrie het gemakkelijkst (en dus het goedkoopst) te maken zijn: een soortspecifiek insecticide of een niet-soortspecifiek insecticide? Leg je antwoord uit.
- 7 Het gebruik van pesticiden heeft in het verleden geleid tot een sterke afname van het aantal roofvogels in Nederland. Leg dat uit.
- 8 Hoe heet de voedselrelatie die er bestaat tussen een sluipwesplarve en een wittevlieglarve (zie afbeelding 17)?
- 9 In een folder van een producent van sluipwespen staat: 'Zodra de eerste witte vliegen in de kas worden aangetroffen, dient de sluipwesp zo snel mogelijk te worden ingezet. Preventief inzetten behoort ook tot de mogelijkheden.' Leg uit wat het voordeel en wat het nadeel kan zijn van het preventief inzetten van sluipwespen.
- 10 Waarom past men bij de teelt van aardappelen vruchtwisseling toe?
- 11 Bij de bestrijding van een bepaalde insectensoort worden feromonen gebruikt. Door deze feromonen kunnen de mannetjesinsecten de vrouwtjesinsecten op grote afstand vinden. Vrouwtjes die eenmaal hebben gepaard, verliezen hun belangstelling voor mannetjes.
Een mannetje kan met vele vrouwtjes paren.
Met behulp van feromonen worden in de paringstijd mannetjes van deze schadelijke insectensoort gelokt en gevangen. De gevangen mannetjes kunnen worden gedood of onvruchtbaar gemaakt en vervolgens weer in hetzelfde gebied losgelaten.
Welke maatregel zal het aantal insecten in de volgende generatie het sterkst beperken? Leg je antwoord uit.

VERANDERING VAN ERFELIJKE EIGENSCHAPPEN

De voedselproductie kan ook worden verhoogd door de erfelijke eigenschappen van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren te veranderen. Bij de kweek van voedingsgewassen wordt **veredeling** toegepast. Met een veredelingsbedrijf wordt in de meeste gevallen een plantenveredelingsbedrijf bedoeld. In geval van dieren spreekt men meestal over een **fokkerij**.

Bij veredeling worden uit een nakomelingschap de individuen met de meest gunstige erfelijke eigenschappen geselecteerd voor verdere kruisingen. Op deze manier probeert men een combinatie van gunstige eigenschappen in een nakomeling te verkrijgen, bijvoorbeeld grote vruchtbaarheid en hoge voedingswaarde. Veredeling kan ook worden gebruikt om nieuwe soorten voedingsmiddelen te verkrijgen (zie afbeelding 18).

► Afb. 18 Veredeling van kool.



In thema 2 DNA is behandeld dat tegenwoordig vaak recombinant-DNA-technieken worden toegepast in de voedselproductie. Voedingsgewassen kunnen met deze techniek resistent worden gemaakt voor ziekten en plagen. Zo kunnen insecten worden bestreden door bij planten een gen in te bouwen dat zorgt voor de productie van een bepaald gif. Dat gif is alleen giftig voor de insectensoort die van de plant eet. Ggo-planten (genetisch gemodificeerde organismen) die al op de markt zijn met dit soort eigenschappen zijn bijvoorbeeld maïs en katoen. Bij tomatenplanten heeft men een gen ingebouwd dat de planten resistent maakt tegen schimmels (zie afbeelding 19).

Bij landbouwhuisdieren worden ook de mogelijkheden van de recombinant-DNA-techniek onderzocht. In 1985 werden de eerste ggo-dieren (varkens en schapen) gekweekt.

▼ Afb. 19

Tomaat resistent tegen schimmel

In de jaren negentig van de vorige eeuw is men erin geslaagd door middel van biotechnologische technieken een plant resistent te maken tegen een schadelijke *Fusarium*-schimmel. *Fusarium*-schimmels veroorzaken in de hele wereld veel schade aan gewassen als maïs, katoen, banaan, aardappel, tomaat, kornkom-

mer en meloen. De resistentie tegen *Fusarium* is ingebouwd in tomaten. Daartoe zijn uit tabaksplanten die resistent bleken te zijn tegen deze schimmel, genen gehaald die deze resistentie veroorzaken. Deze resistentiegenen zijn vervolgens ingebracht in tomaatplanten, die daardoor ook resistent zijn geworden tegen de *Fusarium*-schimmel. De gebruikte techniek is ook toe te passen op gewassen als aardappel en koolzaad

en langs dezelfde weg kan ook resistentie tegen andere schimmelinfecties worden ingebracht.

De bewuste genen kunnen worden geleverd aan veredelingsbedrijven, die er vervolgens resistente rassen mee kunnen gaan ontwikkelen. Daardoor kan een aanzienlijke verlaging worden bereikt van het gebruik van schimmeldodende chemicaliën in de land- en tuinbouw.

Sindsdien zijn er ggo-dieren ontwikkeld voor tal van toepassingen, onder andere de productie van menselijke eiwitten voor de farmaceutische industrie (bijvoorbeeld menselijk factor-X-eiwit in schapenmelk) en de verandering van dierlijke producten (bijvoorbeeld een verhoogd eiwitgehalte in koemelk).

Een techniek die bij runderen al veel langer wordt toegepast, is **kunstmatige inseminatie** (ki). Hierbij wordt sperma van een stier met gunstige eigenschappen opgevangen en ingebracht in de baarmoeder van koeien.

Een andere techniek die bij runderen wordt toegepast, is **in-vitrofertilisatie** (ivf). In thema 3 Voortplanting in deel 4 is behandeld dat bij deze methode eicellen in een voedingsmedium worden bevrucht door zaadcellen. Op deze manier kunnen een koe en een stier met gunstige eigenschappen worden gekruist. De klompjes cellen die zich uit de bevruchte eicellen ontwikkelen, worden ingebracht in de baarmoeder van meerdere 'normale' koeien. Deze draagkoeien brengen zo kalfjes met een combinatie van gunstige eigenschappen ter wereld.

TOPPAARDEN EN TOPSTIEREN

Topdieren uit de kopieermachine

In de paardenhouderij zijn individuele dieren soms extreem veel geld waard. Het kan dan gaan om dieren die uitzonderlijk goed presteren in de sport of dieren die om andere redenen erg gewild zijn in de fokkerij. Fokkers willen dan liefst een exacte kopie van zo'n succesvol dier.

Dankzij de techniek van het klonen is dat tegenwoordig mogelijk. Een kloon is letterlijk een genetisch exacte kopie van een dier. Deze methode is in Frankrijk voor het eerst succesvol toegepast met een gecasteerde hengst: een zogenoemde ruïn.

Het dier presteerde uitzonderlijk goed in de sport. Maar met een gecasteerde hengst is het slecht fokken. De fokkers slaagden erin om een kloon te maken van dit dier.

Selectie op basis van het DNA

De waarde van bijvoorbeeld een goede fokstier kan pas worden bepaald op het moment dat zijn dochters melk gaan geven. Dan ben je dus al gauw weer een paar jaar verder. Voor dat probleem biedt de moleculaire genetica een oplossing. Er zijn steeds meer genetische 'merktekens' bekend waarvan men weet dat ze samenhangen met bepaalde goede eigenschappen. Op die manier kun je een mannelijk kalf dus al testen op letterlijk tienduizenden verschillende genetische merktekens (SNP's), ruim vóór hij geslachtsrijp is. Ook in de varkens- en pluimveefokkerij zijn verschillende bedrijven overgegaan op dit soort genetische selectie. Het testen van de dochters van een koe op hun goede eigenschappen duurt lang en is kostbaar. Het bepalen van de zogenoemde fokwaarde van een stier

op de traditionele manier kost al gauw 25 000 euro. Een genetisch onderzoek is inmiddels bijna net zo betrouwbaar en kost slechts 250 euro.

Naar: 'Fokken en veredelen van dieren: je wint wat en je verliest wat', Wageningen Universiteit kwartaalblad 3, 2010.

▼ **Afb. 20** Prometea (onder) was het eerste gekloonde paard ter wereld.



opdracht 4

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Op welke manier kan veredeling bijdragen aan een grotere voedselproductie?
- 2 Welk voordeel voor het milieu heeft het gebruik van voedingsgewassen die resistent zijn tegen bepaalde ziekten en plagen?

Gebruik bij de vragen 3 en 4 de context 'Toppaarden en topstieren'.

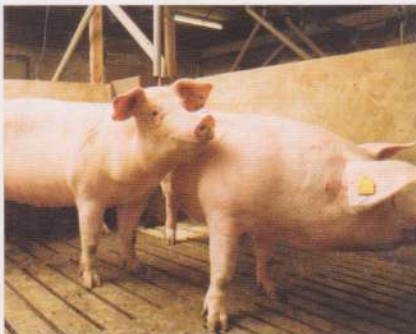
- 3 Wordt een gekloond springpaard altijd net zo goed als zijn ouder? Leg je antwoord uit.
- 4 Leg uit dat in de veefokkerij veel meer wordt gewerkt met fokstieren dan met fokkoeien.

BIO-INDUSTRIE

Een belangrijk deel van de veeteelt vindt plaats in de **intensieve veehouderij**. We noemen dat ook wel **bio-industrie**. In de bio-industrie worden per bedrijf veel dieren gehouden. De meeste bedrijven hebben weinig grond, vooral in de varkens- en pluimveehouderij. Het veevoer wordt daarom niet zelf verbouwd, maar gekocht bij veevoerb企业n, die het voor een groot deel invoeren. Vaak hebben dieren in de bio-industrie geen prettig leven. Ze leven bijvoorbeeld in kooien die goed schoon te houden zijn, maar die voor de dieren erg onnatuurlijk zijn (zie afbeelding 21).

Alle maatregelen die het leven van dieren verbeteren, komen tot stand onder politieke druk. In Zweden voerde de bekende kinderboekenschrijfster Astrid Lindgren actie voor diervriendelijke wetgeving. In 1988 werd daar een wet ingevoerd met aandacht voor het welzijn van koeien en varkens. In heel Europa bestaan regels voor dierenwelzijn, maar deze regels zijn nog steeds niet erg goed voor de dieren.

▼ Afb. 21 Huisvesting in de bio-industrie.



1 mestvarkens

De meeste varkens worden gehouden in een groepsverblijf met een rooster in de vloer. Dat is wel handig voor het schoonhouden van het verblijf, maar niet prettig voor de varkens. Door regelgeving zijn de roosters op veel plaatsen vervangen door vloeren met smalle spleten. Voor de varkens is dit prettiger. Ook is het aantal varkens in een hok afgenomen, waardoor varkens meer bewegingsruimte krijgen.



2 kippen in legbatterij

Veel kippen worden in legbatterijen gehouden. Een legbatterij bestaat uit rijen gestapelde kooien. In elke kooi van ongeveer 40 bij 50 cm zitten drie tot vijf kippen. Doordat de kippen dicht op elkaar moeten leven, lukt het ze niet om de normale rangorde (bij kippen pikorde genoemd) in te stellen. De kippen blijven elkaar pikken, waardoor kippen doodgaan. Om dat te voorkomen, kapt men een deel van de snavel eraf. Europese landbouwministers hebben besloten dat er vanaf 2003 geen nieuwe legbatterijen meer mochten worden gebouwd. De bestaande legbatterijen mogen echter nog enige tijd in bedrijf blijven.



3 megastal

Er is sprake van een megastal bij aantallen van minstens 7500 vleesvarkens, 1200 fokvarkens, 120 000 leghennen, 220 000 vleeskuikens, 250 melkkoeien of 2500 vleeskalveren. De vergunning voor een 5x zo grote gigastal is door de Raad van State in april 2013 vernietigd.

▼ Afb. 22

WAKKER DIER

Door druk van consumenten en dierenwelzijnsorganisaties (zoals de Dierenbescherming en Wakker Dier), wordt er in Nederland langzaam maar zeker steeds meer vlees verkocht met een dierenwelzijnskeurmerk. Maar van alle vlees, zuivel en eieren die in de Nederlandse vee-industrie wordt geproduceerd is 70% bestemd voor andere landen. Dit produceert men zo goedkoop mogelijk, waardoor er bijvoorbeeld nog steeds grote stallen zijn waar dieren dicht op elkaar leven.

opdracht 5

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 De varkensfokkerij in Nederland produceert per jaar ongeveer 1830 miljoen kg vlees. Stel dat we al dat vlees in Nederland zelf op zouden eten. Hoeveel varkensvlees zou elke Nederlander dan gemiddeld eten per jaar? (Ga uit van 16,7 miljoen Nederlanders.)
- 2 Een Nederlander eet gemiddeld 41,4 kg varkensvlees per jaar. De rest wordt uitgevoerd (voornamelijk naar andere EU-landen). Bereken hoeveel kilogram varkensvlees jaarlijks wordt uitgevoerd.
- 3 Welke directe gevolgen zou het hebben voor de Nederlandse economie, als de bio-industrie in ons land wordt afgeschaft?

▼ Afb. 23

Dierenwelzijn

Het is duidelijk dat we de laatste tijd kritischer naar ons voedsel kijken. Daar is ook reden genoeg voor. Steeds meer voedselschandalen steken de kop op. Zo dook er een bericht op dat 40% van het kalfs- en rundvlees in de supermarkt en bij de slager onveilig is. Het vlees zou veel ESBL-bacteriën bevatten. ESBL is de aanduiding voor enzymen die ervoor zorgen dat bepaalde antibiotica niet meer werken. Deze enzymen worden gemaakt door bepaalde veel voorkomende bacteriën.

Reden voor veel van deze schandalen is dat de producent het stukje vlees zo goedkoop mogelijk wil aanbieden aan de consument. Begrijpelijk, want dat is nu eenmaal wat we allemaal graag willen. Een lekkere hamlap, voor een mager prijsje. Dit resulteert onvermijdelijk in

voedselschandalen, zoals paardenvlees dat als runderbiefstuk wordt verkocht. Er zijn lichte verbeteringen te zien. Zo zijn er afspraken gemaakt tussen supermarkten, slachterijen en pluimveehouders om plofkoppen iets meer dierenwelzijn te gunnen. Ze kregen meer ruimte en vanaf 2015 zal ook twee uur langer het licht uit gaan zodat de beesten langer op stok kunnen. Sinds 23 mei 2013 hebben boeren en vleesbedrijven een soortgelijke afspraak gemaakt over varkensvlees, verklaarde het Centraal Bureau Levensmiddelen (CBL). Halverwege 2015 moet een varken 25% meer ruimte hebben en een big zelfs 50% meer. Het vleestransport mag nog maar zes uur duren en vanaf begin 2014 is ook castratie verboden. Het afknippen van staarten en bijvlees van tanden zal 'tot het minimum' worden beperkt. Wat daar de richtlijnen voor

zijn, is nog onbekend.

Een belangrijke andere maatregel is dat het antibioticagebruik in 2015 in vergelijking met 2009 met 70% moet zijn verminderd. De ammoniakuitstoot zal met 70% moeten worden teruggebracht ten opzichte van de wettelijke norm. Wel is het zo dat het vlees van 'de slager om de hoek' en vleeswaren niet onder de afspraken vallen. Ook de tien miljoen voor export bestemde varkens hoeven niet op extra dierenwelzijn te rekenen. Ondanks dit gegeven hebben zowel de Dierenbescherming als de stichting Natuur en Milieu dit convenant getekend. Zij zeggen dat dit een stap in de goede richting is voor 'beter' vlees in de Nederlandse supermarkten.

Naar: Jacco Toma, 'Boeren, vleesverwerkers en Dierenbescherming tekenen convenant', www.thepostonline.nl, 24 mei 2013.

opdracht 6

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe komt het dat veel vlees is besmet met ESBL?
- 2 Waarom zouden sommige producenten paardenvlees door hun rundvlees mengen?
- 3 Waarom zou men de tien miljoen voor de export bestemde varkens niet onder de nieuwe regels laten vallen?

BIOLOGISCHE LANDBOUW

Door de gangbare landbouwmethode is er in Nederland voldoende voedsel en is het voedsel betaalbaar. De gangbare landbouwmethode hebben echter nadelen voor het milieu. Steeds meer mensen vinden dat er landbouwmethode moeten komen die rekening houden met het milieu. Op een aantal bedrijven in Nederland vindt **biologische landbouw** plaats. In de folder van afbeelding 24 zijn de belangrijkste kenmerken van de biologische landbouw weergegeven. Producten van de biologische landbouw worden **ecologische voedingsmiddelen** genoemd.

▼ Afb. 24

Biologische landbouw

Biologische landbouwmethode:

- ontzien het milieu zoveel mogelijk;
- leveren gezonde (en smakelijke) producten;
- zijn diervriendelijk.

Biologische akker- en tuinbouw:

- maakt geen gebruik van kunstmest;
- gebruikt alleen mest van biologische veeteelt;
- bemest niet meer dan planten kunnen opnemen;
- past geen monoculturen toe;
- gebruikt geen chemische bestrijdingsmiddelen.

Voedinggewassen worden beschermd tegen ziekten en plagen door:

- vruchtwisseling toe te passen (meestal een zesjarig vruchtwisselingsschema);
- verschillende soorten voedinggewassen te verbouwen op kleine stukken grond;
- insectenplagen te bestrijden met natuurlijke vijanden.

Biologische veeteelt:

- geeft dieren volop de ruimte om los te lopen (te scharrelen);
- geeft dieren biologisch geteeld veevoer;
- houdt rekening met het welzijn van de dieren;
- gebruikt diergeneesmiddelen pas als een dier ziek is.

Biologische producten:

- bevatten geen resten van chemische bestrijdingsmiddelen;
- bevatten geen chemische geur-, kleur- en smaakstoffen;
- zijn te herkennen aan het Europees biologisch keurmerk of het EKO-keurmerk.



scharrelvarkens



scharrelkippen

INSECTEN NUTTIG EN LEKKER

Insecten zijn nuttig en lekker. Dat liet Spinozapremie-winnaar Marcel Dicke zien tijdens een presentatie. Het publiek mocht zijn tanden zetten in verschillende insectenhapjes en bepalen welke de beste insectensnack van Nederland is. De bugslibar, een chocolademueslireep met meelwormen, was de overtuigende winnaar. Deze winnende delicatessie is al enige tijd verkrijgbaar in de winkel. Er zijn 1462 soorten eetbare insecten geregistreerd. Bij insecten denken de meeste mensen aan muggen, mieren en andere kruipende en vliegende lastposten. Maar insecten zijn bijzonder handige beesten, bijvoorbeeld in de biologische gewasbescherming. Marcel Dicke is hoogle- raar Entomologie (insectenkunde) aan de Wageningen Universiteit. Hij leerde ons om op een totaal andere manier te kijken naar insecten. Niet als plaag, maar als opruimers, beschermers en voedsel.

▼ Afb. 25



Ook de biologische landbouw kan niet voorkomen dat er bij de omzetting van planten naar koeien of varkens een groot verlies aan biomassa optreedt, zoals je in thema 7 Ecologie in deel 4 hebt geleerd. Nu de vraag naar vlees toeneemt door een groeiende wereldbevolking en welvaart, dreigt een tekort aan vlees. Een oplossing die door Marcel Dicke wordt gepropageerd, is overschakelen op vlees van insecten (zie afbeelding 25). Die verliezen, doordat ze hun lichaamstemperatuur niet constant houden, veel minder biomassa aan warmte dan zoogdieren.

opdracht 7

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij het beantwoorden van de vragen 1 en 2 afbeelding 24.

- 1 Groenten en fruit van de biologische tuinbouw worden onbespoten genoemd. Wat wordt daarmee bedoeld?
- 2 Voedingsmiddelen uit de biologische landbouw en veeteelt zijn meestal iets duurder dan voedingsmiddelen uit de bio-industrie. Waarom kiezen toch steeds meer mensen voor voedingsmiddelen uit de biologische landbouw?
- 3 Hoe kan het eten van insecten bijdragen aan de oplossing van het wereldvoedsel- vraagstuk?
- 4 Wat is de reden dat de introductie van het eten van insecten zo moeizaam verloopt?

opdracht 8

Maak een poster waarop de voordelen en nadelen van bio-industrie en biologische veeteelt duidelijk tot uiting komen. Gebruik vier criteria waarin de beide vormen van veeteelt van elkaar verschillen.

3 Duurzame ontwikkeling en kringlopen

Mensen realiseren zich steeds meer het belang van **duurzame ontwikkeling**. Duurzame ontwikkeling sluit aan op de behoeften van het heden zonder dat het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar komt. Duurzaamheid gaat over de schaarste van de hulpbronnen zowel nu als in de toekomst.

De oppervlakte van de aarde is eindig en grondstoffen zoals fossiele brandstoffen of bepaalde mineralen kunnen opraken. Bovendien kent de opnamecapaciteit van de atmosfeer en onze natuurlijke omgeving haar grenzen. Er ontstaan problemen als die capaciteit door menselijke toevoeging wordt overschreden.

Om problemen rond duurzaamheid te begrijpen is allereerst kennis van kringlopen nodig. In basisstof 4 leer je vervolgens enkele problemen op het gebied van duurzaamheid van lucht en water kennen en de oplossingen die daarvoor zijn bedacht.

In de natuur gaat geen element verloren. In de moleculen van de stoffen waaruit levende organismen zijn opgebouwd, komen atomen van ongeveer twintig elementen voor. Het meest komen waterstof, koolstof, zuurstof en stikstof voor (zie afbeelding 26). Elk van die elementen ondergaat een **kringloop**. We behandelen de kringlopen van koolstof en van stikstof.

► Afb. 26

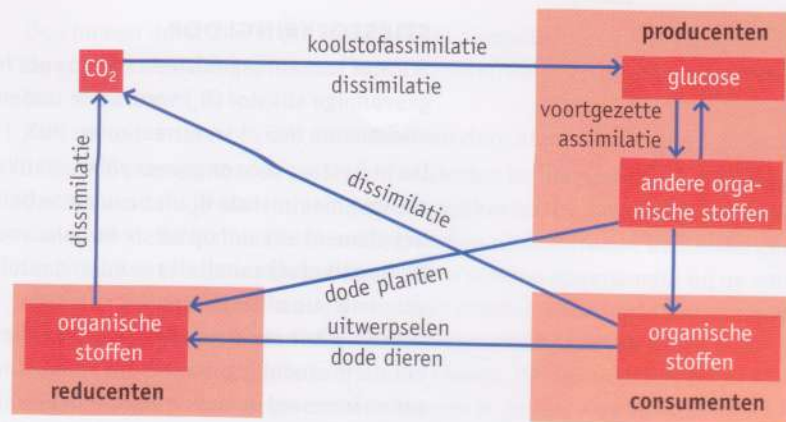


KOOLSTOFKRINGLOOP

In afbeelding 27 is de **koolstofkringloop** schematisch weergegeven. Koolstof komt in de lucht voor in koolstofdioxidemoleculen (CO_2). In de cellen komt koolstof voor in alle moleculen van organische stoffen. Lucht bestaat voor ongeveer 0,04% uit koolstofdioxide. Toch kunnen planten bij deze lage concentratie voldoende koolstofdioxide uit de lucht halen en daarmee glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) vormen. Planten verbruiken een deel van de glucose bij de dissimilatie. Ze geven het vrijgekomen koolstofdioxide af aan de lucht. Een ander deel van de glucose wordt omgezet in de organische stoffen waaruit de planten bestaan. De koolstofatomen bevinden zich dan in de moleculen van deze stoffen.

Op het land zijn planten de belangrijkste producenten; in zeeën en oceanen zijn dat cyanobacteriën of blauwalgen. Deze vormen in zeeën en oceanen 80% van het plankton. Als deze autotrofe individuen worden gegeten, komen de organische stoffen in heterotrofe individuen terecht.

► Afb. 27 Koolstofkringloop.



Zo eet bijvoorbeeld een konijn een plant op. Het konijn verteert een deel van de plant. De verteerde stoffen komen via het bloed bij de cellen. In de cellen kan vervolgens dissimilatie van een deel van de glucose plaatsvinden. Hierbij komt weer koolstofdioxide vrij. Een ander deel wordt omgezet in dierlijke organische stoffen.

Een deel van de organische stoffen wordt niet verteerd. Dit deel verlaat het lichaam van het konijn met de uitwerpselen. Het konijn kan op zijn beurt worden gegeten door bijvoorbeeld een vos. Zo kan de koolstof van het ene individu terecht komen in het andere individu.

Sommige individuen gaan dood zonder te worden gegeten. Alle dode resten en andere afvalproducten van organismen worden samengevat onder de naam **detritus** of afval. De organische stoffen in dit afval worden door **afvaleters**, **schimmels** en **heterotrofe bacteriën** (onder andere rottingsbacteriën) afgebroken. Hierbij komt koolstofdioxide vrij dat wordt afgegeven aan de lucht. Autotrofe soorten kunnen dit koolstofdioxide dan weer opnemen.

Fossiele brandstoffen (steenkool, aardolie, aardgas) bevatten koolstofverbindingen die miljoenen jaren geleden door producenten zijn gevormd. Als deze brandstoffen door de mens worden gewonnen en vervolgens verbrand, ontstaat weer koolstofdioxide en komt de koolstof in de koolstofkringloop terecht. In basisstof 4 komen we hierop terug.

opdracht 9

Beantwoord de volgende vragen.

- In welke moleculen komt koolstof voor in de lucht?
- Noem drie verschillende moleculen waarin koolstof voorkomt in organismen.
- Welke rol spelen reducten (bacteriën en schimmels) in de koolstofkringloop?
- Zijn reducten autotroof of heterotroof? Leg je antwoord uit.
- Wat gebeurt er in het lichaam van een dier met de organische stoffen die het dier met zijn voedsel binnenkrijgt? Geef drie mogelijkheden.
- Op de bodem van een bos bevindt zich een strooisellaag (een laag van afgevallen takjes en bladeren). Deze werd vroeger in de landbouw als natuurlijke mest gebruikt.
Wat was het gevolg hiervan voor de kringloop van stoffen in het bos?
- Maken de koolstofverbindingen in fossiele brandstoffen deel uit van de koolstofkringloop als deze brandstoffen in diepe aardlagen blijven liggen?
- Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt er extra koolstof in de koolstofkringloop.

In welke moleculen zit deze extra koolstof?

STIKSTOFKRINGLOOP

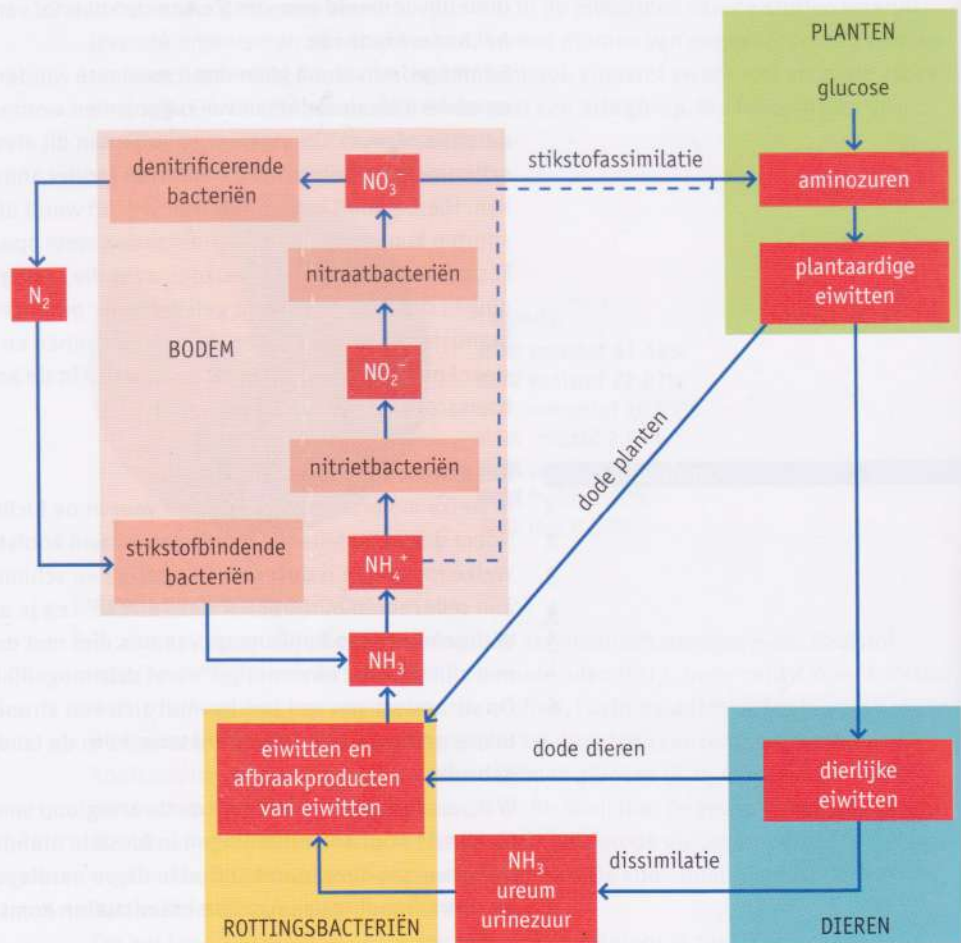
Stikstof komt in organismen vooral voor in eiwitten en DNA. In de lucht komt gasvormige stikstof (N_2) voor. In de bodem komen ammoniumionen (NH_4^+), nitrietionen (NO_2^-) en nitraationen (NO_3^-) voor.

Lucht bestaat voor ongeveer 78% uit stikstof. Zelfs bij deze hoge concentratie zijn planten niet in staat N_2 uit de lucht te benutten. Planten nemen in plaats daarvan het element stikstof op uit de bodem, voornamelijk in de vorm van **nitraationen**. Bij de **stikstofassimilatie** worden daaruit onder andere aminozuren en eiwitten gevormd (zie afbeelding 28).

Als een plant wordt gegeten door een dier, worden de plantaardige eiwitten in het darmkanaal afgebroken tot aminozuren. Die worden via het bloed naar de cellen vervoerd en daar omgezet in dierlijke eiwitten. Een deel van de aminozuren wordt in het dier gedissimileerd. Hierbij komt het giftige **ammoniak** (NH_3) vrij. Veel waterdieren scheiden deze stof met hun urine uit in het water. Veel dieren die op het land leven, zetten ammoniak eerst om in **urinezuur** of **ureum** en scheiden deze stoffen met hun urine uit. De eiwitten in detritus en de afbraakproducten van eiwitten in urine worden door **rottingsbacteriën** opgenomen.

Bij de dissimilatie van deze stoffen ontstaat ammoniak (**ammonificatie**). Een deel hiervan verdwijnt als **ammoniakgas** in de lucht. Dat kun je bijvoorbeeld ruiken in slecht gereinigde urinoirs.

► Afb. 28 Stikstofkringloop.



Ook bij een dood dier in ontbinding komt ammoniakgas vrij. Het grootste deel van de vrijgekomen ammoniak lost in het (bodem)water op waardoor **ammoniumionen** (NH_4^+) ontstaan.

Planten nemen slechts een klein deel van deze ammoniumionen op. De meeste ammoniumionen worden eerst door **nitrietbacteriën** omgezet in **nitrietionen**. Daarna worden de nitrietionen door **nitraatbacteriën** omgezet in nitraationen. De nitriet- en de nitraatbacteriën worden samen **nitrificerende bacteriën** genoemd. De nitraationen kunnen weer door planten worden opgenomen. Bij de vorming van nitraationen uit ammoniumionen hebben nitrificerende bacteriën zuurstof nodig. In een zuurstofarme bodem zijn **denitrificerende bacteriën** actief. Deze bacteriën kunnen zonder moleculaire zuurstof (O_2) leven. Denitrificerende bacteriën zetten de in de bodem aanwezige nitraationen om in gasvormige stikstof (N_2) die in de lucht verdwijnt en zuurstof die voor een deel door de wortels wordt opgenomen. Hierdoor wordt de bodem armer aan stikstofhoudende ionen. De meeste planten groeien niet goed op een stikstofarme bodem.

Er zijn bacteriën die de moleculaire stikstof in de lucht wel kunnen benutten voor hun stofwisseling. Deze bacteriën bezitten het enzym **nitrogenase** dat N_2 -moleculen kan splitsen. De vrijkomende stikstofatomen worden gebonden aan waterstofatomen, waardoor ammoniak ontstaat (NH_3).

Deze **stikstofbinding (stikstoffixatie)** kan alleen plaatsvinden onder anaerobe omstandigheden. Met de ammoniak kunnen aminozuren worden gesynthetiseerd. In de bodem komen **vrij levende stikstofbindende bacteriën** voor, die per jaar ongeveer 10 kg stikstof per hectare in de bodem brengen.

Knolletjesbacteriën zijn stikstofbindende bacteriën van het geslacht *Rhizobium*. Deze bacteriën komen vooral voor in wortelknolletjes van vlinderbloemige planten (bijvoorbeeld erwten, bonen, klaver en lupine, zie afbeelding 29). De knolletjesbacteriën stellen de planten in staat op stikstofarme grond te groeien. Ze krijgen van de planten organische stoffen voor hun stofwisseling. Knolletjesbacteriën kunnen per jaar honderden kilogram stikstof per hectare vastleggen. In de land- en tuinbouw wordt soms gebruikgemaakt van de werking van knolletjesbacteriën. Op stikstofarme grond worden de gewassen afgewisseld met bijvoorbeeld klaver die wordt ondergeploegd. Deze werkwijze wordt **groenbemesting** genoemd. In de gangbare landbouw wordt meestal kunstmest gebruikt om landbouwgrond stikstofrijker te maken.

Ook bij onweer wordt gasvormig stikstof gebonden. Stikstof reageert dan met ozon (O_3), waarbij nitraat ontstaat. Men noemt dit **fotochemische stikstofbinding**. Kringlopen van andere elementen zoals fosfor, zwavel, kalium of ijzer beginnen ook steeds met de opname van mineralen uit de bodem en de binding daarvan aan een organisch molecuul.

▼ **Afb. 29** Deel van het wortelstelsel van een vlinderbloemige plant met wortelknolletjes.



opdracht 10

Hierna staan acht gebeurtenissen die deel uitmaken van de stikstofkringloop. Schrijf ze in de juiste volgorde op. Begin met gebeurtenis 1.

- 1 Een plant neemt nitraten op.
- 2 Een plant wordt gegeten door een dier.
- 3 Ammoniumionen worden omgezet in nitrietionen.
- 4 Een dier sterft.
- 5 Bij de stikstofassimilatie worden plantaardige eiwitten gevormd.
- 6 Nitrietionen worden omgezet in nitraationen.
- 7 Uit plantaardige eiwitten worden dierlijke eiwitten gevormd.
- 8 Door dissimilatie van ureum, urinezuur en eiwitten komen ammoniumionen in de bodem.

opdracht 11

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke organische stoffen bevatten stikstof?
- 2 Welke ionen in de bodem maken deel uit van de stikstofkringloop?
- 3 Welke bacteriën zetten ammoniumionen om in nitraationen?
- 4 Welke organismen zetten nitraationen om in eiwitten?
- 5 Op akkers worden landbouwgewassen verbouwd. Door deze gewassen te oogsten wordt de stikstofkringloop op de akkers verstoord. Leg dat uit.
- 6 Welke maatregelen neemt een landbouwer om de schadelijke gevolgen van deze verstoring tegen te gaan?
- 7 Stalmest bestaat uit dode resten van planten (hooi en stro) en uitwerpselen en urine van dieren.
Welke processen moeten plaatsvinden voordat de stikstof in stalmest beschikbaar komt voor planten?
- 8 Leven nitrificerende bacteriën aerob of anaerob? Leg je antwoord uit.
- 9 Welk nut hebben deze reacties voor de bacteriën zelf?
- 10 Leven denitrificerende bacteriën aerob of anaerob? Leg je antwoord uit.
- 11 Welk voordeel hebben deze organismen van deze omzetting?
- 12 Veel biotechnologen zien het als een grote uitdaging planten zodanig genetisch te modificeren, dat ze zelf in staat zijn tot stikstofbinding. Dat is tot nu toe niet gelukt.
Welke voordelen zou dit hebben voor de land- en tuinbouw?
- 13 Bij groenbemesting worden op stikstofarme grond vlinderbloemige planten verbouwd.
Leg uit wat er precies wordt bedoeld met 'stikstofarme' grond.
- 14 Vleesetende planten vangen insecten (zie afbeelding 30).
Leg uit dat je vleesetende planten vooral kunt aantreffen op stikstofarme grond.

- **Afb. 30** Een vleesetende plant vangt een vlieg.



4 Vervuiling en oplossingen

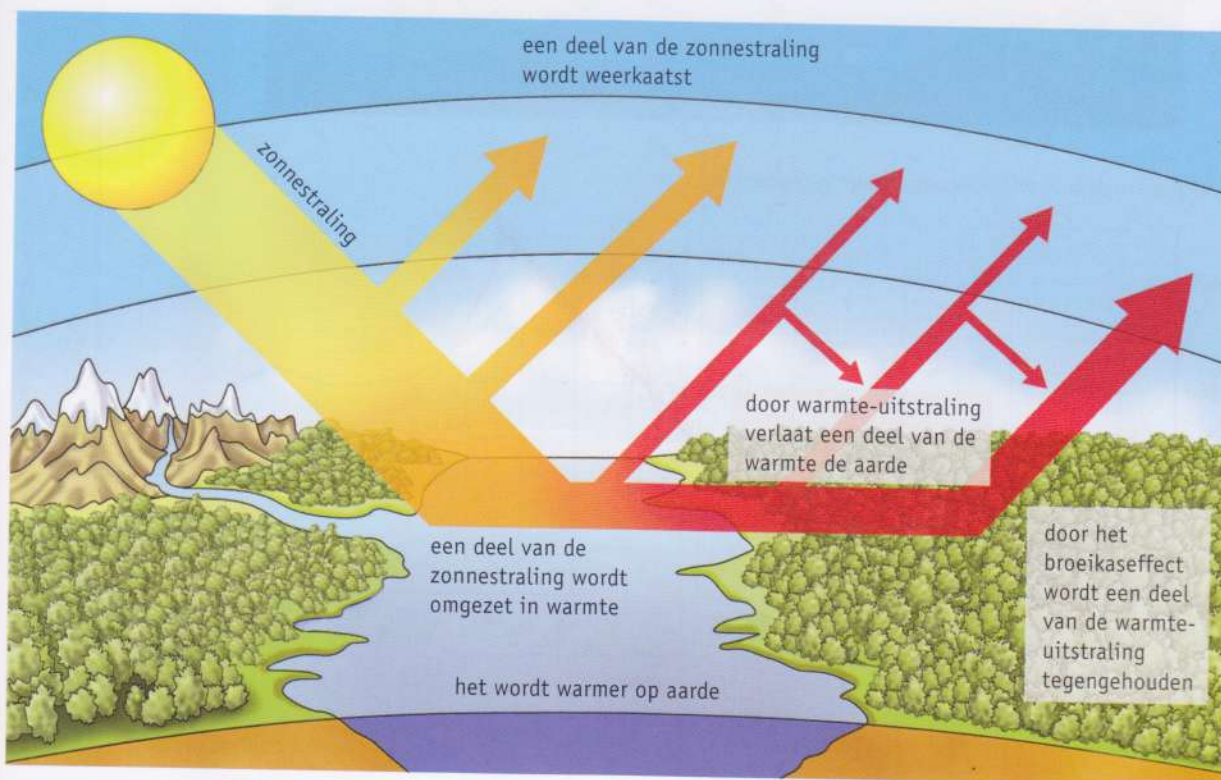
De meeste vervuiling vindt plaats door uitstoot van vervuulende stoffen in de lucht of lozing in het water. Vervuulende stoffen die in de bodem terechtkomen, spoelen vaak uit in het water.

Veel milieuproblemen hebben te maken met de uitstoot van gassen in de lucht. We noemen de uitstoot van gassen emissie. Emissie van veel koolstofdioxide of methaan kan leiden tot het versterkte broeikaseffect.

HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT

Het klimaat op aarde wordt voor een groot deel bepaald door de atmosfeer (dampkring). De atmosfeer bestaat uit een mengsel van verschillende gassen die de zonnestraling doorlaten naar de aarde. De zonnestraling wordt op aarde omgezet in warmtestraling. De aarde straalt die warmte ook weer uit. Een aantal gassen in de atmosfeer houdt deze **warmte-uitstraling** enige tijd tegen (zie afbeelding 31). Zonder deze gassen in de atmosfeer zou de temperatuur van het aardoppervlak ruim 30 °C lager zijn. De werking van de gassen in de atmosfeer is te vergelijken met een broeikas. Een (broei)kas houdt de warmte die binnenkomt vast. De gassen in de dampkring die het broeikaseffect veroorzaken, worden **broeikasgassen** genoemd. De belangrijkste natuurlijke broeikasgassen zijn koolstofdioxide, waterdamp en methaan (CH_4).

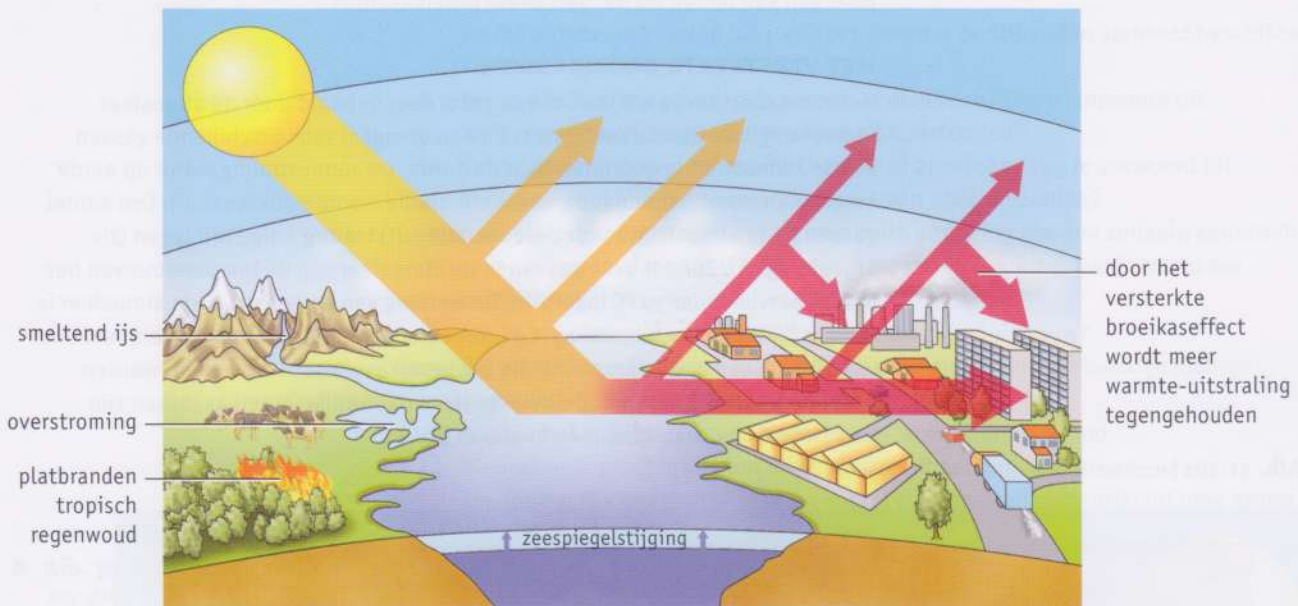
▼ Afb. 31 Het broeikaseffect.



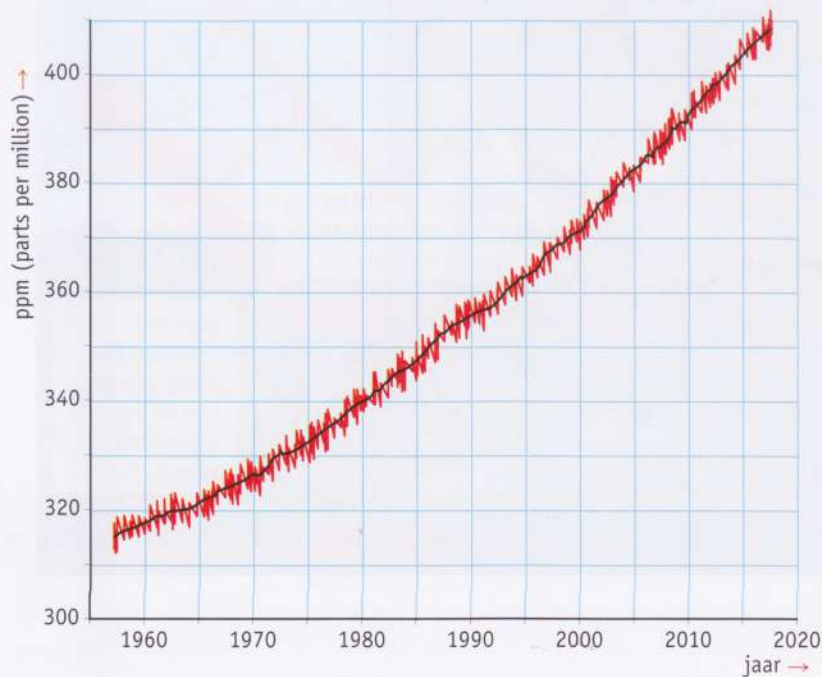
Doordat we steeds meer broeikasgassen aan de atmosfeer afgeven, wordt het broeikaseffect versterkt (zie afbeelding 32). De atmosfeer houdt daardoor meer warmte vast. Volgens vele onderzoekers verklaart dit de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde. Ze verwachten dat deze temperatuur in de komende jaren verder zal stijgen.

Voor de **stijging van de koolstofdioxideconcentratie** in de atmosfeer (zie afbeelding 33) versterkt het broeikaseffect. De stijging van de CO_2 -concentratie wordt veroorzaakt doordat we steeds meer energie verbruiken. Om deze energie te verkrijgen, verbranden we de voorraad aan fossiele brandstoffen. Deze zijn lang geleden ontstaan doordat in een bepaalde periode de afbraak van grote hoeveel-

▼ Afb. 32 Het versterkte broeikaseffect.



▼ Afb. 33 Stijging van de koolstofdioxideconcentratie in de atmosfeer.



heden dode plantenresten werd verstoord. Dat kan doordat die resten in het water terechtwamen en naar de bodem zakten, waar maar weinig zuurstof beschikbaar is voor de bacteriën en schimmels die de afbraak verzorgen. Het koolstofdioxide dat nu bij het verbranden van deze fossiele brandstoffen vrijkomt, is een extra toevoeging aan de kringloop van koolstof.

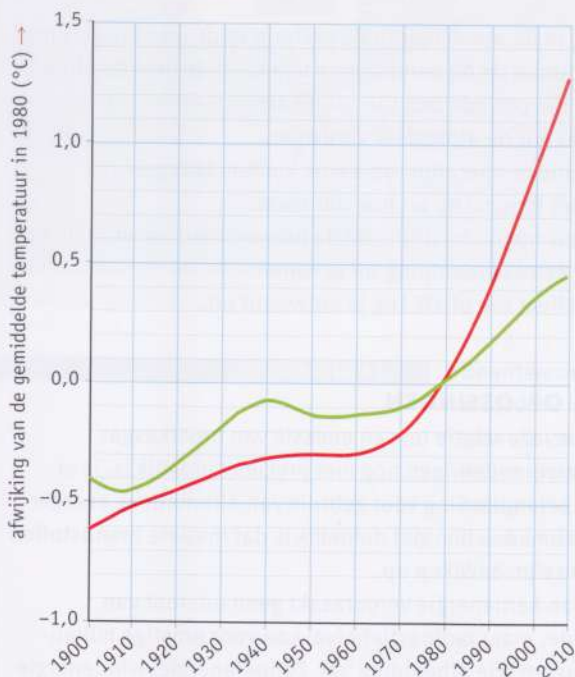
GEVOLGEN VAN HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT

Over de precieze gevolgen van versterking van het broeikaseffect is nog niet alles bekend. Wel is duidelijk dat er een **klimaatverandering** kan optreden. In afbeelding 34 is de verandering in de gemiddelde temperatuur in Nederland en in de wereld sinds 1900 weergegeven. In deze periode is de zeespiegel ongeveer 15 cm gestegen. Dit is vooral veroorzaakt door uitzetting van het water door temperatuurstijging.

Door een verdere (en snellere) stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde zal de zeespiegel verder stijgen doordat het water uitzet. Bovendien zal een deel van het poolijs (vooral van het landijs op de Zuidpool) en van het ijs op gletsjers smelten.

Sommige onderzoekers voorspellen een stijging van de zeespiegel van wel 1 m in de 21e eeuw; andere onderzoekers houden het op 20 cm (zie afbeelding 35). Bij stijging van de zeespiegel lopen laaggelegen gebieden die niet of onvoldoende door dijken worden beschermd, het gevaar onder water te verdwijnen.

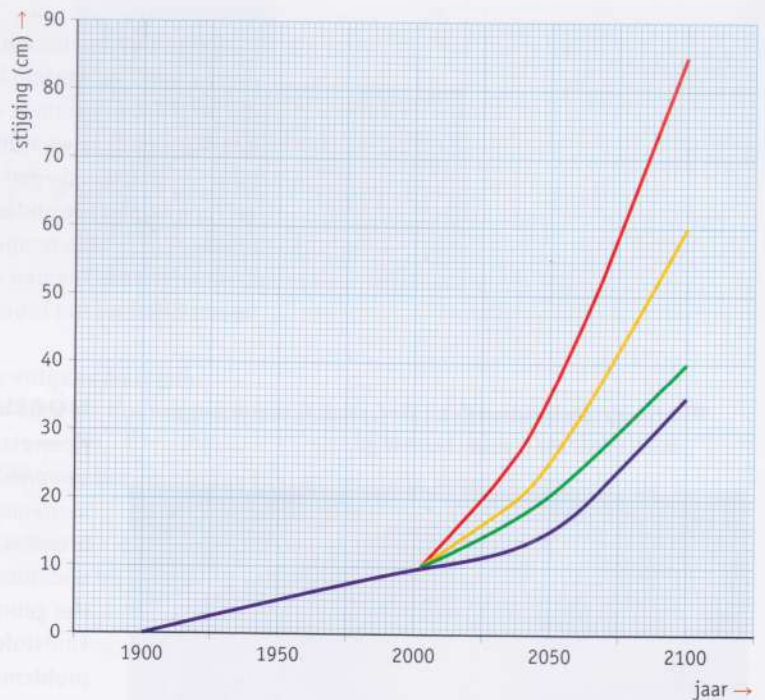
▼ **Afb. 34** Verandering van de gemiddelde temperatuur in Nederland en in de wereld.



Legenda:

- Nederland
- wereld

▼ **Afb. 35** Zeespiegelstijging (Nederlandse kust).



Legenda:

- zeer hoge schattingen
- hoge schattingen
- gemiddelde schattingen
- lage schattingen

- ▼ **Afb. 36** Ruimte voor de rivier: gebieden rond rivieren worden geschikt gemaakt om meer water op te kunnen vangen.



Door verhoging van de gemiddelde temperatuur op aarde ontstaat er in bepaalde gebieden droogte en worden de woestijnen groter. In andere gebieden zal er meer regen vallen. Hittegolven, orkanen en overstromingen zullen vaker voorkomen.

Volgens sommige wetenschappers zal de voedselvoorziening in gevaar komen, doordat de landbouw in grote gebieden onmogelijk wordt. Volgens anderen kan het versterkte broeikaseffect een gunstige invloed hebben op de landbouw. Een hogere temperatuur zorgt ervoor dat gewassen harder groeien. Bovendien zouden delen van de aarde die nu te koud zijn door de hogere temperatuur wel geschikt kunnen worden voor landbouw.

Ook in Nederland wordt er een extremer weertype verwacht. We krijgen waarschijnlijk steeds vaker te maken met overstromingen. De waterstand in de rivieren zal in de winter fors kunnen oplopen. Onderzoekers en beleidsmakers komen tot de conclusie dat men in plaats van dijken te verhogen, het water meer ruimte moet geven. Er worden allerlei maatregelen genomen om het overtollige water op te vangen en het Nederlandse volk hierover voor te lichten (zie afbeelding 36).

opdracht 12

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke functie hebben broeikasgassen in de atmosfeer bij de regeling van de temperatuur op aarde?
- 2 Leg uit dat het verbranden van fossiele brandstoffen invloed heeft op de kringloop van koolstof.
- 3 De absolute toename van CO_2 in de atmosfeer in de periode 1958–1999 is geringer dan de geschatte totale CO_2 -productie bij verbranding van fossiele brandstoffen in die periode. Blijkbaar is er in die periode ook CO_2 uit de atmosfeer verdwenen. Noem een proces waardoor CO_2 uit de atmosfeer verdwijnt.
- 4 Door stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde kunnen laaggelegen gebieden op aarde onder water lopen. Leg uit hoe dat komt.
- 5 Als de gemiddelde temperatuur op aarde stijgt, zal de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer toenemen door extra verdamping uit oceanen. Neemt hierdoor het broeikaseffect toe of af? Leg je antwoord uit.

- ▼ **Afb. 37** De kerncentrale bij het Japanse Fukushima werd in 2011 door een tsunami beschadigd.



MOGELIJKE OPLOSSINGEN

Hoewel de precieze relatie tussen emissie van broeikasgassen en klimaatveranderingen nog niet precies duidelijk is, is er toenemende belangstelling voor gebruik van alternatieve energiebronnen. Dit komt ook doordat duidelijk is dat fossiele brandstoffen niet duurzaam zijn: ze raken op.

Het gebruik van kernenergie veroorzaakt geen uitstoot van koolstofdioxide, maar radioactief afval kan voor ernstige milieuproblemen zorgen (zie afbeelding 37). Zonne-energie, windenergie en waterkracht zijn, afhankelijk van plaatselijke omstandigheden, mogelijke vervangers van fossiele brandstoffen.

BLUE ENERGY

Blue energy is de werktitel voor de energie die stamt uit osmose, dat wil zeggen uit verschillen in zoutconcentratie van twee watermassa's. Een dergelijk verschil kan worden benut op plaatsen waar het zoete water uit een rivier in het zoute water in zee stroomt.

De eerste ideeën om deze energie te benutten, stammen uit de jaren zeventig van de vorige eeuw.

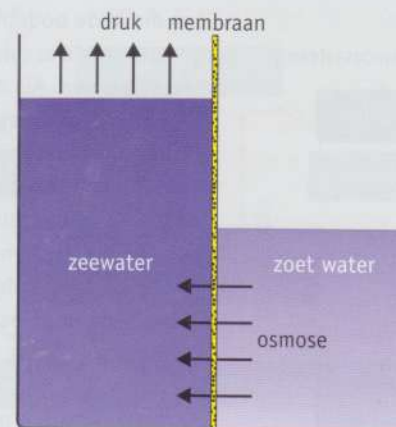
▼ Afb. 38 Het principe van blue energy.



Ontwikkelingsprojecten ontstonden in de jaren negentig en sinds 2009 is er in Noorwegen aan de Oslofjord bij Tjofte een dergelijke energiecentrale gebouwd, die geopend werd door de Noorse kroonprinses Mette-Marit.

Deze centrale werkt volgens het PRO-principe: Pressure Retarded Osmosis. Hierbij kan door osmotische waterverplaatsing van zoet water naar zeewater een druk worden opgebouwd van 26 bar, wat overeenkomt met een waterkolom van 270 m hoog. De Noorse centrale heeft een capaciteit van 4 kW. Voor de scheiding van het water wordt een membraan gebruikt. Per vierkante meter membraan kan 1 W worden geproduceerd. Daarbij stroomt per seconde 10 L water bij een druk van 10 bar door het membraan (zie afbeelding 39).

▼ Afb. 39 Het PRO-principe.



opdracht 13

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waardoor is een land als Noorwegen, maar ook Nederland, geschikt voor het gebruik van blue energy?
- 2 Welke eigenschap moet het membraan tussen het zoete water en het zeewater hebben?
- 3 Hoe kan de capaciteit van de centrale worden verbeterd?
- 4 Welk restproduct heb je bij deze vorm van energieopwekking?

▼ Afb. 40 Oppervlaktewater.



ZELFREINIGEND VERMOGEN VAN WATER

Met 'water' bedoelen we hier water in rivieren, kanalen en de bovenste lagen van zeeën en oceanen. We noemen dat het **oppervlaktewater** (zie afbeelding 40). Dit is tegenstelling tot het grondwater en het water in de bovenste laag van de bodem: het bodemvocht. In het oppervlaktewater komen veel verschillende organische stoffen terecht.

Natuurlijke verontreiniging van het water door **organische stoffen** is er altijd al geweest. Overal komen in oppervlaktewater dode resten van planten of dieren voor. In het water zetten reducerende de organische afvalstoffen om in anorganische stoffen. Deze mineralisatie heet het **zelfreinigend vermogen** van water. De anorganische stoffen worden door producenten in het water gebruikt bij de opbouw van organische stoffen. In stabiele zoetwaterecosystemen is de productie van organische stoffen in evenwicht met de afbraak (zie afbeelding 41).

EUTROFIËRING EN WATERBLOEI

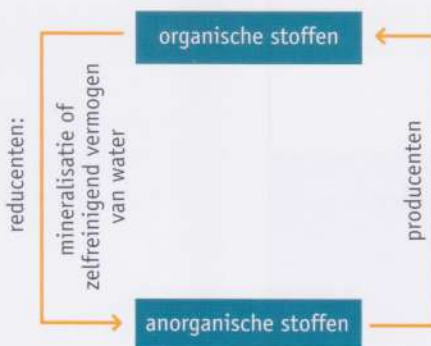
Door het mestoverschot wordt landbouwgrond vaak te veel bemest met stalmest. Er is dan sprake van **overbemesting**. Met de regen spoelt een deel van de mest van het land af en komt in sloten terecht (zie afbeelding 42). Door afbraak van deze organische afvalstoffen neemt de hoeveelheid mineralen (onder andere fosfaat en nitraat) in het water sterk toe. Dit wordt versterkt doordat een deel van de mineralen die in de bodem vrijkomen bij de afbraak van stalmest, uitspoelen naar het grondwater. Deze mineralen kunnen via het grondwater in het oppervlaktewater terechtkomen. Als de hoeveelheid mineralen in het water sterk toeneemt, spreken we van **eutrofiëring** (of **vermesting**).

Ook het gebruik van kunstmest in de landbouw kan eutrofiëring tot gevolg hebben. Kunstmest bestaat vooral uit stikstofhoudende mineralen (onder andere nitraat) en fosfaat. Deze mineralen kunnen op een vergelijkbare manier als bij stalmest via het grondwater in het oppervlaktewater terechtkomen. We noemen water met veel mineralen **voedselrijk** of **eutroof**. Door eutrofiëring zijn in Nederland veel voedselarme wateren en bodems voedselrijker geworden. Daardoor zijn er soorten planten verdwenen.

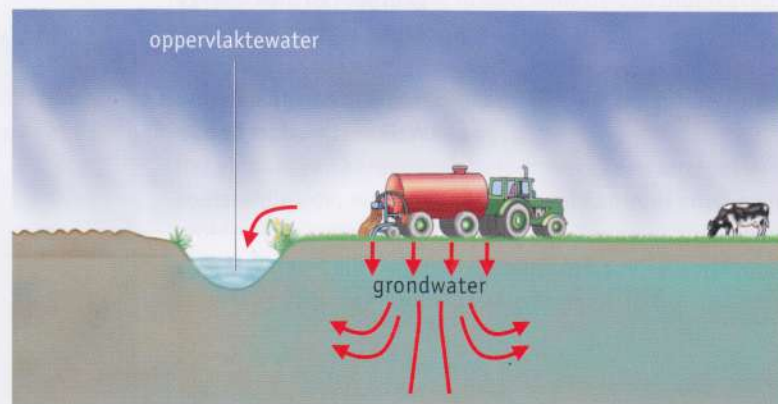
Sommige soorten planten zijn verdwenen doordat ze alleen in een voedselarm milieu kunnen leven. Andere soorten zijn verdwenen doordat ze zijn overwoekerd door soorten die beter zijn aangepast aan voedselrijke milieus.

Als gevolg van eutrofiëring van oppervlaktewater kunnen sommige soorten waterplanten (onder andere kroos en bepaalde soorten algen) zich enorm uitbrei-

▼ Afb. 41 Stabiel zoetwaterecosysteem.



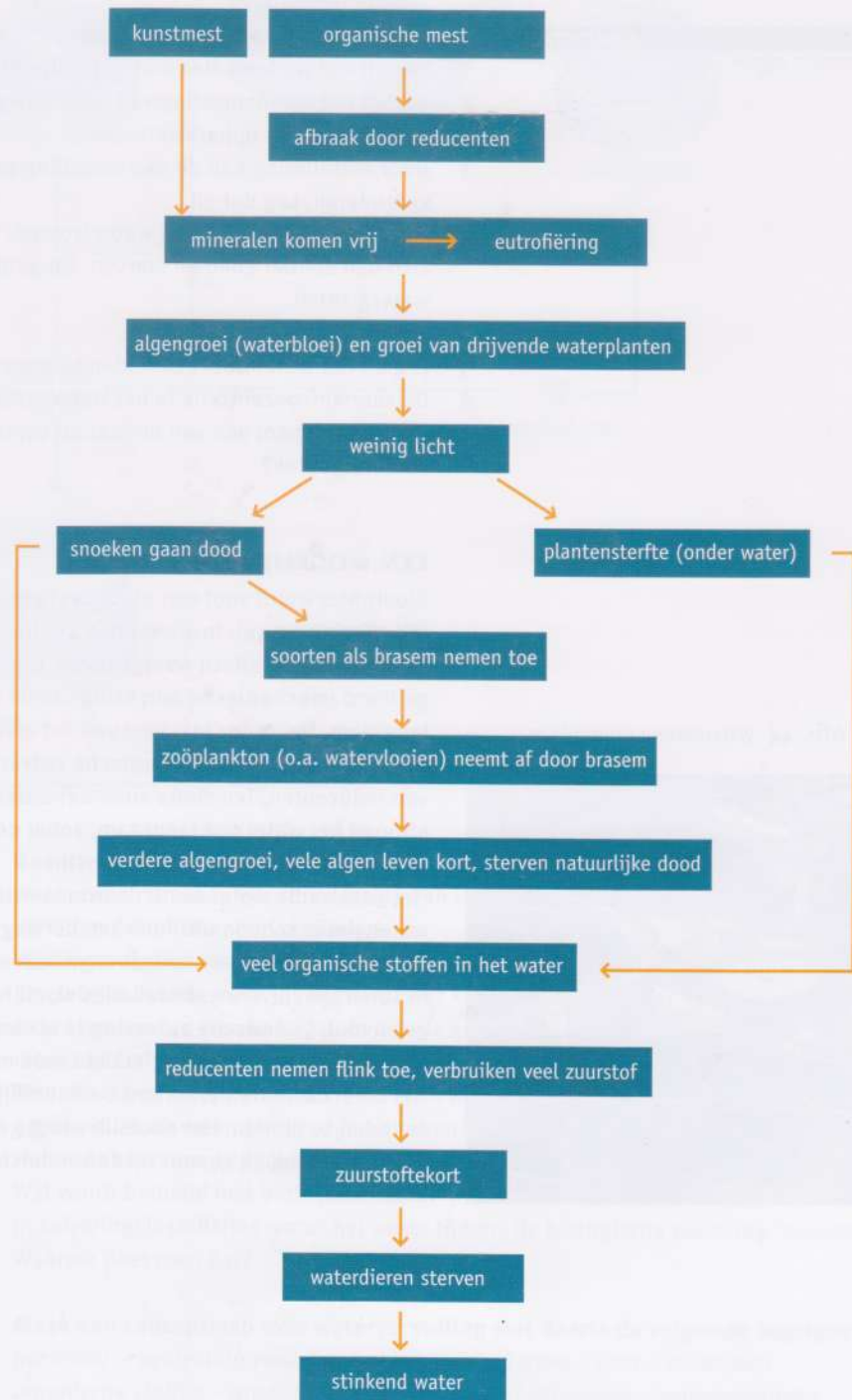
▶ Afb. 42 Door overbemesting komen er meer mineralen in het oppervlaktewater.



den. Door een sterke algengroei krijgt het water een groene kleur. Dit verschijnsel heet **waterbloei** (zie afbeelding 43). Vooral een hoge concentratie fosfaat en nitraat in het water veroorzaakt waterbloei.

Door waterbloei wordt het water troebel. Hierdoor dringt licht minder ver door in het water. Ook door sterke uitbreiding van drijvende waterplanten zoals kroos dringt er minder licht door. Doordat er minder licht doordringt, sterven veel planten die onder water leven, waardoor de hoeveelheid organisch afval toeneemt. In thema 7 Ecologie in deel 4 heb je kunnen lezen dat de samenstelling van de

► **Afb. 43** Eutrofiëring, waterbloei en de gevolgen daarvan.



vissoorten in deze situatie sterk wordt gewijzigd: meer brasems, minder snoeken. Algen leven betrekkelijk kort. De sterfte van algen leidt tot grote hoeveelheden organische afvalstoffen in het water. Hierdoor zullen reducenten in het water zich snel vermeerderen.

Doordat de reducenten veel zuurstof verbruiken, kan in het water zuurstofgebrek ontstaan. Daardoor sterven veel dieren. Dit leidt tot nog meer organische afvalstoffen. Uiteindelijk kan stinkend water ontstaan, waarin vrijwel geen leven meer voorkomt.

opdracht 14

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Leg uit wat we bedoelen met het zelfreinigend vermogen van water.
- 2 Leg uit dat overbemesting van landbouwgrond met stalmest kan leiden tot eutrofiëring van oppervlaktewater.
- 3 Door eutrofiëring kan de samenstelling van plantensoorten in een ecosysteem veranderen. Leg dat uit.
- 4 Door waterbloei wordt het water troebel. Veel soorten waterplanten ontwikkelen zich dan minder goed en sterven. Dit geldt het eerst voor ondergedoken waterplanten.
Leg uit waardoor dit komt.
- 5 Leg uit dat waterbloei kan leiden tot zuurstofgebrek in het water.
- 6 De zuurstofconcentratie in het water schommelt gedurende een etmaal.
Op welk moment van een etmaal zal vooral vissterfte optreden als gevolg van zuurstofgebrek?

EEN MOGELIJKE OPLOSSING

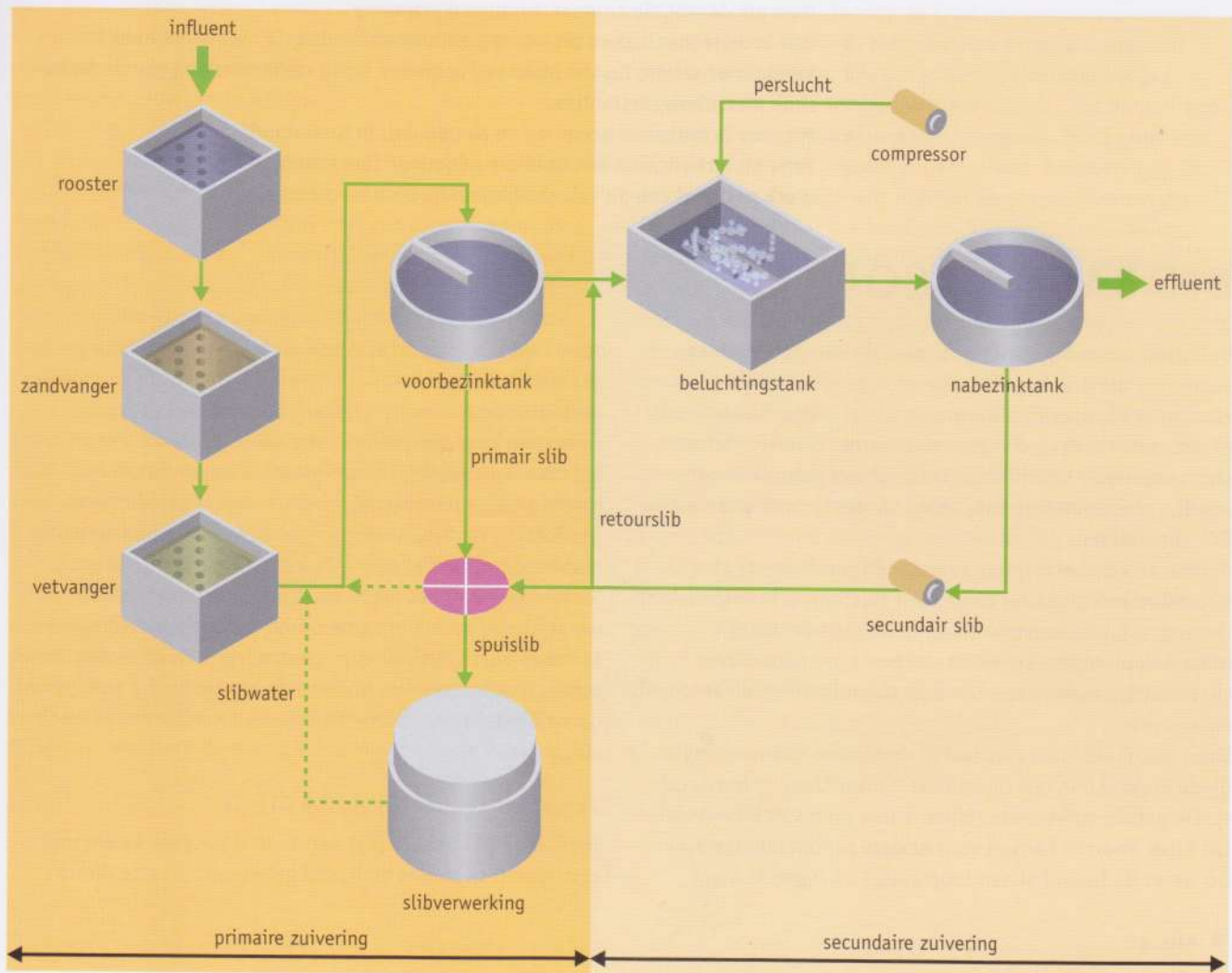
Rioolwater wordt voor een groot deel gezuiverd in waterzuiveringsinstallaties (zie afbeelding 44). In afbeelding 45 zijn de voornaamste stappen bij rioolwaterzuivering schematisch weergegeven. Uit het rioolwater wordt eerst het grove vuil gefilterd (**mechanische zuivering**). In de voorbezinktank stroomt het rioolwater langzaam. Daardoor zakt veel van het afval naar de bodem (**voorbezinking**). In de beluchtingstank vindt **biologische zuivering** plaats. Hierbij wordt gebruikgemaakt van reducenten. Ten slotte komt het water terecht in een nabezinktank. Hierin stroomt het water ook langzaam, zodat de laatste afvaldeeltjes kunnen bezinken (**nabezinking**).

Het gezuiverde water wordt daarna in rivieren en kanalen gepompt. Het gezuiverde water ziet er schoon uit. Toch kan het nog schadelijke stoffen bevatten, bijvoorbeeld mineralen zoals fosfaat en nitraat en resten van klein chemisch afval. In sommige zuiveringsinstallaties wordt het rioolwater daarom ook chemisch gezuiverd. **Chemische zuivering** is echter duur. Op kleine schaal wordt gewerkt met bacteriesoorten die selectief zware metalen uit afvalwater opnemen. Het afval dat in de bezinktanks achterblijft, heet **rioolslib**. Hierin zitten vaak schadelijke stoffen. Het rioolslib wordt gedroogd op slibdroogvelden. Daarna wordt het rioolslib gestort op een vuilnisbelt of verbrand in een afvalverbrandingsinstallatie.

▼ Afb. 44 Waterzuiveringsinstallatie.



▼ Afb. 45 Zuivering van afvalwater (schematisch).

**opdracht 15****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Noem twee oorzaken waardoor lozing van industrieel afvalwater het zelfreinigend vermogen van het water vermindert.
- 2 Welke gevolgen kan watervervuiling hebben voor de kwaliteit van ons drinkwater?
- 3 Een fabriek loosde een tijd lang afval met kwik in een meer. Het gehalte aan kwik in het water werd steeds hoger. In enkele gevallen gingen mensen die vis uit het meer hadden gegeten dood door vergiftiging. Mensen lopen meer gevaar door het eten van een kilogram met kwik verontreinigde vis uit dit meer dan door het drinken van dezelfde hoeveelheid ongezuiverd water uit het meer. Leg uit hoe dit komt.
- 4 Wat wordt bedoeld met biologische zuivering in waterzuiveringsinstallaties?
- 5 In zuiveringsinstallaties wordt het water tijdens de biologische zuivering 'belucht'. Waarom doet men dat?

opdracht 16**Maak een conceptmap over watervervuiling met daarin de volgende begrippen:**

bacteriën – bemesting vanuit een akker – eutrofiëring – licht – mineralen – organische stoffen – producenten – zelfreinigend vermogen – zuurstofgehalte.

opdracht 17

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik daarbij de context 'Biobased economy'.

- 1 Wat is de relatie tussen biobased economy en het begrip 'duurzaamheid'?
- 2 Verklaar de relatie tussen biobased economy en de samenwerking van de Suiker Unie met allerlei instanties.
- 3 Waarom is biobased economy nu zo populair in Nederland?
- 4 Tatja Marschalk doet een opleiding Commerciële Economie. Wat kan de rol van dit vak zijn binnen de biobased economy?

BIOBASED ECONOMY

Biobased economy (BBE) gaat over de overgang van een economie die draait op fossiele grondstoffen naar een economie die draait op biomassa als grondstof: van 'fossil-based' naar 'biobased'. Dit is duurzamer omdat biomassa steeds opnieuw beschikbaar is. Door het gebruik ervan wordt, in tegenstelling tot olie en aardgas, netto geen extra CO₂ uitgestoten.

Biomassa kan bestaan uit gewassen (graan, hout) en bijproducten van onder meer teelt (bietenloof), bosbouw (bermgras), voedselverwerking (aardappelschillen), maar ook uit algen. De toepassingen zijn bijvoorbeeld chemicaliën, materialen, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte.

Duurzaamheid staat centraal in de nieuwe ontwikkelingen bij de Suiker Unie (zie de context 'Suiker Unie' in basisstof 1). De gehele suikerbietenplant is een bron van biomassa. Dit biedt enorme kansen voor andere producten dan suiker. Zo werkt dit bedrijf al aan bioplastics uit ingedikt sap,

vezels uit bietenpulp, eiwitten uit bietenblad en aan groen gas uit bietenpuntjes.

De biobased economy betekent ook een verregaande samenwerking van sectoren die nu nog naast elkaar bestaan: agrofood (een combinatie van landbouw en levensmiddelenindustrie), chemie, farma (medicijnenproductie), tuinbouw en energie. Samen vormen ze de biobased productieketen. Als biomassaleverancier staat Suiker Unie aan het begin van zo'n keten. Het bedrijf werkt hierbij intensief samen met onderwijsinstellingen. Medewerkers geven diverse gastcolleges en de Suiker Unie biedt stageplaatsen en afstudeeropdrachten die zijn gericht op de biobased economy. In het volgende lees je hoe zo'n stage gaat.

Tatja op stage bij Suiker Unie

Toen Tatja Marschalk (23) een keer in gesprek kwam met een docent over 'het biobased gebeuren', was ze direct

▼ Afb. 46



onder de indruk van het onderwerp. 'Het leek me gaaf om daar meer over te weten,' vertelt de eindejaarsstudent Commerciële Economie. 'Over de volumes, de grootte van de vraag, de mogelijke marktprijzen. Ik besloot er mijn afstudeerscriptie aan te wijden.'

'De biobased economy staat nog aan het begin. Veel bedrijven zijn ermee bezig, maar er ligt nog weinig concrete marktinformatie. Van een klein deel van deze economie, vloeibaar biogas, breng ik de markt in kaart en maak ik een strategisch marketingplan. De eerste bevindingen? Met name het binnenlands transport biedt kansen.

Online zag ik dat Suiker Unie een aparte afdeling heeft voor de biobased economy. Het bedrijf heeft er een brede kijk op en is gericht op innovaties. Bovendien produceert de Suiker Unie grote hoeveelheden biogas uit plantaardig restmateriaal. Toen bleek dat de school en de Suiker Unie elkaars kennis over de biobased economy versterken, was de keuze snel gemaakt.'

'Vloeibaar biogas kun je uitstekend toepassen als alternatieve brandstof in het transport. Natuurlijk had ik mijn onderzoek vanuit school kunnen doen. Maar nu ik bij de Suiker Unie meedraai, wordt de markt voor vloeibaar biogas veel tastbaarder. Door met afnemers te praten, krijg ik een scherper beeld van de markt en de meerwaarde van het gas.'

Binnenlands transport

Ten tijde van het interview is Tatja pas enkele weken met haar stage bezig. Toch kan ze al iets vertellen over haar eerste bevindingen: 'De kansen voor vloeibaar biogas liggen op de korte termijn voornamelijk bij het binnenlands transport met middelgrote vrachtwagens. Trucks met één oplegger die bijvoorbeeld supermarkten bevoorraden. De bedrijven in dat segment moeten een bepaalde omvang hebben, minimaal 500 werknemers, om de investeringskosten te kunnen dragen. Het gaat om ondernemingen die willen bijdragen aan een beter milieu en waarmee je een-op-een contracten sluit. Je hebt dan een gegarandeerde afname tegen prijzen waarvoor jij kunt produceren en marge kunt behalen.'

'Vloeibaar biogas in het internationale transport ligt wat verder weg. Ten eerste zijn er nog geen grotere trucks die puur op dat biogas rijden. Bovendien heb je vanwege de lange afstanden vulpunten langs de weg nodig. Dergelijke pompstations zijn er nog onvoldoende. Bij het binnenlands transport speelt dat probleem niet omdat je met één volle tank biogas een eind komt. Dan kun je vulpunten bij het bedrijf plaatsen.'

'Eind juni is mijn scriptie klaar. Daarna ga ik werken. Ik vind het heel interessant om in de biobased economy door te gaan.'

5 Natuurbehoud, natuurbeheer en natuurontwikkeling

De mens heeft heel veel invloed op de natuur. In ons land komt eigenlijk geen gebied meer voor dat niet door de mens is beïnvloed. Toch hebben veel mensen waardering voor de natuur.

Er zijn allerlei organisaties die zich bezighouden met natuurbehoud en natuurbeheer. De oudste organisatie is de Vereniging Natuurmonumenten. Natuurmonumenten heeft met steun van de overheid zo'n 90 000 ha natuurgebied in beheer.

Bij **natuurbehoud** wil men de bestaande situatie handhaven in een door veel mensen als waardevol beschouwd natuurgebied. Door maatregelen op het gebied van ruimtelijke ordening wordt geprobeerd een natuurgebied te vergroten. De Nederlandse natuur is gedurende de afgelopen eeuw versnipperd geraakt. De overgebleven gebieden zijn vaak klein en liggen ver uiteen. Dit veroorzaakt allerlei problemen voor de natuur. Soorten hebben moeite om zich in deze gebieden te handhaven of om ze te bereiken. Om de biodiversiteit van de Nederlandse natuur te handhaven, wordt eraan gewerkt de versnipperde gebieden met elkaar te verbinden, zodat er grotere gebieden ontstaan: de **ecologische hoofdstructuur** (zie afbeelding 47). Er worden bijvoorbeeld landbouwgronden aangekocht en omgezet in natuurgebied, zodat verschillende kleinere natuurgebieden een groter geheel worden.

► Afb. 47 Ecologische hoofdstructuur.



Legenda:

— ecologische verbindingen

➔ geplande ecologische verbindingen

- ▼ Afb. 48 Bord met Smokey Bear, gebruikt voor brandpreventie.



Het probleem met natuurbehoud is dat je een gebied niet goed kunt beschermen door er een hek omheen te zetten. Er kunnen exoten binnenkomen en ook allerlei stoffen via de lucht, de bodem of het water. Bescherming kan zelfs averechts werken. In Yosemite Park in de Verenigde Staten heeft men heel lang brand bestreden en campagne gevoerd om brand te voorkomen (zie afbeelding 48). Het bleek echter dat de sequoïabomen bosbranden nodig hebben om zich staande te houden in een ecosysteem. Deze bomen hebben een zeer dikke bast en een hoge kruin, zodat bij een bosbrand het vuur de belangrijkste delen van de boom niet kan aantasten. Voor de voortplanting is het zelfs noodzakelijk dat de zaden deels verbranden. In tegenstelling tot andere soorten kunnen zaden van sequoïa's goed tegen hitte. Deze boomsoort heeft daardoor na een bosbrand een gunstige concurrentiepositie in het nieuw te vormen bos.

Als je een tussenstadium uit een successiereeks wilt behouden, zoals heide, zul je moeten ingrijpen door de bovenste voedselrijke laag van de bodem te verwijderen of er schapen te laten grazen. Anders gaat het heidestadium over in bos. Natuurbehoud gaat dus altijd samen met **natuurbeheer**: het door menselijke ingrepen creëren of handhaven van een bepaalde situatie in een natuurgebied. Een derde mogelijkheid is **natuurontwikkeling**. Daarbij doet de mens bepaalde ingrepen, bijvoorbeeld een stuk duin afgraven zodat de wind vrij spel krijgt, of ruimte creëren voor een rivier om buiten zijn oevers te treden. Vervolgens laat men de natuur haar gang gaan.

Dit idee is onder andere ontstaan door ontwikkelingen in de Flevopolder rond 1968. Een bepaald nat gebleven gebied in de buurt van Almere had oorspronkelijk een industriële bestemming. Toen dat plan vervolgens niet tot uitvoer werd gebracht, ontstond er in vrij korte tijd een prachtig natuurgebied: de Oostvaardersplassen (zie afbeelding 49).

- ▼ Afb. 49

De Oostvaardersplassen

In 2005 leefden er in de Oostvaardersplassen ongeveer 1500 edelherten, 1000 konikpaarden, 500 heckrunderen, 100 reeën en 100 vossen. De jaarlijkse sterfte onder de edelherten was rond de 20%. Er was geen sprake meer van groei en de jaarlijkse sterfte concentreerde zich in de koude en voedselarme wintermaanden, vooral in maart. Staatsbosbeheer heeft gekozen voor een beheer waarbij de natuur haar gang mag gaan en greep niet in. Dit had tot gevolg dat veel van de 3000 dieren gedurende de winter steeds meer vermagerden en van de honger doodgingen. Om verder lijden te voorkomen werden de dieren waarvan mocht worden verwacht dat ze



niet lang meer te leven hadden door een boswachter afgeschoten. Staatsbosbeheer kreeg dus meer de rol van de 'wolf': zwakke dieren, met name die dieren die zich afzonderden van de kudde, werden gedood. Hierop kwam echter veel kritiek, vooral uit jagerskringen die stelden dat er toch nog veel onnodig leed

was onder de dieren. In de winter van 2004–2005 vond er een relatief grote sterfte plaats onder de grote grazers in de Oostvaardersplassen. Dit leidde tot hevige discussies in verschillende media maar ook in de politiek over de vorm van beheer die hier wordt toegepast.

opdracht 18

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe komt het dat zonder ingreep heide verandert in bos?
- 2 Wat is het belangrijkste verschil tussen natuurbehoud en natuurontwikkeling?
- 3 Is er in de Oostvaardersplassen sprake van natuurbehoud of van natuurontwikkeling? Leg je antwoord uit.

opdracht 19

In deze opdracht ga je als beheerder, recreant of dierenbeschermers een standpunt innemen over hoe er met de grote grazers in de Oostvaardersplassen tijdens een hongerperiode moet worden omgegaan (al of niet bijvoeren, afschieten en weghalen van (dode) grote grazers).

Je werkt samen met andere leerlingen. Gebruik bij deze opdracht afbeelding 49.

- Je wordt ingedeeld bij een van de drie groepen: beheerders (groep A), recreanten (groep B) en dierenbeschermers (groep C).
- Leef je met je groep zo goed mogelijk in in de 'rol' die je hebt. Zoek informatie die je kunt gebruiken om met je groep tot een standpunt te komen. Onderbouw jullie standpunt structureel met een redenering, zodat je standpunt sterker is dan zomaar een mening en zodat anderen jouw redenering ook goed kunnen volgen. Doe dit op de manier die in afbeelding 50 wordt uitgelegd.
- Maak een poster met jullie standpunt en onderbouwing.
- Presenteer jullie poster en verdedig jullie standpunt tegenover de andere groepen.

▼ Afb. 50

Standpunt onderbouwen

Dit schema is door Stephen Toulmin ontwikkeld en naar hem genoemd. In het schema staat rechts het standpunt dat is onderbouwd en staan links de gegevens (het liefst feiten) waarvan je uitgaat (zie schema 1).

Uit de gegevens leid je het standpunt af. Bij de motivering geef je aan waarom de gegevens leiden tot je standpunt. De motivering onderbouw je met feiten zoals een onderzoek.

Vaak zwak je een standpunt ook wat af en ten slotte is er een voorbehoud: de uitzonderingen.

Het Toulmin-schema kan op allerlei beweringen worden toegepast, bijvoorbeeld op de bewering dat PSV landskampioen wordt. PSV wordt waarschijnlijk landskampioen, tenzij er veel spelers geblesseerd raken. Immers, PSV heeft de beste selectie en wie de beste selectie heeft, wordt meestal landskampioen (zie schema 2).

De bedoeling is dat jullie als groep een Toulmin-schema maken op een groot vel papier. Daarin komt jullie onderbouwde bewering (standpunt)

over hoe er met de grote grazers in een hongerperiode moet worden omgegaan. Jullie laten dat vel papier zien als jullie

vertegenwoordiger in discussie gaat met de vertegenwoordigers van andere groepen.



EEN UNIEK NATUURPROJECT

Een groep leerlingen uit 5 havo wil een profielwerkstuk maken over een natuurproject. Daarom gaan de leerlingen op bezoek bij een ecooloog in de duinen van het Kraansvlak tussen Haarlem en Zandvoort. Daar vindt een uniek natuurproject plaats. Gedurende een aantal jaren wordt kennis en ervaring opgedaan met wisenten (zie afbeelding 51). Welk effect hebben de dieren op het duinlandschap? Wat eten ze? En hoe gaan wisenten eigenlijk samen met andere grazers én – spannender nog – met het publiek? Sinds 2007 kunnen we dit bekijken in het wisentleefgebied in het Kraansvlak. Het van oudsher afgesloten gebied is onderdeel van het Nationaal Park Zuid-Kennemerland (zie afbeelding 52). Naast wisenten leven er ook damherten en reeën in het gebied. Na twee jaar onderzoek aan de wisenten zijn er ook konikpaarden geïntroduceerd in het gebied. Uit dit onderzoek is gebleken dat konikpaarden en wisenten elkaar faciliteren, doordat ze een ander graasgedrag hebben. Konikpaarden zijn bijvoorbeeld in staat om duinriet te eten en completeren daarmee het graasgedrag van de wisenten. We weten nauwelijks iets van de rol van wisenten in het ecosysteem. Met bestaande en deels ook nieuwe onderzoeksmethoden wordt dit onderzocht.

▼ Afb. 51 Wisenten.



Een van de aspecten die wordt onderzocht, is het terrein-gebruik. Om te weten hoe de dieren van het landschap gebruikmaken, zijn sommige wisenten voorzien van halsbandzenders met een gps-ontvanger. Ieder uur wordt de positie van de dieren doorgegeven. Ter vergelijking hebben ook sommige konikpaarden in de kudde een halsbandzender.

Daarnaast worden de dieren rechtstreeks geobserveerd om te bepalen welke planten ze eten en hoe hun gedrag is ten opzichte van elkaar. Een ander belangrijk onderzoeksaspect is het effect dat de wisenten hebben op de diversiteit aan dieren en planten. Wisenten creëren door hun gewicht, door te eten van bomen en struiken en door hun liefde voor het nemen van zandbaden mogelijk een grotere, en deels andere variatie in de vegetatiestructuur dan paarden en runderen. Het dynamische milieu dat zo ontstaat, biedt kansen aan veel soorten organismen die hiervan afhankelijk zijn, en die juist zo kenmerkend zijn voor de duinen.

Bron: www.wisenten.nl/wisenten/onderzoek.

▼ Afb. 52 Nationaal Park Zuid-Kennemerland met het Kraansvlak.



opdracht 20

Beantwoord de volgende vragen over de context 'Een uniek natuurproject'.

- 1 Wat wordt bedoeld met 'konikpaarden en wisenten faciliteren elkaar'?
- 2 Welk voordeel heeft het gebruik van gps?
- 3 Is er in dit project sprake van natuurontwikkeling, van natuurbeheer of van een combinatie? Licht je antwoord toe.
- 4 Door het gebied voor de wisenten uit te breiden, nemen de overlevingskansen van deze dieren toe.

Noem twee factoren waardoor hun overlevingskansen toenemen.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context de voornaamste oorzaken en gevolgen van de milieuproblemen kunnen noemen.

- Oorzaken:
 - de enorme bevolkingstoename (hoge bevolkingsdruk);
 - de veranderde wijze van leven.
- Gevolgen:
 - vervuiling van lucht, water en bodem door afvalstoffen;
 - uitputting van de natuurlijke energiereserves en grondstoffen;
 - aantasting van het landschap;
 - sterke vermindering van het aantal soorten planten en dieren (veel soorten worden met uitsterven bedreigd).

DOELSTELLING 2

Je moet in een context manieren kunnen noemen waarop een optimale productie van voedsel kan worden verkregen.

- Door bemesting van de bodem met stalmest of kunstmest.
 - Door het oogsten van voedingsgewassen en uitspoeling worden mineralen (voedingsstoffen) aan de kringloop van stoffen op landbouwgrond onttrokken.
 - Door te bemesten worden mineralen (vooral stikstofhoudende mineralen en fosfaat) toegevoegd.
- Door bescherming van voedingsgewassen tegen ziekten en plagen door chemische of biologische bestrijding.
- Chemische bestrijding door middel van pesticiden (bijv. insecticiden).
 - Voordeel pesticiden: effectieve bestrijdingsmethode.
 - Nadelen pesticiden: veel pesticiden zijn niet soortspecifiek, er ontstaan resistente populaties en sommige pesticiden zijn persistent.
- Biologische bestrijding.
 - Door gebruik van natuurlijke vijanden.
 - Door lokken met geuren.
 - Door vruchtwisseling (wisselteelt).
- Door verandering van erfelijke eigenschappen van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren.
 - Door veredeling ontstaan voedingsgewassen met een combinatie van gunstige eigenschappen.
 - Door recombinant-DNA-technieken ontstaan voedingsgewassen met gunstige eigenschappen.

- Door kunstmatige inseminatie (ki): sperma van een stier met gunstige eigenschappen wordt ingebracht in de baarmoeder van koeien.
- Door in-vitrofertilisatie (ivf) worden bevruchte eicellen verkregen afkomstig van ouderdieren met gunstige eigenschappen. De klompjes cellen die zich uit de bevruchte eicellen ontwikkelen, worden ingebracht in de baarmoeder van draagkoeien.
- Door klonen van organismen.

DOELSTELLING 3

Je moet in een context verschillen kunnen noemen in de wijze van voedselproductie in de gangbare landbouw en de biologische landbouw en kunnen uitleggen dat er bij de voedselproductie veel biomassa verloren gaat.

- Gangbare landbouw.
 - Monoculturen: op grote landbouwarealen wordt één soort gewas verbouwd.
 - Een belangrijk deel van de veeteelt vindt plaats in intensieve veehouderijen (bio-industrie).
- Nadelen van monoculturen:
 - Er worden veel pesticiden gebruikt, doordat bij monoculturen de kans op (insecten)plagen en ziekten groot is.
 - Er wordt veel kunstmest gebruikt.
- Biologische landbouw.
 - Kleine arealen grond met verschillende soorten voedingsgewassen wisselen elkaar af (er zijn geen monoculturen).
 - Ziekten en plagen worden bestreden met natuurlijke vijanden (er worden geen pesticiden gebruikt).
 - Dieren krijgen voldoende ruimte (scharrelkippen en scharrelvarkens).
 - Producten van de biologische landbouw heten ecologische voedingsmiddelen.
- Biomassaverlies:
 - Bij omzetting van planten naar dieren en verder treedt verlies van biomassa op. Dat effect is sterker bij zoogdieren dan bij insecten.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context de kringloop van koolstof in hoofdlijnen kunnen beschrijven, je moet uitgebreide schema's hiervan kunnen interpreteren en je moet in staat zijn de relatie te leggen tussen deze kringloop en het begrip duurzame ontwikkeling.

- Producenten nemen koolstofdioxide uit de lucht op en produceren hiermee organische stoffen.
 - Planten en cyanobacteriën zijn producenten.
- Consumenten nemen de organische stoffen van andere organismen als voedsel op.

- Dieren zijn consumenten.
- Reducenten breken organische resten af tot anorganische stoffen.
 - Schimmels en heterotrofe bacteriën zijn reducenten.
- Door verbranding van fossiele brandstoffen komt extra koolstof (CO_2) in de koolstofkringloop.

DOELSTELLING 5

Je moet in een context de kringloop van stikstof in hoofdlijnen kunnen beschrijven, je moet uitgebreide schema's hiervan kunnen interpreteren en je moet in staat zijn de relatie te leggen tussen deze kringloop en het begrip duurzame ontwikkeling.

- Producenten nemen stikstof vooral op in nitraationen.
 - Stikstofassimilatie: uit nitraationen en glucose worden stikstofhoudende organische verbindingen (bijv. eiwitten) opgebouwd.
- Consumenten scheiden stikstof uit met hun urine (als ammoniak, ureum of urinezuur).
- Reducenten breken organische stikstofhoudende verbindingen af tot o.a. ammoniak.
- Nitrificerende bacteriën zijn actief in een zuurstofrijke bodem.
- Nitrietbacteriën zetten ammoniak en ammoniumionen om in nitrietionen.
- Nitraatbacteriën zetten nitrietionen om in nitraationen.
- Denitrificerende bacteriën zetten nitraationen om in gasvormige stikstof (N_2).
 - Denitrificerende bacteriën zijn actief in een zuurstofarme bodem.
- Stikstofbindende bacteriën zetten gasvormige stikstof om in ammoniak. Met ammoniak kunnen aminozuren worden gesynthetiseerd.
 - Stikstofbinding (stikstoffixatie) kan alleen plaatsvinden onder anaerobe omstandigheden.
 - Stikstofbindende bacteriën komen vrij levend in de bodem voor en in de wortelknolletjes van vlinderbloemige planten.
- Groenbemesting: het verbouwen van vlinderbloemige planten op grond die arm is aan nitraationen.

DOELSTELLING 6

Je moet in een context de belangrijkste oorzaak en de gevolgen van de versterking van het broeikaseffect en een mogelijke oplossing daarvoor kunnen noemen.

- Belangrijkste oorzaak van de versterking van het broeikaseffect is de toename van de verbranding van fossiele brandstoffen waardoor de CO_2 -concentratie stijgt.
- Gevolgen van versterking van het broeikaseffect.
 - Klimaatverandering: stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde.

- Stijging van de zeespiegel, door dat zeewater zal uitzetten en een deel van het poolijs en het ijs op gletsjers zal smelten.
- Droogte in bepaalde gebieden (woestijnvorming) en grote kans op hittegolven, orkanen en overstromingen.
- Stijging van de waterdampconcentratie in de atmosfeer door toename van de verdamping uit oceanen versterkt het broeikaseffect.

- Mogelijke oplossing:

- Het duurzaam opwekken van energie (alternatieve energie) zoals zonne-energie, windkracht, waterkracht, geothermische energie en getijden-energie.

DOELSTELLING 7

Je moet in een context oorzaken en gevolgen van eutrofiëring van water en een mogelijke oplossing daarvoor kunnen noemen.

- Zelfreinigend vermogen van water: afbraak van organische afvalstoffen door reducenten.
- Eutrofiëring: sterke toename van de hoeveelheid mineralen (vooral fosfaat en nitraat) in oppervlaktewater, waardoor voedselrijk water ontstaat.
- Oorzaken van eutrofiëring.
 - Overbemesting met stalmest: een deel van de mest spoelt van het land af en komt terecht in oppervlaktewater waardoor de hoeveelheid mineralen toeneemt. Mineralen die in de bodem vrijkomen bij de afbraak van stalmest spoelen uit naar het grondwater en komen vervolgens in oppervlaktewater terecht.
 - Bemesting met kunstmest: een deel van de mineralen komt rechtstreeks door afspoeling of door uitspoeling via het grondwater terecht in oppervlaktewater.
- Gevolgen van eutrofiëring:
 - verandering van de soortensamenstelling in ecosystemen;
 - sterke toename van sommige soorten waterplanten waardoor waterbloei ontstaat.
- Gevolgen van waterbloei:
 - Door de algengroei wordt het water troebel waardoor planten minder licht ontvangen.
 - Ondergedoken waterplanten sterven, doordat ze minder licht ontvangen: grote hoeveelheden organische afvalstoffen.
 - De algen sterven na enige tijd. Dit leidt tot grote hoeveelheden organische afvalstoffen in het water, waardoor reducenten zich snel vermeerderen.
 - Doordat de reducenten veel zuurstof gebruiken, ontstaat zuurstofgebrek. Daardoor sterven veel dieren, wat leidt tot nog meer organische afvalstoffen.
 - Uiteindelijk kan stinkend, dood water ontstaan.

- Riolwaterzuivering:
 - mechanische zuivering: filtering en voor- en nabezinking;
 - biologische zuivering: afbraak van organisch afval door reducenten;
 - chemische zuivering: o.a. fosfaat verwijderen.
- Uitgangspunt van oplossingen: duurzame ontwikkeling van de relatie tussen mens en milieu.

DOELSTELLING 8

Je moet in een context maatregelen voor natuurbehoud, natuurbeheer en natuurontwikkeling kunnen noemen.

- Je kunt de verschillen tussen behoud, beheer en ontwikkeling aangeven:
 - Natuurbehoud is het handhaven van een door veel mensen gewenste situatie in een gebied.
 - Natuurbeheer is het door ingrijpen handhaven of creëren van een gewenste situatie in een gebied.
 - Natuurontwikkeling is de natuur, na een aanvaankelijke ingreep, haar gang laten gaan.
- Maatregelen ter bescherming van natuur en landschap:
 - areaalvergroting van natuurgebied door de ecologische hoofdstructuur;
 - beheer van natuurgebieden door de overheid en organisaties (o.a. Vereniging Natuurmonumenten).
 - introductie van nieuwe soorten in een natuurgebied.

DOELSTELLING 9

Je kunt beschrijven of je maatregelen die een duurzame relatie tussen mens en milieu bevorderen aanvaardbaar vindt.

- Je kunt van elke maatregel de belangrijkste voor- en nadelen beschrijven.
- Je kunt beschrijven waarom je de voor- of de nadelen het zwaarst vindt wegen.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd om informatie te selecteren en te interpreteren;
- geoefend om een beargumenteerd oordeel te geven over een situatie in de natuur.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend om een eigen mening te ontwikkelen over het begrip duurzaamheid en het belang hiervan voor de toekomst;
- geoefend in het opzoeken van gegevens op internet.

Diagnostische toets

DOELSTELLING 1

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 De milieuproblemen hebben als enige oorzaak de groei van de chemische industrie.
- 2 De snelle technische ontwikkeling van de laatste honderd jaar heeft bijgedragen aan het ontstaan van milieuproblemen.
- 3 Gelegenheid geven tot recreatie is een culturele ecosysteemdienst.
- 4 Door mineralen aan de bodem te onttrekken kan uitputting ontstaan.

DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In de polders in Noord-Holland (zoals de Schermer en de Beemster) bestaat de bodem uit vette zeeklei. Leg uit dat de boeren hier hun grond stevig moeten ploegen voordat ze een gewas inzaaien.
- 2 In Suriname kappen de bewoners van het tropisch regenwoud een stuk bos en maken daar akkertjes, waarop ze onder andere cassave verbouwen. Na enkele jaren blijken deze akkertjes niet meer voldoende landbouwgewassen op te leveren. Ze kappen dan opnieuw een stuk bos. Deze landbouwmethode wordt 'shifting cultivation' genoemd. Leg uit hoe het komt dat de akkertjes na enkele jaren niet meer voldoende landbouwgewassen opleveren. Gebruik in je antwoord het woord 'kringloop'.

Gebruik bij de vragen 3 tot en met 5 afbeelding 53.

- 3 Leg uit op welke manier uit een insectenpopulatie die gevoelig is voor een pesticide, een populatie kan ontstaan die daarvoor ongevoelig is.
- 4 Het ontstaan van resistente populaties is een van de nadelen van pesticiden. Noem twee andere nadelen die pesticiden kunnen hebben.
- 5 Hoe heet de techniek die is gebruikt om de transgene aardappelplant te verkrijgen?

Gebruik bij de vragen 6 en 7 de volgende informatie.

De maïsboorder is een insectensoort die maïsplanten aantast. De rupsen van deze insectensoort nestelen zich in de stengels van een maïsplant. Al geruime tijd worden in de biologische landbouw rupsen selectief bestreden met het zogeheten bt-eiwit. Dit bt-eiwit wordt door de rupsen afgebroken. Daarbij ontstaat een stof die de darmwand beschadigt, waardoor de rupsen verhongeren. Om accumulatie van stoffen in voedselketens te voorkomen, worden de gewassen in de biologische landbouw in het algemeen niet bespoten met chemische bestrijdingsmiddelen.

Bt-eiwit wordt echter wel gebruikt in de biologische landbouw.

- 6 Verklaar waardoor bespuiting met bt-eiwit niet tot accumulatie leidt en bespuiting met chemische bestrijdingsmiddelen vaak wel.
- 7 Bij de Stichting Natuur en Milieu is men van mening dat de aanwezigheid van het bt-eiwit in gemodificeerde maïsplanten op den duur kan leiden tot resistentie. Wordt dan alleen de maïs, alleen de maïsboorder of worden zowel de maïs als de maïsboorder resistent?

▼ Afb. 53

Coloradokevers

Op aardappelplanten leven coloradokevers (zie de foto). Deze soort wordt door aardappeltelers sinds lange tijd met insecticiden bestreden. Het insect is echter ongevoelig geworden voor veel pesticiden. Biologische bestrijding is mogelijk met behulp van de bacterie

Bacillus thuringiensis tenebrionis, die zeer specifiek de larve van de coloradokever aantast door het uitscheiden van een giftig eiwit. Het is gelukt het gen dat ervoor zorgt dat dit eiwit ontstaat, te isoleren uit deze bacterie en in te planten in een aardappelplant. De verkregen transgene aardappelplant blijkt giftig voor de coloradokever.



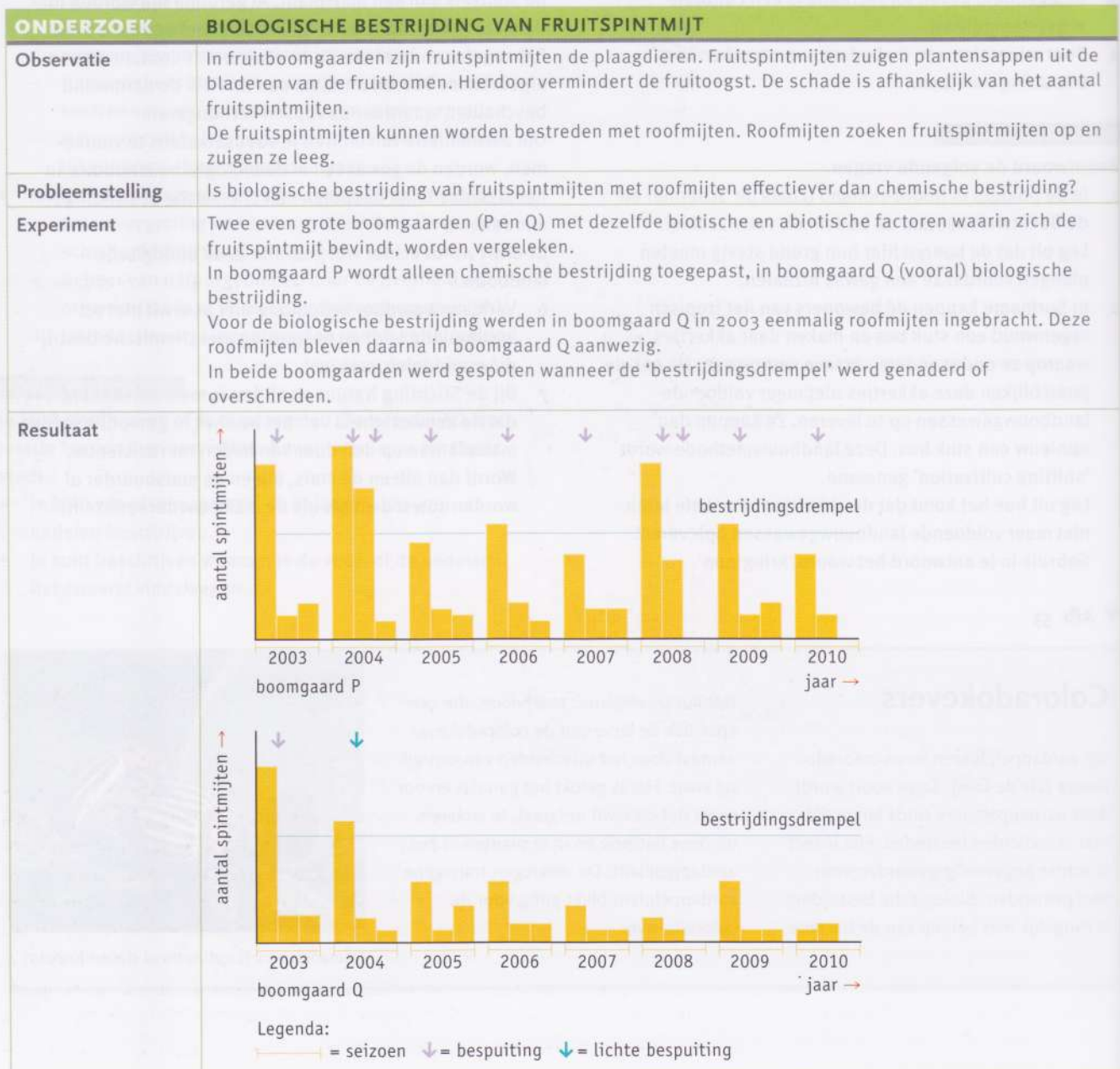
coloradokevers (*Leptinotarsa decemlineata*)

Gebruik bij de vragen 8 en 9 de volgende informatie.
 Bij het verbouwen van maïs worden pesticiden gebruikt om onder andere rupsenplagen te bestrijden. In een laboratorium wordt onderzoek gedaan naar biologische bestrijdingsmethoden. Sluipwespen van een bepaalde soort blijken eitjes te leggen in rupsen die van maïsplanten eten. Deze rupsen dienen als voedsel voor sluipwesplarven. Een maïsplant die wordt aangevreten door rupsen gaat bepaalde vluchtige geurende stoffen uitscheiden: terpenoïden.
 Een bioloog wil onderzoeken of de geur van deze

terpenoïden door de sluipwespvrouwtjes wordt gebruikt als wegwijzer naar rupsen waarin ze haar eitjes kan leggen. De bioloog beschikt over een groot aantal bevruchte sluipwespvrouwtjes (die eitjes gaan leggen) en de volgende groepen maïsplanten:

- groep 1: maïsplanten die niet door rupsen zijn aangevreten, zonder rupsen;
- groep 2: maïsplanten die niet door rupsen zijn aangevreten, met daarop verdoofde rupsen;
- groep 3: maïsplanten die kortgeleden door rupsen zijn aangevreten, met daarop verdoofde rupsen.

▼ Afb. 54



Zij laat de sluipwespyrouwtjes kiezen tussen twee van deze groepen maïsplanten, waarbij de ene groep als testgroep dient en de andere als controlegroep.

- 8 Welke groepen maïsplanten moet zij vergelijken om een antwoord te krijgen op haar onderzoeksvraag? Leg je antwoord uit.
- 9 Als op een maïsveld een rupsenplaag is, komen er veel sluipwespen hun eitjes leggen. Na verloop van tijd zijn er dus ook veel sluipwesplarven aanwezig. Men spreekt dan echter niet van een sluipwespenplaag. Geef een reden waarom de sluipwesplarven geen plaag voor de landbouw vormen.

Gebruik bij de vragen 10 en 11 afbeelding 54.

- 10 Welke bestrijdingsmethode was het meest effectief? En uit welk gegeven in de diagrammen kun je dat afleiden?
- 11 Welke bestrijdingsmethode was het meest efficiënt? En uit welk gegeven in de diagrammen kun je dat afleiden?
- 12 In de veefokkerij wordt zowel kunstmatige inseminatie als klonen toegepast. Noem het wezenlijke verschil tussen beide technieken.

DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke vorm van landbouw zie je in afbeelding 55: gangbare landbouw of biologische landbouw?

▼ Afb. 55



- 2 Vergroot of verkleint de in afbeelding 55 getoonde manier van verbouwen de kans op een insectenplaag? Licht je antwoord toe.
- 3 Is het voedingsmiddel van afbeelding 56 een product van de bio-industrie? Licht je antwoord toe.

▼ Afb. 56



De vragen 4 en 5 gaan over het artikel van afbeelding 57.

- 4 Is bij de teelt van bloemen met het EKO-keurmerk kunstmest gebruikt?
- 5 Kunnen bij de gewasbescherming van deze bloembollen pesticiden zijn gebruikt?

▼ Afb. 57

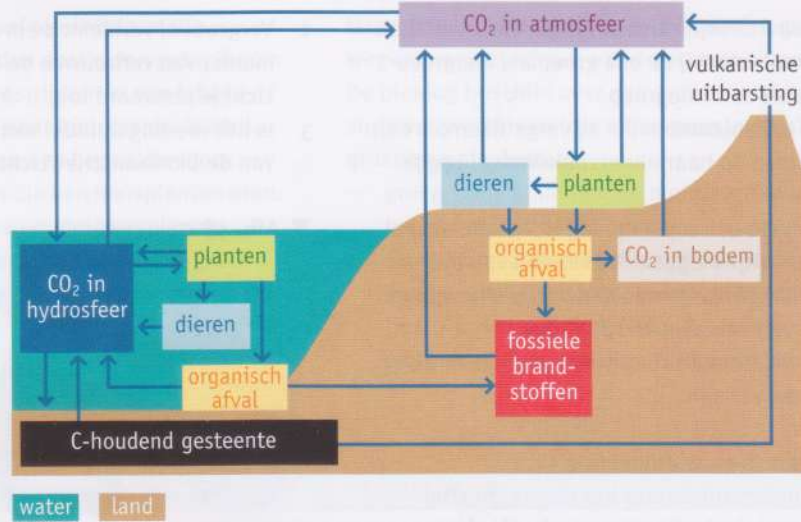
EKO-keurmerk voor bollen



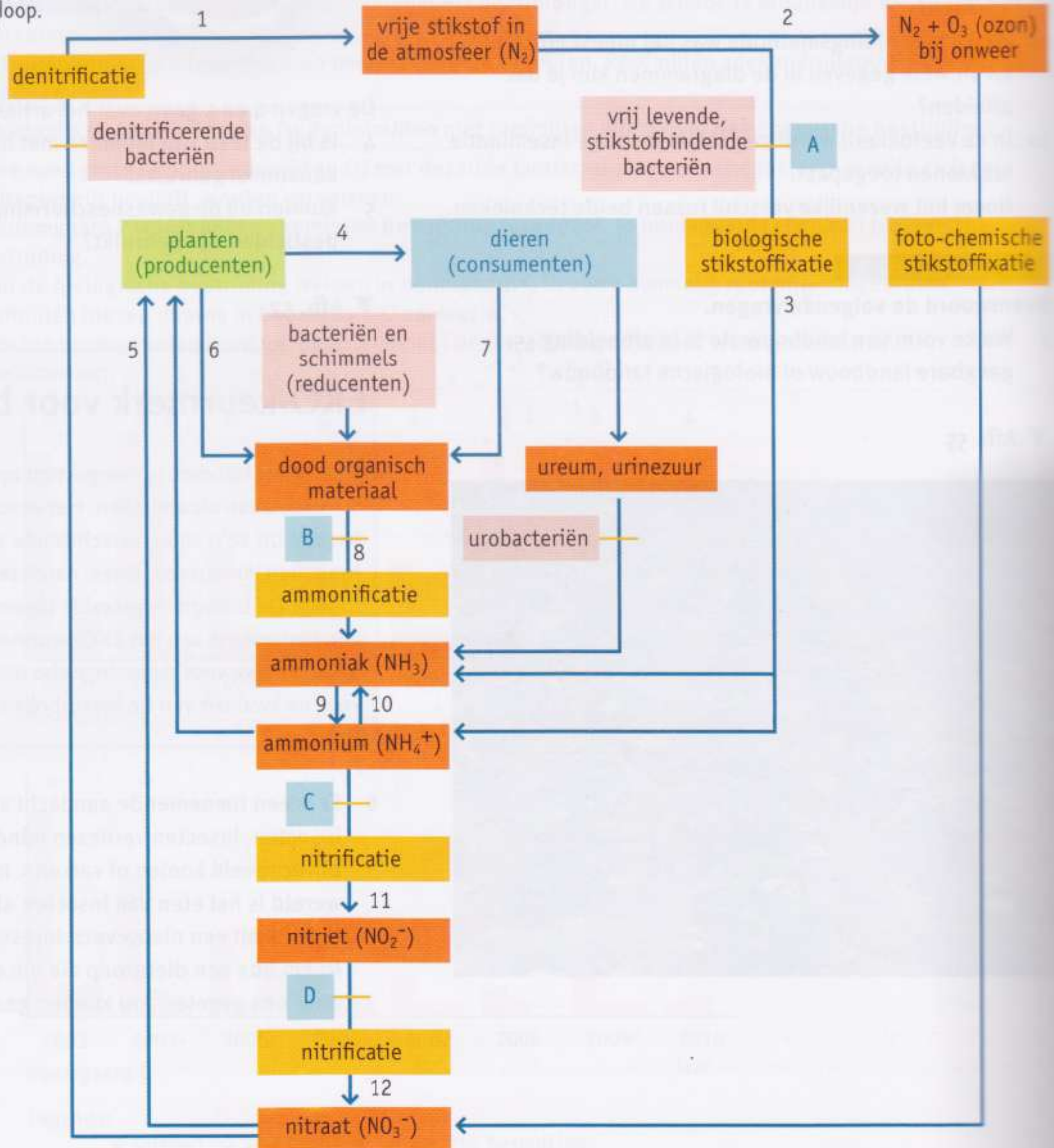
Een aantal tuinders is overgestapt op biologische teelt van bloembollen. Het assortiment bestaat uit zo'n vijftig verschillende soorten hyacinten, krokussen, lelies, narcissen en tulpen. De biologisch geteelde bloembollen zijn herkenbaar aan het EKO-keurmerk. Dat staat behalve voor de biologische teelt garant voor de kwaliteit van de bloembollen.

- 6 Er is een toenemende aandacht voor het eten van insecten. Insecten verliezen minder biomassa dan bijvoorbeeld koeien of varkens. In grote delen van de wereld is het eten van insecten al normaal, maar in ons land is dat een nieuw verschijnsel. Noem nog een diergroep die om dezelfde reden meer door ons gegeten zou kunnen gaan worden.

► Afb. 58 Koolstofkringloop.



► Afb. 59 De stikstofkringloop.



DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij de volgende informatie.

In afbeelding 58 zijn voorraden koolstof in verschillende compartimenten op aarde en enkele koolstofstromen tussen deze compartimenten weergegeven. In deze afbeelding wordt aangegeven dat er een relatie bestaat tussen de hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer en de hoeveelheid koolstof die onder meer in de vorm van CO_2 in de verschillende compartimenten op aarde aanwezig is.

- CO_2 kan in de atmosfeer terecht komen als gevolg van de dissimilatie van organische stoffen in cellen. Hoeveel pijlen in de afbeelding geven dit weer?
- Noem twee andere processen waardoor ook CO_2 in de atmosfeer terecht komt.
- In afbeelding 58 is de mens niet afzonderlijk vermeld. Onder welk compartiment valt de mens?
- Onder welk compartiment vallen reducenten?

Algen gebruiken zonlicht en koolstofdioxide voor hun groei. Mede door die eigenschap zijn ze geschikt te maken als brandstof in een verbrandingsmotor. Bij de verbranding komt weer koolstofdioxide vrij. Er is sprake van een cyclus, waarin met energie uit zonlicht een motor kan worden aangedreven. Medewerkers van de University of the West of England in Bristol hebben een prototype van een algenmotor gebouwd met een vermogen van 25 kW. De motor kan een generator aandrijven die elektriciteit produceert. De algen groeien in een doorzichtige, afgesloten tank met water. Er worden voedingsstoffen toegevoegd en de algenmassa wordt voortdurend in beweging gehouden. Een deel van de algen wordt gedroogd. Hiervoor wordt de afvalwarmte van de motor gebruikt. Na droging worden de algen tot zeer fijn poeder vermalen en onder zeer hoge druk in de motor geblazen, waar ze verbranden. Het koolstofdioxide dat daarbij ontstaat, gaat naar de tank met algen die daar weer flink van groeien.

- Welke materialen zijn er nodig voor deze vorm van elektriciteitswinning?
- Op welke wijze wordt de vrijgekomen warmte van de motor gebruikt?
- Op welke wijze wordt het vrijgekomen koolstofdioxide gebruikt?

DOELSTELLING 5

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij de volgende informatie.

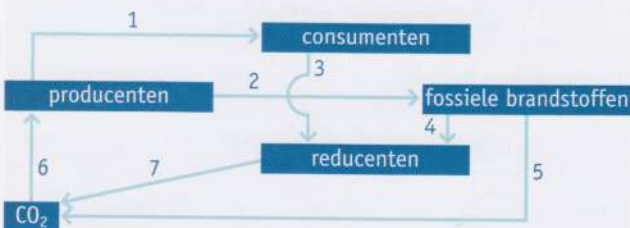
In afbeelding 59 is de stikstofkringloop weergegeven. In deze afbeelding is een aantal omzettingen weergegeven door genummerde pijlen. Ook zijn bepaalde organismen in rechthoeken weergegeven door letters.

- Welke twee genummerde pijlen geven omzettingen weer die in nitrificerende bacteriën plaatsvinden?
- Welke van de genummerde pijlen geeft de stikstof-assimilatie in planten weer?
- Welke rechthoek geeft rottingsbacteriën weer?
- Vinden de omzettingen 11 en 12 plaats in een zuurstofrijke bodem of in een zuurstofarme bodem?
- Pijl 2 geeft een omzetting weer die niet wordt verzorgd door organismen. Welke andere genummerde pijlen geven ook omzettingen weer die niet door organismen worden verzorgd?

DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- Over versterking van het broeikaseffect worden twee beweringen gedaan.
 - De bio-industrie zorgt voor versterking van het broeikaseffect.
 - Door versterking van het broeikaseffect neemt de kans op overstromingen af.
 Welke van deze beweringen is (zijn) juist?
 - Geen van beide beweringen.
 - Alleen bewering 1.
 - Alleen bewering 2.
 - De beweringen 1 en 2.
- Miljoenen jaren geleden werden koolstofatomen geassimileerd en daarna vastgelegd in fossiele brandstoffen. Een koolstofatoom uit een fossiele brandstof kan zich nu in een eiwitmolecuul in jouw lichaam bevinden. In afbeelding 60 zijn compartimenten uit de koolstofkringloop getekend. De pijlen zijn genummerd.

▼ Afb. 60

Wat is de kortste route waarlangs het koolstofatoom in jouw lichaam kan zijn terechtgekomen?

- Pijl 1 - 3 - 7 - 6.
- Pijl 2 - 4 - 7 - 6.
- Pijl 2 - 5 - 6 - 1.
- Pijl 4 - 7 - 6 - 1.

- 3 In Brazilië wordt op grote schaal alcohol gemaakt door vergisting van suikerriet, dat hiervoor speciaal wordt verbouwd. Deze alcohol kan worden gebruikt als autobrandstof, in plaats van benzine. Draagt het gebruik van alcohol uit suikerriet als autobrandstof bij aan verhoging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer? En draagt het gebruik van benzine als autobrandstof bij aan verhoging van de CO₂concentratie in de atmosfeer?

Het gebruik van alcohol Het gebruik van benzine
uit suikerriet

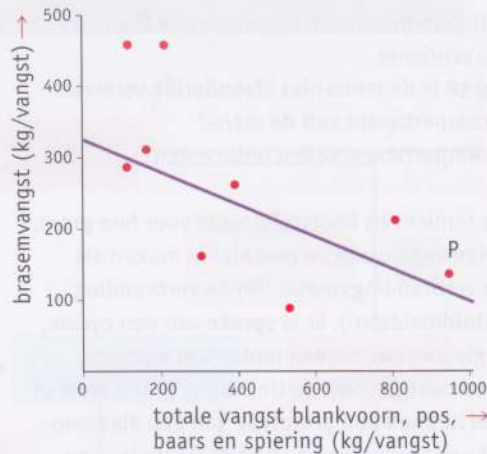
- | | |
|-------|-----|
| A ja | ja |
| B ja | nee |
| C nee | ja |
| D nee | nee |
- 4 In discussies over het broeikaseffect wordt door sommigen gesteld dat de CO₂-afgifte door het lichaam van de mens moet worden meegeteld bij de berekening van de CO₂-concentratie in de atmosfeer. Is de CO₂-afgifte door de lichamen van alle mensen samen per jaar kleiner dan, ongeveer gelijk aan of groter dan het CO₂-verbruik van alle producenten samen in de koolstofkringloop?
- A Kleiner.
B Ongeveer gelijk.
C Groter.

DOELSTELLING 7

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij de context 'Stabiele zoetwaterecosystemen'.

- De landbouw levert een belangrijke bijdrage aan de eutrofiëring van zoetwatersystemen. Noem twee oorzaken van verrijking van zoetwaterecosystemen met nitraat en fosfaat door de landbouw.
- De sterke toename van brasem in zoetwaterecosystemen wordt verbraseming genoemd. Door welke twee oorzaken kan brasem zich sterk uitbreiden?

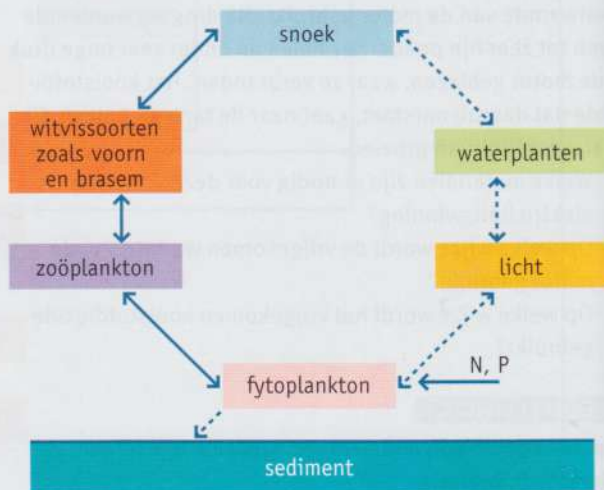
▼ Afb. 62



STABIELE ZOETWATERECOSYSTEMEN

In stabiele zoetwaterecosystemen houden de diverse onderdelen van de voedselkringloop elkaar in evenwicht (zie afbeelding 61). De hoeveelheid fytoplankton is een resultante van productie, consumptie en mineralisatie. Consumptie kan zeer belangrijk zijn, want ook in voedselrijker water kan zoöplankton de hoeveelheid algen reguleren. Het water is helder en licht dringt ver door, waardoor waterplanten op de bodem kunnen groeien. De waterplanten bieden een schuilplaats voor het zoöplankton dat daardoor niet volledig wordt gegeten door kleine vissoorten zoals blankvoorn, pos, baars en spiering. Daarnaast bieden de waterplanten voor snoeken een schuilplaats bij de jacht. Snoeken eten vrijwel alle soorten vis. Door eutrofiëring verandert de soortensamenstelling in zoetwaterecosystemen. Brasem en snoekbaars verdringen kleine vissoorten en snoek. Brasem is beter dan de meeste andere soorten in staat om kleine voedselorganismen te benutten. Snoekbaars, een consument van de tweede orde die de snoek verdringt, eet geen brasem maar wel kleine vissen zoals voorn.

▼ Afb. 61



Legenda:

- ↔ voedselrelatie N = stikstofverbindingen
 <- -> andere soorten relaties P = fosfaat

In het diagram in afbeelding 62 zijn de hoeveelheden brasem in een bepaald zoetwaterecosysteem uitgezet tegen de totale vangst van blankvoorn, pos, baars en spiering. In het diagram is een vangst P aangegeven.

- 3 Heeft vangst P naar alle waarschijnlijkheid vóór of na de eutrofiëring plaatsgevonden? Leg je antwoord uit.

Sinds het begin van de twintigste eeuw vindt in Nederland eutrofiëring van de zoetwaterecosystemen plaats. Een belangrijke oorzaak daarvan is de toenemende concentratie fosfaat in het oppervlaktewater. Aanvankelijk namen de groenwieren sterk toe en vervolgens ontstond een competitie tussen groenwieren en blauwwieren (= cyanobacteriën). Daarna namen de blauwwieren de plaats in van de groenwieren.

Over deze ontwikkeling worden de volgende beweringen met betrekking tot de factor licht gedaan.

- 1 Licht werd voor groenwieren een beperkende factor.
- 2 Licht was voor blauwwieren een beperkende factor.
- 3 Groenwieren kunnen bij lage lichtintensiteit sneller groeien dan blauwwieren.
- 4 Blauwwieren kunnen bij lage lichtintensiteit sneller groeien dan groenwieren.

De lichtintensiteit in de natuurlijke omgeving in Nederland overschrijdt niet de tolerantiegrens voor licht van groenwieren en van blauwwieren.

- 4 Welke van deze beweringen geeft (geven) een verklaring voor de hierboven beschreven toename van blauwwieren in deze ecosystemen?

Rioolwater wordt gezuiverd in een rioolwaterzuiveringsinstallatie, voordat het wordt geloosd. Biologische zuivering vindt plaats met behulp van bepaalde bacteriën. Stikstofverbindingen worden omgezet via een tweetrapsproces: het eerste deel in een beluchtingstank mét zuurstof, het tweede deel in een afgesloten ruimte zónder zuurstof. De volgende stikstofverbindingen spelen een rol:

- 1 N_2 ;
 - 2 NO_2^- ;
 - 3 NO_3^- ;
 - 4 NH_4^+ .
- 5 Wat is de juiste volgorde van omzettingen in het tweetraps biologische zuiveringsproces?
- 6 Verschillende groepen bacteriën zijn betrokken bij de afbraak van stikstofverbindingen in rioolwater. Welke van de volgende bacteriën uit de stikstofkringloop spelen geen rol bij de waterzuivering: denitrificerende bacteriën, knolletjesbacteriën, nitrificerende bacteriën, rottingsbacteriën?

- 7 Vroeger werd het water na de biologische zuivering meteen in grote hoeveelheden geloosd op het oppervlaktewater.

Wat is het gevolg voor dit oppervlaktewater?

DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende vragen.

Mihintale op Sri Lanka is het oudste natuurreservaat ter wereld (zie afbeelding 63). Het werd gesticht in de vijfde eeuw voor Christus door koning Devanampiya Tissa. Later zijn er overal in de wereld nog veel meer natuurreservaten gesticht.

- 1 Geef een reden voor het stichten van zulke reservaten.

Gebruik bij de vragen 2 en 3 de volgende informatie.

In Nederland zijn in het verleden veel natuurgronden in cultuurgronden omgezet. Ze zijn in gebruik genomen om aan de steeds toenemende behoefte aan voedsel te voldoen. De landbouwgronden en de graslanden zijn vele jaren rijkelijk bemest, zodat ze jaarlijks een goede opbrengst garandeerden.

Tegenwoordig zien we het omgekeerde gebeuren.

Natuurorganisaties kopen landbouwgrond op om ze om te vormen tot een soortenrijk natuurgebied.

Het natuurontwikkelingsproject 'Dommeldal-Plateaux' is zo'n voorbeeld van een project waarbij de natuurorganisaties nieuwe natuur willen realiseren. Onder leiding van de beheerder is men begonnen met het afgraven en afvoeren

▼ Afb. 63 Mihintale.



van de bovenlaag, waardoor alle aanwezige vegetatie verdween. Deze manier van natuurvorming leidt in de meeste gevallen niet snel tot vestiging van zeldzame of bedreigde plantensoorten. Ook het uitzaaien van gewenste (zeldzame) plantensoorten levert weinig succes op.

Andere maatregelen die men kan overwegen om in natuurgebieden de biodiversiteit te vergroten zijn:

- 1 grote grazers inzetten, die na verloop van tijd worden afgevoerd;
- 2 vegetatie afmaaien en het maaisel telkens afvoeren;
- 3 vegetatie afmaaien en het maaisel laten liggen.
- 2 Welke van deze beheermaatregelen kan (kunnen) leiden tot verarming van de grond?
- 3 Leg uit dat het introduceren van nieuwe soorten of het arriveren van exoten in een natuurgebied bij natuurontwikkeling op minder verzet stuit dan bij natuurbehoud.
- 4 Een vogelwerkgroep adviseert de gemeente bij een ruilverkavelingsproject. Hierbij wordt 10% van de bij het project betrokken grond tot natuurgebied bestemd. Kan de vogelwerkgroep beter alle stukjes met de meeste diversiteit aan vogels aanwijzen of beter het beste stuk nemen en daar een gebied omheen tot 10% creëren? Leg je antwoord uit.

Gebruik bij de vragen 5 tot en met 7 de volgende informatie. Bij het beheer van de duinen zet het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) steeds vaker zogenoemde grote grazers in. Dit zijn dieren als schapen, geiten, exmoorpony's, shetlandpony's, Schotse hooglanders en konikpaarden. Zij zorgen ervoor dat gras en struiken geen kans krijgen om het duin te overwoekeren. Vroeger voorkwamen konijnen dit, maar door ziekten zijn deze grotendeels verdwenen uit het duin. Een eenzijdige begroeiing zorgt voor een armere biotoop, waarbij duinvlindersoorten zeldzaam worden, evenals vogels die van rupsen leven.

De grote grazers zijn bestand tegen ons klimaat en kunnen ook in de winter buiten blijven. Bovendien zijn het dieren die mensen met rust laten. De kans dat u een grazende duinbewoner tegenkomt wisselt, omdat zij grote stukken natuurterrein bewonen. Als u de duinen regelmatig bezoekt, komt het vast eens tot een ontmoeting.

Bron: website van het PWN.

- 5 Hoe komt het dat het duingebied zonder konijnen of grote grazers verandert?
- 6 Wat wordt bedoeld met het begrip 'biotoop'?
- 7 Sinds de grote grazers hun werk doen, neemt het aantal konijnen weer toe. Hoe kan dat?

DOELSTELLING 9

Welke van de volgende maatregelen bevorderen een duurzame relatie tussen mens en milieu?

- 1 De overheid maakt het openbaar vervoer vrijwel gratis.
- 2 De overheid stelt isolatie voor nieuw te bouwen woningen verplicht.
- 3 De overheid besluit tot een verhoging van de maximumsnelheid, zodat het verkeer sneller doorstroomt.
- 4 De overheid besluit een minimumprijs voor vlees in te stellen, waardoor de vleesconsumptie vermindert.
- 5 De overheid besluit in een bepaald gebied veel jonge bomen aan te planten.
- 6 De overheid geeft subsidie voor de installatie van zonnepanelen.

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout heb gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.

Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en op je eindexamen.

opdracht 1

Beantwoord de volgende (meerkeuze)vragen over kringlopen.

- Wat verstaan we onder 'groenbemesting'?

 - Dat is bemesting door middel van duurzame grondstoffen.
 - Dat is bemesting door middel van kunstmest uit groene zakken.
 - Dat is bemesting door middel van onderploegen van speciale soorten planten.
- Foraminiferen (eencellige diertjes in zeewater) kunnen nitraat omzetten in zuurstof en stikstofgas.
Welke gevolgen kan deze omzetting hebben voor de stikstofkringloop in zee?

 - Er ontstaat een overmaat aan zuurstof.
 - De hoeveelheid ammoniak daalt.
 - De algen groeien minder snel.
 - De nitraatbacteriën groeien sneller.
- Phaeocystis globosa* is een microscopisch kleine algensoort in zeewater. Bij voldoende licht en voedingsstoffen gaat deze alg snel groeien. Dan maakt hij ook een stof die naar de atmosfeer ontsnapt: dimethylsulfide (DMS). Deze gasvormige stof stimuleert de vorming van wolken. Daardoor bereikt minder licht de aarde en ook het zeewater.
Hoe noemt men de relatie tussen *Phaeocystis* en zonlicht? Wordt hierdoor homeostase bevorderd of tegengegaan?

 - Negatieve terugkoppeling, waardoor homeostase wordt bevorderd.
 - Negatieve terugkoppeling, waardoor homeostase wordt verminderd.
 - Positieve terugkoppeling, waardoor homeostase wordt bevorderd.
 - Positieve terugkoppeling, waardoor homeostase wordt verminderd.
- In het sciencefictionboek *De zwerm* van Frank Schätzing is sprake van grote methaanijsvelden op de zeebodem die door een combinatie van wormen en bacteriën worden gevormd. Als die ijsvelden door opwarming smelten, komen er grote gasbellen van methaan vrij, die een tsunami veroorzaken.
Leg uit hoe deze wormen en bacteriën op de zeebodem zulke grote hoeveelheden methaan kunnen vormen.
- Rond het Zweedse kasteel Tullgarn worden de waterpartijen biologisch gezuiverd. Het water wordt over speciale trappen geleid, waar het met lucht in contact komt (zie afbeelding 64).
Leg uit welk voordeel dit contact met lucht heeft in verband met waterzuivering.
- In de zomer groeien de waterplanten soms erg snel; grote hoeveelheden planten worden dan handmatig verwijderd.
Leg uit wat er in de herfst met het zuurstofgehalte van het water gebeurt als die planten niet worden verwijderd.

▼ Afb. 64 Tullgarn.



opdracht 2

Een nieuwe symbiose ontdekt (examen havo pilot 2013-1)

De Peel is een uniek natuurgebied op de grens van de provincies Noord-Brabant en Limburg. In opdracht van deze provincies werkt de Dienst Landelijk Gebied (DLG) hier aan herstel van het oorspronkelijke hoogveen.

DLG heeft onder andere landbouwgrond aangekocht om er natuur van te maken. Zij heeft ervoor gezorgd dat er een hoger grondwaterpeil kwam, waardoor het hoogveen zich kan herstellen.

Natuur- en milieuorganisaties willen in Nederland het hoogveen weer terugkrijgen. Niet alleen omdat het van oudsher een belangrijk Nederlands landschap is geweest, maar ook omdat hoogveengebieden goed zouden kunnen zijn voor het milieu.

Het realiseren van een hoger grondwaterpeil in die gebieden waar men het hoogveen terug wilde, ging niet zomaar. Boeren in de omgeving zijn niet gebaat bij een hoog grondwaterpeil. Aan de andere kant gebruiken zij het grondwater voor hun akkers en verlagen zo het grondwaterpeil. Daarom is er veel overleg geweest tussen de overheid en de boeren. Er zijn maatregelen genomen. Hierdoor kunnen boeren het grondwater gebruiken en toch blijft het waterpeil zo hoog dat hoogveen er ook een kans krijgt.

Hoogveengebieden zijn moerasachtige gebieden en hebben duizenden jaren nodig om te ontstaan. In Nederland zijn ze in minder dan een eeuw grotendeels verdwenen door afgraving en ontwatering of verlaging van de waterstand.

De meest voorkomende plant in het hoogveen is veenmos, dat half onder water in het hoogveenmoeras groeit (zie afbeelding 65).

Het water in het hoogveen bevat vrijwel geen CO_2 . Op de bodem van het hoogveen worden organische stoffen door reductanten omgezet waarbij veel moerasgas (CH_4) vrijkomt. De CH_4 -bellen hechten zich aan de veenmosplantjes waardoor hele pakketten veenmos op het water drijven.

▼ Afb. 65 Veenmos.

**Beantwoord de volgende (meerkeuze)vragen.**

- Leg uit waarom het voor de groei van de veenmosplanten gunstig is dat ze voor een deel boven het water uitsteken.
- Uit welke organische stoffen kan in het hoogveenmoeras CH_4 worden gevormd?
 - Alleen uit eiwitten.
 - Alleen uit koolhydraten.
 - Alleen uit vetzuren.
 - Alleen uit eiwitten en koolhydraten.
 - Alleen uit koolhydraten en vetzuren.
 - Uit eiwitten, koolhydraten en vetzuren.
- Gebeurt deze omzetting van organische stoffen aeroob of anaeroob? Is deze omzetting een vorm van assimilatie of van dissimilatie?
 - De omzetting gebeurt aeroob en het is een vorm van assimilatie.
 - De omzetting gebeurt aeroob en het is een vorm van dissimilatie.
 - De omzetting gebeurt anaeroob en het is een vorm van assimilatie.
 - De omzetting gebeurt anaeroob en het is een vorm van dissimilatie.

Het is al lang bekend dat er moerasgas wordt geproduceerd in hoogveenmoerasen, maar ook dat er van dit CH_4 nauwelijks iets naar de atmosfeer ontsnapt. En dat is gunstig, omdat CH_4 een $20\times$ zo sterk broeikasgas is als CO_2 . Door bacteriën die op en in het veenmos leven, wordt CH_4 omgezet in CO_2 dat door het veenmos kan worden gebruikt. Het veenmos levert de bacteriën zuurstof.

In het kader van onderzoek naar broeikaseffecten in de atmosfeer wil men weten wat het veenmos met het door de bacteriën geproduceerde CO_2 doet. In een experiment krijgen de veenmosplanten, die met de bacteriën in symbiose leven, radioactief gelabelde koolstof in $^*\text{CH}_4$ aangeboden. De radioactieve koolstofatomen ($^*\text{C}$) zijn in de stofwisselingsreacties in de veenmosplanten terug te vinden.

- 4 Welke van volgende organische stoffen is als eerste radioactief?
- Aminozuren.
 - Chlorofyl.
 - Cellulose.
 - DNA.
 - Glucose.

opdracht 3

Supermijt kan plaag veroorzaken (examen havo 2013-1)

De roofmijt *Amblyseius swirskii* is zeer succesvol als bestrijder van de gevreesde Californische trips en witte vlieg in kassen waar paprika, aubergine en komkommer wordt geteeld (zie afbeelding 66).

▼ Afb. 66



1 Californische trips



2 witte vlieg



3 roofmijt

Uit onderzoek aan Wageningen Universiteit blijkt dat de mijt ook nuttige insecten belaagt, zodat er bladluisplagen ontstaan.

'In de gangbare teelt blijft de roofmijt een mighty mite, maar in de biologische teelt kan toepassing tot problemen met bladluizen leiden,' zegt ir. G.J. Messelink. Hij onderzoekt de toepassing van de roofmijt bij de biologische bestrijding in kassen.

Galmuggen worden als natuurlijke vijand ingezet om bladluisplagen te voorkomen. In recente experimenten in nieuwe proefkassen keek Messelink naar het effect van de roofmijt op de galmugpopulatie. Uit laboratoriumproeven was al bekend dat de roofmijt ook eitjes van galmuggen op het menu heeft staan. Het effect hiervan op het aantal bladluizen dat op paprikaplanten voorkomt, was verrassend groot. In kassen met galmug en de roofmijt was de bladluispopulatie op een bepaald moment 15 tot 20× zo groot als in kassen met galmuggen maar zonder roofmijt. 'In de biologische teelt zijn bladluizen een serieus probleem. Het komt weleens voor dat een compleet gewas gerooid moet worden vanwege een bladluisplaag. Het is dus zaak om de vijanden van bladluis zo goed mogelijk te laten functioneren,' aldus Messelink. In de gangbare teelt zijn er genoeg andere middelen om bladluizen te bestrijden. 'Speciaal voor de biologische teelt gaan we kijken of andere belagers van Californische trips wellicht minder verstrend werken op de bladluisbestrijding.'

▼ Afb. 67

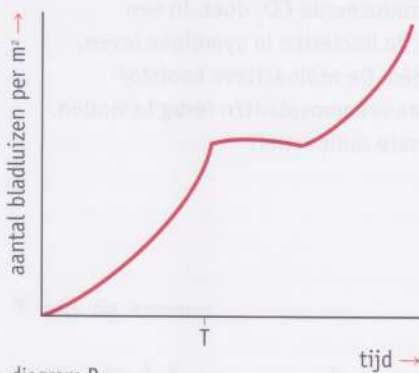


diagram P

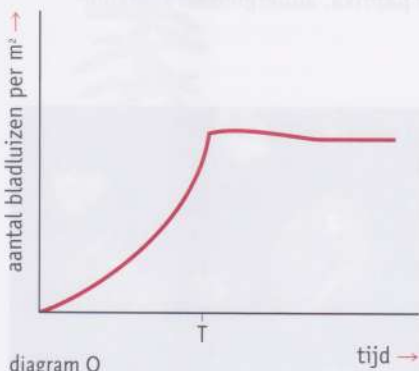


diagram Q

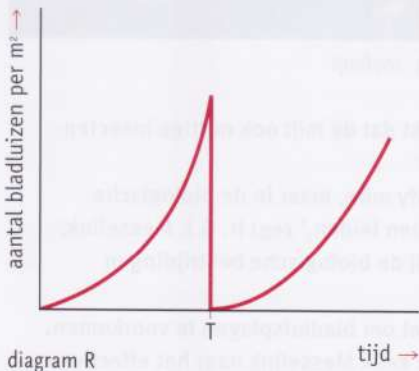


diagram R

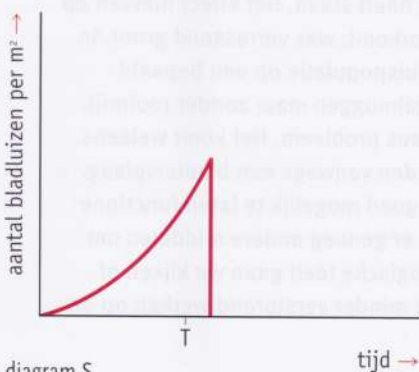


diagram S

Beantwoord de volgende (meerkeuze)vragen.

- In de tekst worden diverse soorten organismen genoemd, waaronder Californische trips.
 - Noteer de namen van de organismen waarmee Californische trips een directe voedselrelatie heeft.
 - Stel een voedselweb samen waarin deze organismen voorkomen. Geef met pijlen de energiestroom weer.
- In de tekst is sprake van gangbare teelt en van biologische teelt van tuinbouwgewassen. Over de biologische teelt van tuinbouwgewassen worden drie uitspraken gedaan.
 - In de biologische tuinbouw wordt geen kunstmest gebruikt.
 - In de biologische tuinbouw worden geen chemische bestrijdingsmiddelen toegepast om plagen te bestrijden.
 - In de biologische tuinbouw wordt in de kassen geen klimaatcontrole toegepast zoals belichting, beluchting en verwarming.
 Welke van deze uitspraken is (zijn) juist?
 - Uitspraak 1.
 - Uitspraak 2.
 - Uitspraak 3.
 - Uitspraak 1 en 2.
 - Uitspraak 2 en 3.
 - Uitspraak 1 en 3.
- Door welke van de volgende relaties kan na de introductie van de roofmijt een plaag van bladluizen in de kas ontstaan?
 - Door commensalisme tussen de bladluis en witte vlieg.
 - Door concurrentie tussen de galmug en de roofmijt.
 - Door mutualisme tussen de paprikaplant en de bladluis.
 - Door parasitisme van de galmug op de bladluis.
 - Door predatie van de galmug op de Californische trips.
 - Door predatie van de roofmijt op de galmug.

Het komt weleens voor dat een teler een compleet gewas moet rooien en afvoeren vanwege een bladluisplaag. In de diagrammen (zie afbeelding 67) gebeurt dat op tijdstip T. Daarna wordt de kas opnieuw beplant met hetzelfde gewas. De teler zette geen galmuggen uit voor de bestrijding van plagen bij de groei van dit nieuwe gewas.

- Welk diagram geeft op de juiste manier weer hoe het aantal bladluizen per vierkante meter verandert na het tijdstip T?
 - Diagram P.
 - Diagram Q.
 - Diagram R.
 - Diagram S.

1 Werken met contexten

Op het examen biologie krijg je onderwerpen (contexten) waar een serie vragen bij hoort. Vaak bestaat de context uit stukken tekst met vragen ertussen. Soms hebben de vragen direct te maken met de context, maar het kan ook zijn dat er vragen worden gesteld over andere onderwerpen. Voor de beantwoording van de vragen heb je meestal informatie nodig uit verschillende thema's. Een context over obesitas kan bijvoorbeeld vragen over voedingsstoffen en vragen over mitose bevatten.

In deze verrijkingsstof ga je oefenen met zo'n soort context.

opdracht 1

Beantwoord de vragen bij onderstaande tekst.

Van wild zwijn tot varken

Het wilde zwijn komt in grote delen van Europa voor. In Nederland is het alleen nog te vinden op de Veluwe en in Limburg, en dan vooral in eikenbossen.

Het Europese wilde zwijn heeft zwarte, stevige haren. Een vrouwtje is in november vruchtbaar en de jonge zwijnen worden in maart geboren. De jongen hebben de eerste 5 tot 6 maanden een bruine kleur met gele strepen en vlekken (zie afbeelding 68). Wilde zwijnen zijn vooral 's nachts actief. Ze kunnen slecht zien en men neemt aan dat ze geen kleuren kunnen zien. Ze kunnen wel zeer goed ruiken en horen.

► Afb. 68



- 1 Komen in het netvlies van een wild zwijn vooral kegeltjes of vooral staafjes voor? Leg je antwoord uit. Geef ook aan uit welk thema (onderwerp) de informatie vandaan komt die nodig is om deze vraag te beantwoorden.

In de herfst vormen eikels een belangrijke voedselbron voor het wilde zwijn. Verder eten ze allerlei andere plantendelen zoals bladeren en wortels en zaden. Ook eten ze dieren zoals regenwormen, insecten, muizen en jonge vogels. Een wild zwijn zoekt zijn voedsel vooral door met zijn snuit in de aarde te 'wroeten', waardoor de grond flink wordt omgewoeld. Zo krijgt hij ook wat aarde met belangrijke mineralen binnen.

Het varken stamt af van het wilde zwijn. Het is door de mens 'gedomesticeerd'. Tot in de middeleeuwen liet men de varkens los rondlopen. Net als wilde zwijnen

zochten ze hun voedsel in de bossen. Ook liepen ze rond in de dorpen waar ze voedselresten en zelfs ontlasting van mensen opaten. Na de middeleeuwen nam de hoeveelheid bos sterk af. De varkens werden toen alleen nog maar in de herfst in de bossen losgelaten.

In de loop van de eeuwen zijn er veel veranderingen opgetreden in het uiterlijk van het varken (zie afbeelding 69). Deze veranderingen zijn onder andere het gevolg van kunstmatige selectie.

Zo hebben wilde zwijnen een rechte staart, maar het varken een krulstaart. De eigenschap 'krulstaart' wordt veroorzaakt door een recessief gen. Er zijn ook veel niet direct zichtbare veranderingen opgetreden. Een wild zwijn heeft bijvoorbeeld 36 chromosomen in zijn gewone lichaamscellen en een varken 38 chromosomen.

► Afb. 69



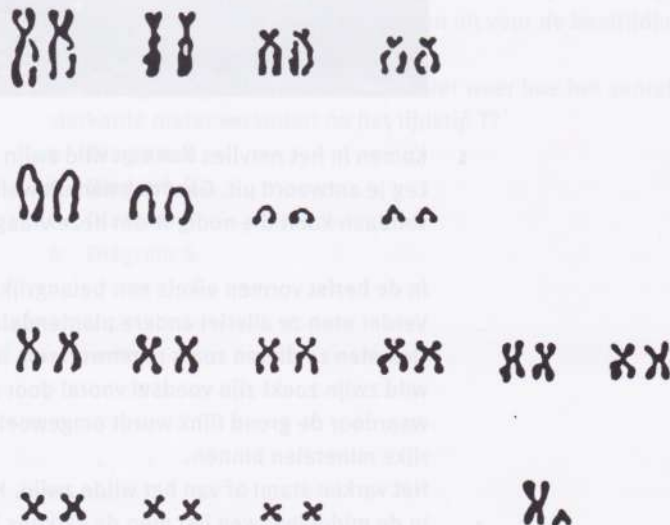
wild zwijn

middeleeuws varken

huidig varken

- 2 Tussen varkens en wilde zwijnen bestaat een groot aantal verschillen. Leg uit waardoor deze verschillen zijn ontstaan.
- 3 In gebieden waar varkens los rondlopen, komen kruisingen tussen varkens en wilde zwijnen regelmatig voor. Een varken is homozygoot voor de eigenschap krulstaart. Een wild zwijn is homozygoot voor de eigenschap rechte staart. Heeft een nakomeling uit zo'n kruising een krulstaart of een rechte staart? Leg je antwoord uit.
- 4 In afbeelding 70 zie je een chromosomenportret. Het geslacht wordt bij wilde zwijnen en varkens op dezelfde manier bepaald als bij mensen. Kan dit een chromosomenportret zijn van een mannelijk varken, vrouwelijk varken, mannelijk wild zwijn of vrouwelijk wild zwijn?
 - A Van een mannelijk varken.
 - B Van een vrouwelijk varken.
 - C Van een mannelijk wild zwijn.
 - D Van een vrouwelijk wild zwijn.

► Afb. 70



Sinds het midden van de twintigste eeuw werden veel varkens in de bio-industrie gehouden. Ze leefden in kleine hokken met metalen roosters op de vloer. Ze werden gevoerd met krachtvoer waarin alle voedingsstoffen zaten die ze nodig hadden. Uit verveling gingen de varkens afwijkend gedrag vertonen. Zo gingen ze op de stangen van het hok bijten en aan elkaars oren en staarten knagen. Het op deze manier houden van varkens is tegenwoordig verboden.

Er zijn mensen die geen vlees willen eten van varkens uit de bio-industrie. Zij betalen liever meer voor 'scharrelvlees' van scharrelvarkens. Scharrelvarkens hebben meer loopruimte, worden niet op metalen roosters gehouden en hebben stro in hun hok. Bovendien kunnen ze buiten lopen, waar ze een deel van hun voedsel zelf moeten zoeken door in de aarde te wroeten.

- 5 Afwijkend gedrag door verveling komt bij scharrelvarkens veel minder voor dan bij varkens uit de bio-industrie.

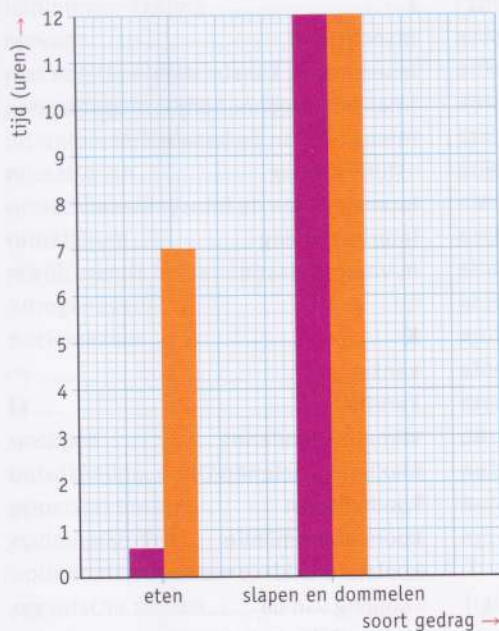
Leg uit waardoor varkens uit de bio-industrie zich sneller vervelen dan scharrelvarkens. Gebruik in je antwoord gegevens uit afbeelding 71.

Uit afbeelding 72 blijkt dat het aantal varkensbedrijven tussen 1961 en 2011 is afgenomen. Toch is het aantal varkens in Nederland sinds 1961 sterk gegroeid.

- 6 Maak op grafiekpapier een lijndiagram van de groei van de Nederlandse varkensstapel tussen 1961 en 2011.
- Geef het aantal varkens weer in miljoenen (rond de cijfers af op 1 decimaal).
 - Zet de noodzakelijke gegevens bij de assen.

WEB meer verrijkingstoffen vind je op ePack

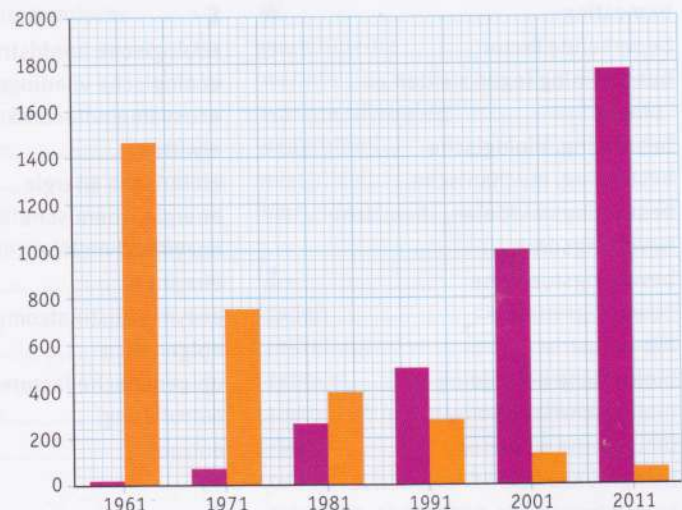
▼ Afb. 71



Legenda:

- bio-industrie
- scharrelvarkens

▼ Afb. 72



Legenda:

- gemiddeld aantal varkens per bedrijf
- aantal bedrijven (x100)

- A**
- aantasting113
 - absorptiespectrum28
 - accumulatie119
 - actief transport19
 - ADP12
 - aerob14
 - afvaleters129
 - alcoholgisting16
 - allelen62
 - aminozuren30
 - ammoniak17, 130
 - ammoniakgas130
 - ammonificatie130
 - ammoniumionen131
 - anaerob14
 - anorganische stoffen10
 - assimilatie11
 - assimilatie, voortgezette12, 29
 - assimilatieproducten19
 - ATP12
- B**
- bacteriën, denitrificerende131
 - bacteriën, heterotrofe129
 - bacteriën, nitrificerende131
 - bacteriën, vrij levende stikstofbindende131
 - basale stofwisseling35
 - basenparing62
 - bastvaten19
 - bemesting117
 - beperkende factor37
 - bescherming tegen ziekten en plagen117
 - bestrijding, biologische120
 - bestrijding, mechanische118
 - bestrijdingsmiddelen, chemische118
 - bevolkingsdruk114
 - bevolkingstoename114
 - bewegingsenergie12
 - bio-industrie124
 - biologische bestrijding120
 - biologische landbouw126
 - biologische zuivering140
 - bladgroenkorrels25
 - bodembewerking117
 - broeikasewerking, versterkte133
 - broeikasgassen133
- C**
- capillaire werking20
 - cDNA94
 - centromeer65
 - chemische bestrijdingsmiddelen118
 - chemische energie12
 - chemische zuivering140
 - chlorofyl25
 - chloroplasten25
 - chromatiden65
 - code, genetische71
 - codon71
 - complementair DNA94
 - copyDNA94
- D**
- denitrificerende bacteriën131
 - detritus129
 - diffusie19
 - disaccharide29
 - dissimilatie12, 14
 - DNA, complementair94
 - DNA, niet-coderend62
 - DNA-nucleotiden, vrije65
 - DNA-polymerase65
 - DNA-reparatie86
 - DNA-replicatie65
 - duurtraining56
 - duurzaamheid113
 - duurzame ontwikkeling128
- E**
- ecologische hoofdstructuur144
 - ecologische voedingsmiddelen126
 - ecosysteemdiensten112
 - eiwitten17, 22, 30, 72
 - elektrische energie12
 - energie, chemische12
 - enzymactiviteit33
 - enzymen11, 32
 - enzym-substraatcomplex32
 - epigenetica80
 - epigenetische factoren80
 - eutrofiëring138
 - eutroof138
- F**
- factor, beperkende37
 - factoren, epigenetische80
 - fokkerij121
- G**
- foto-autotroof25
 - fotochemische stikstofbinding131
 - fotosynthese25
 - fotosynthese, intensiteit van37
 - fructose21
- G**
- gen62
 - genetisch gemodificeerd organisme91
 - genetische code71
 - genetische modificatie91
 - genexpressie74
 - genoom61
 - genoommutaties83
 - genregulatie74
 - ggo91
 - glucose21
 - golflengte28
 - groenbemesting131
- H**
- helixstructuur62
 - herbiciden118
 - heterotrofe bacteriën129
 - hoofdstructuur, ecologische144
 - houtvaten19
 - huidmondjes19
- I**
- insecticiden118
 - inseminatie, kunstmatige123
 - intensieve veehouderij124
 - intensiteit van de basale stofwisseling35
 - intensiteit van de fotosynthese37
 - intervaltraining57
 - in-vitrofertilisatie123
- K**
- kanker87
 - kernDNA61
 - klimaatverandering135
 - knolletjesbacteriën131
 - koolhydraten29
 - koolstofassimilatie25
 - koolstofdioxideconcentratie, stijging van de134
 - koolstofkringloop128
 - koudbloedig35
 - krachttraining56

- kringloop 128
- kunstmatige inseminatie 123
- kunstmest 117
- L**
- landbouw, biologische 126
- lichtenergie 12
- lipiden 29
- luchtholten 19
- M**
- maximumtemperatuur 33
- mechanische bestrijding 118
- mechanische zuivering 140
- melkzuurbacteriën 16
- melkzuurgisting 16
- metastase 88
- minimumtemperatuur 33
- modificatie, genetische 91
- monocultuur 117
- monosachariden 29
- mtDNA 61
- N**
- nabezinking 140
- natuurbeheer 145
- natuurbehoud 144
- natuurlijke vijanden 120
- natuurontwikkeling 145
- nerven 19
- niet soortspecifiek 118
- niet-coderend DNA 62
- nitraatbacteriën 131
- nitraationen 130
- nitrietbacteriën 131
- nitrietionen 131
- nitrificerende bacteriën 131
- nitrogenase 131
- nucleïnezuur 62
- O**
- oncogen 87
- ontwikkeling, duurzame 128
- oppervlaktewater 138
- optimumkromme 33
- optimumtemperatuur 33
- organische stoffen 10, 138
- organisme, genetisch gemodificeerd 91
- osmose 19
- overbemesting 138
- P**
- persistent 119
- pesticiden 118
- pH 33
- plasmiden 61
- polysachariden 29
- product 32
- proteïnen 30
- proto-oncogenen 87
- puntmutatie 82
- R**
- recombinant-DNA-techniek 91
- regulatorgenen 74
- resistent 119
- ribose 70
- rioolslib 140
- RNA 70
- rottingsbacteriën 130
- S**
- sacharose 21
- schimmels 129
- sluitcellen 19
- spectrum 28
- stalmest 117
- startcodon 71
- stijging van de koolstofdioxide-
concentratie 134
- stikstofassimilatie 130
- stikstofbinding 131
- stikstofbinding, fotochemische 131
- stikstoffixatie 131
- stikstofkringloop 130
- stoffen, anorganische 10
- stoffen, organische 10, 138
- stofwisseling 10
- stofwisseling, basale 35
- stofwisseling, intensiteit van basale 35
- stopcodons 71
- stroming 19
- structuurgenen 74
- substraat 32
- substraatspecifiek 32
- T**
- transgeen 91
- transport, actief 19
- tumorsuppressorgen 86
- U**
- uitputting 113
- uitspoeling 117
- uracil 70
- ureum 17, 130
- urinezuur 17, 130
- V**
- vaatbundels 19
- veehouderij, intensieve 124
- verdamping 20
- verdikte delen 21
- veredeling 121
- vermesting 138
- vermogen, zelfreinigend 138
- versterkte broeikas effect 133
- vervuiling 113
- vetten 17, 22, 29
- vijanden, natuurlijke 120
- virus 92
- virusinfectie 92
- voedingsmiddelen, ecologische 126
- voedingsstoffen 117
- voedselrijk 138
- voorbezinking 140
- voortgezette assimilatie 12, 29
- vrij levende stikstofbindende
bacteriën 131
- vrije DNA-nucleotiden 65
- vruchtwisseling 120
- W**
- warmbloedig 35
- warmte 12
- warmte-uitstraling 133
- waterbloei 139
- wisselteelt 120
- worteldruk 21
- Z**
- zaden 21
- zelfreinigend vermogen 138
- zetmeel 21
- ziekten en plagen, bescherming
tegen 117
- zuivering, biologische 140
- zuivering, chemische 140
- zuivering, mechanische 140
- zuïrgraad 33
- zuurstofschuld 56

AUTEURS

Arteunis Bos
 Marianne Gommers
 Arthur Jansen
 Onno Kalverda
 Theo de Rouw
 Gerard Smits
 Ben Waas
 René Westra

EINDREDACTIE

Onno Kalverda

REDACTIE

PRosa redactie, 's-Hertogenbosch

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

ANP Photo, Rijswijk: thema 1: 2, 73.1, 73.2; thema 2: opening, 36, 57; thema 3: 25, 37, 44; Archief PWN en Topografische Dienst: thema 3: 52; Beeldbank Rijkswaterstaat, 397606, NL-09/10/09 Luchtfoto "Ruimte voor de Rivier": IJssel: Arnhem-Kampen: thema 3: 36; Center for Game Science, University of Washington: thema 2: 51; Joeff Davis / www.joeff.com: thema 2: 55; Erik Eshuis Infographics, Groningen: thema 1: 14, 16.2, 23, 24, 26, 30.1, 30.2, 35.1, 36, 38, 43, 44, 46, 47, 48.2, 51, 55, 60, 65, 66, 67, 68, 70.1, 71; thema 2: 10, 3, 9, 13, 14 (barcodes), 19, 20, 23, 25, 28, 29, 40, 45.2, 52.2; thema 3: 26, 38, 39, 45, 67, 71, 72; Fresh Images / Reporters, Haarlem: thema 3: 21.2, 66.1; Dr. W. Gehring, University of Basel, Zwitserland: thema 2: 26; Getty Images: thema 1: 1; thema 2: 32.3, 45.1; thema 3: opening; www.glofish.com / Wikimedia Commons: thema 2: 47; Hollandse Hoogte, Amsterdam: thema 1: 11, 21, 22, 49; thema 2: 7.2, 38; thema 3: 21.1, 21.3, 24 lo, ro, 40; Imageselect, Wassenaar: thema 1: 5.3, 12, 18, 20; thema 2: 7.1, 41, 48; thema 3: 29, 66.3; IRR: thema 2: 46; Kenniscentrum Suiker en Voeding: thema 3: 2; Landbouw en Plattelandsontwikkeling van de Europese Commissie: thema 3: 24 rb; Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem: thema 1: 37; thema 2: 2, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 18, 31, 39, 44, 50; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: thema 3: 9, 13, 56; Nota Ruimte - Ruimte voor Ontwikkeling, Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ, PKB-kart 5: Ecologische Hoofdstructuur: thema 3: 47; Photoshoot

ONTWERP

Uitgeverij Malmberg

OPMAAK

Pointer grafische vormgeving

BEELDVERWERVING

B en U International Picture Service, Diemen

TECHNISCH TEKENWERK

Studio Weij, Son en Breugel

Tatja Marschalk (Trainee Biofuels at Suiker Unie), Peter Roek / Pentalux Photography & Video / www.pentalux.nl met toestemming van geportretteerde en Suiker Unie, Oud Gastel: thema 3: 46; Theo de Rouw, Nijmegen: thema 1: 28, 29; Miruna Sasu / Penn State University: thema 2: 56; Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk: thema 2: 16, 45.3; thema 3: 20; Shutterstock: thema 1: opening, 3, 5.1, 5.2, 13, 16, 52; thema 2: 1, 14 l, m, r, 21, 35, 37, 43, 52, 54; thema 3: 3, 6.1, 6.2, 8, 10, 11, 12, 30, 48, 49, 51, 53, 55, 63, 66.2, 68; Skal Bio Controle, Zwolle: thema 3: 57; Bas Teunis, Eindhoven: thema 3: 65, 69; Uit: "Transient and Stable Expression of the Firefly Luciferase Gene in Plant Cells and Transgenic Plants", by David W. Ow, Keith V. Wood, Marlene DeLuca, Jeffrey R. de Wet, Donald R. Helinski and Stephen H. Howell. Science volume 234, 14 November 1986: thema 2: 49; Henk van der Vrande: thema 1: 45; Wageningen UR, AlgaePARC: thema 1: 70.2; Wakker Dier, Amsterdam: thema 3: 22; Wikimedia Commons: thema 2: 32.1, 32.2; thema 3: 64

De uitgever heeft getracht met alle rechthebbenden op beelden en tekst in contact te treden. Mogelijk is dit niet in alle gevallen gelukt. Degene die meent op beelden en/of tekst recht te kunnen doen gelden, wordt verzocht in contact te treden met Uitgeverij Malmberg te 's-Hertogenbosch.

ISBN 978-90-345-7426-8

Vijfde editie, eerste oplage

MALMBERG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912^o het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van

23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

© Malmberg 's-Hertogenbosch