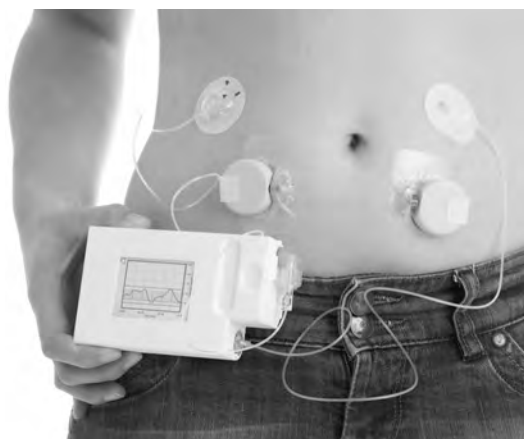


*Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.*

## Kunst-alvleesklier

Een Nederlands bedrijf is erin geslaagd een kunst-alvleesklier te ontwikkelen op zakformaat. De 29-jarige Rien is een van de proefpersonen die de kunst-alvleesklier mag testen.

**afbeelding 1**



Rien heeft diabetes type 1. Door deze aandoening geeft zijn alvleesklier te weinig insuline af waardoor zijn lichaam het bloedsuikergehalte niet goed kan reguleren.

De kunst-alvleesklier (afbeelding 1) heeft een glucose-sensor en twee pompjes die, afhankelijk van het bloedsuikergehalte, het hormoon insuline of het hormoon glucagon in de juiste dosis aan het bloed toedienen.

Op 14-jarige leeftijd werd bij Rien diabetes type 1 geconstateerd. Vanaf dat moment moest hij vier keer per dag insuline gaan spuiten. Hij leerde om hypers (te hoge bloedsuikergehaltes) en hypo's (te lage bloedsuikergehaltes) te vermijden door de hoeveelheid insuline die hij toediende, af te stemmen op de hoeveelheid koolhydraten die hij at. Ook moest hij rekening houden met zijn lichamelijke activiteit. Rien vertelt: "Ik moest vooral leren om bij sportactiviteiten niet te enthousiast van start te gaan. Anders voelde ik me na één uur al zo slap als een vaatdoek."

Voor het feit dat Rien zich na één uur sporten zo slap voelde, wordt de volgende verklaring gegeven:

Door een sterke toename van de ...(1)... ontwikkelde Rien een ...(2)...

2p 1 Welke begrippen moeten worden ingevuld bij 1 en 2?

bij 1

bij 2

- |   |   |
|---|---|
| <p><b>A</b> assimilatie</p> <p><b>B</b> assimilatie</p> <p><b>C</b> dissimilatie</p> <p><b>D</b> dissimilatie</p> | <p>hyper</p> <p>hypo</p> <p>hyper</p> <p>hypo</p> |
|---|---|

Toen bij Rien de kunst-alvleesklier werd aangebracht, is de glucose-sensor op een bloedvat in zijn buik aangesloten. Hierbij werd, om twee redenen, niet voor de poortader gekozen. Eén reden is de diepe ligging van de poortader.

1p 2 Wat is de andere reden?

Rien gaat op zaterdag één uur na het ontbijt een voetbalwedstrijd spelen. Na de wedstrijd luncht hij. Meteen hierna kijkt hij naar een film. Zowel zijn ontbijt als lunch zijn koolhydraatrijke maaltijden.

Drie tijdstippen waarop mogelijk insuline wordt toegediend, zijn:

- 1 een half uur na het ontbijt,
- 2 tijdens de tweede helft van de voetbalwedstrijd,
- 3 tijdens het filmkijken, na de lunch.

2p 3 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of de kunst-alvleesklier op het betreffende tijdstip **wel** of **niet** insuline aan het bloed afgeeft.

Op een bepaald moment geeft de kunst-alvleesklier van Rien glucagon af in een ader in de buikwand. Dit hormoon heeft de lever als doelwitorgaan.

1p 4 Minimaal hoeveel keer gaat een molecuul glucagon uit de kunst-alvleesklier door het hart voordat het de lever van Rien bereikt?

Niet alle functies van de alvleesklier worden door de kunst-alvleesklier overgenomen.

1p 5 Noteer een functie van de alvleesklier die de kunst-alvleesklier niet overneemt.

## Levend fossiel

Tussen de 400 en 350 miljoen jaar geleden zijn er uit vissen vierpotige landdieren ontstaan. De overgang van water naar land was mogelijk dankzij een aantal ingrijpende aanpassingen.

Om de evolutionaire ontwikkeling van deze aanpassingen te volgen worden fossielen vergeleken met nu nog levende organismen. Daarbij is het van belang te weten welke nu nog levende vissoort het meest verwant is aan de vissen die als eerste 'vin aan wal' zetten. Twee kwastvinnige vissoorten komen in aanmerking: de longvis (afbeelding 1) en de coelacanth (afbeelding 2). Met behulp van DNA-analyse hebben onderzoekers uitgezocht welke het meest verwant is.

**afbeelding 1**



**afbeelding 2**



Coelacanthen hebben vinnen die aan pootjes doen denken, leven op grote diepte in grotten en hebben weinig predatoren. Voordat een Zuid-Afrikaanse visser in 1938 een coelacanth in zijn netten aantrof, dacht men dat deze vis al 70 miljoen jaar was uitgestorven omdat tot dan toe alleen fossielen van deze vis (afbeelding 3) gevonden waren. De exemplaren die nu leven, zijn nauwelijks verschillend van de coelacanthen van 70 miljoen jaar geleden.

**afbeelding 3**



- 1p 6 Geef een mogelijke verklaring voor de trage evolutie van de coelacanth.

De transformatie van vinnen naar poten lijkt al vóór de overgang van water naar land te zijn ingezet. De pootachtige vinnen van de coelacanth wijzen hierop, maar ook op DNA-niveau zijn hiervoor aanwijzingen te vinden. De onderzoekers troffen een specifieke nucleotiden-volgorde aan die wel in alle vierpotige landdieren en kwastvinnigen voorkomt, maar niet in andere vissen.

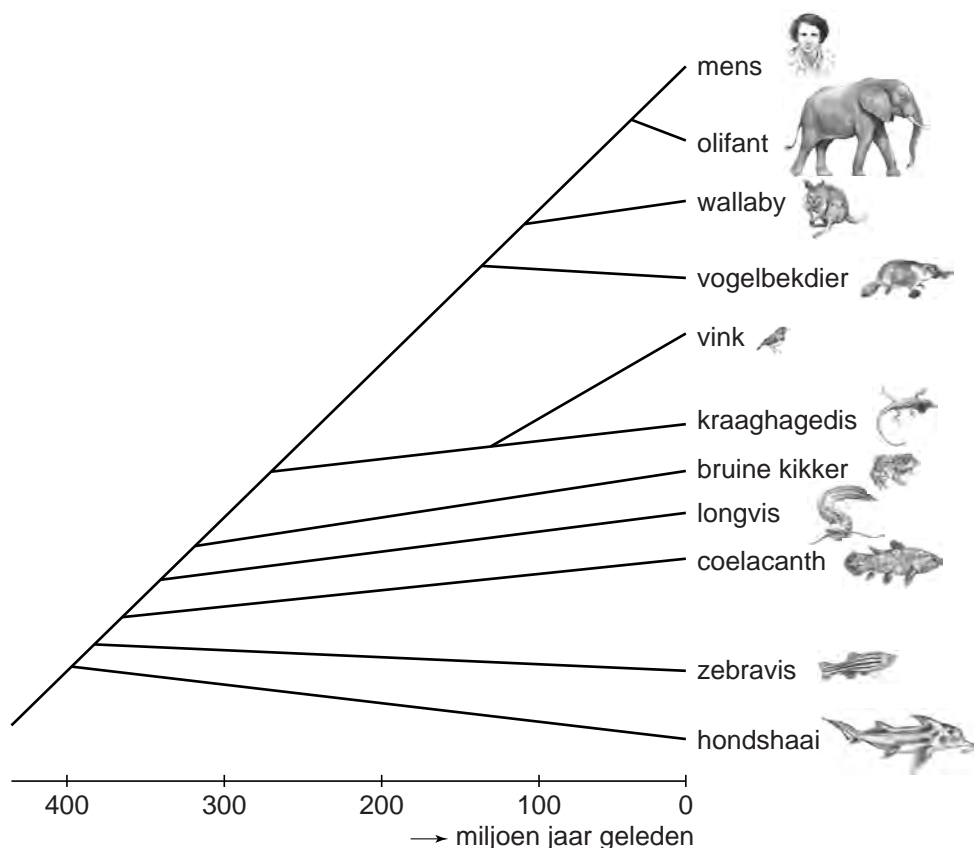
Om de rol van dit stukje DNA te onderzoeken werd een nucleïnezuur uit verschillende weefsels van muizenembryo's geanalyseerd. Hieruit bleek dat het stukje DNA vooral actief is in die delen waar de poten van de muis zich ontwikkelen.

- 2p 7 Welk nucleïnezuur hebben de onderzoekers geanalyseerd om de rol van dit stukje DNA te bepalen? En wat hebben ze van dit stukje DNA aangetoond?

	geanalyseerd	aangetoond
A	DNA	de genetische code
B	DNA	genexpressie
C	RNA	de genetische code
D	RNA	genexpressie

Om de meest recente voorouder van de gewervelde landdieren en kwastvinnigen te achterhalen, is met behulp van DNA-analyse de verwantschap van verschillende soorten gewervelden bepaald. Deze verwantschap is weergegeven in afbeelding 4.

afbeelding 4



- 1p 8 Welke van de twee kwastvinnigen is het meest verwant met vierpotige gewervelden? Verklaar je antwoord aan de hand van afbeelding 4.

**MSUD**

Maud werkt als diëtiste in een academisch ziekenhuis. Een van haar patiëntjes is Stan, een baby met de zeldzame erfelijke stofwisselingsziekte MSUD. Met de ouders bespreekt zij een aangepast dieet voor Stan.

Kenmerkend voor MSUD (maple syrup urine disease) is een zoetige geur van de urine. Deze geur doet denken aan esdoornsiroop (maple syrup). Bij patiënten met MSUD werkt een bepaald enzym niet goed waardoor ze de aminozuren leucine, isoleucine en valine niet kunnen afbreken. Hierdoor ontstaat een te hoge concentratie van deze aminozuren in het bloed. Dit leidt ertoe dat MSUD, indien onbehandeld, hersenschade kan veroorzaken.

Een belangrijk orgaan bij de afbraak van aminozuren is de lever. Bij de afbraak van aminozuren ontstaat een afvalproduct dat wordt uitgescheiden.

- 2p 9 – Welk afvalproduct is dit?  
– In welk orgaan wordt dit afvalproduct uitgescheiden?

Bij Stan werd MSUD ontdekt dankzij de hielprik.

De hielprik vindt enkele dagen na de geboorte plaats. Er wordt bloed afgenomen dat onderzocht wordt om verschillende aangeboren aandoeningen op te sporen. Om te bepalen of een baby MSUD heeft, wordt de concentratie van verschillende aminozuren bepaald.

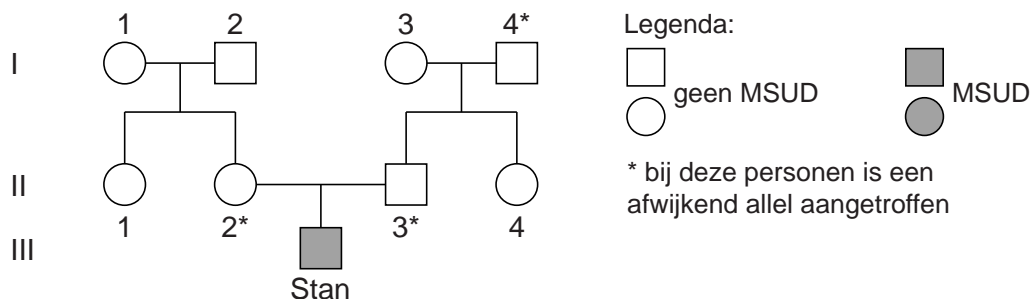
- 2p 10 Welk bloedbestanddeel wordt onderzocht om te bepalen of een baby MSUD heeft?
- A bloedplaatjes
  - B bloedplasma
  - C rode bloedcellen
  - D witte bloedcellen

Om te voorkomen dat Stan klachten krijgt, schrijft Maud een voedingssupplement voor en geeft ze Stans ouders een dieetadvies voor Stan. Dit advies betreft de beperking van de inname van één van de hoofdgroepen van voedingsstoffen: eiwitten, koolhydraten, vetten, mineralen of vitaminen.

- 2p 11 – Welke van de bovenstaande hoofdgroepen van voedingsstoffen moet beperkt worden in het dieet van Stan?  
– Licht je antwoord toe.

Voor een uitgebreid onderzoek naar MSUD in de familie van Stan werd bij familieleden wangslimvlies afgenomen en onderzocht. In de stamboom van de familie (afbeelding 1) zijn de uitslagen aangegeven.

afbeelding 1



De ouders van Stan vragen zich af wat de kans is dat een volgend kind ook MSUD heeft.

- 2p 12 Hoeveel procent is de kans op een volgend kind met MSUD als dit kind een meisje is? En als dit kind een jongen is?

	meisje	jongen
A	0	0
B	0	50
C	25	25
D	25	50
E	50	50
F	50	100

Bij de ouders van Stans moeder (I-1 en I-2, afbeelding 1) werd het afwijkende allel niet aangetroffen. Dit betekent dat er één mutatie opgetreden is die heeft geleid tot het afwijkende allel bij Stans moeder. Vier cellen zijn:

- 1 een eicel van oma I-1,
- 2 een zaadcel van opa I-2,
- 3 de bevruchte eicel waaruit Stans moeder (II-2) is ontstaan,
- 4 een eicel van Stans moeder (II-2).

- 2p 13 In welke van deze cellen kan deze mutatie zijn opgetreden, gezien de resultaten van het erfelijkheidsonderzoek?

- A alleen in 1 of 2
- B alleen in 3 of 4
- C alleen in 1, 2 of 3
- D alleen in 1, 3 of 4
- E in 1, 2, 3 of 4

## Muizenplaag

In de winter van 2015 werd het Friese platteland geteisterd door een muizenplaag. Veel melkveeboeren hadden een grote schadepost doordat de muizen hun weilanden ruïneerden. Wietse en Jelte onderzoeken de biologische aspecten van deze muizenplaag.

De muis die de plaag veroorzaakte, was de veldmuis (*Microtus arvalis*, afbeelding 1). De veldmuizen graven gangen en eten graswortels waardoor het gras verdroogt. Wietse en Jelte denken dat in de wortels van gras koolhydraten worden opgeslagen in de vorm van zetmeel, dat goed door veldmuizen te verteren is. Daarnaast vragen ze zich af of graswortels glucose en vitamine C bevatten.

afbeelding 1



- Voor de opbouw van zetmeel worden suikers gebruikt. Suikers worden vanuit de grassprietten naar de wortels getransporteerd.
- 1p 14 Via welke vaten in de vaatbundels worden suikers naar de wortels getransporteerd?

- In de wortel wordt een gedeelte van de koolhydraten als reservevoedsel opgeslagen, en een gedeelte wordt gebruikt.
- 2p 15 Voor welk proces in de wortels worden deze koolhydraten als energiebron gebruikt?
- A voor het transport van koolstofdioxide
  - B voor het transport van mineralen
  - C voor het transport van zuurstof

Om te onderzoeken welke voedingsstoffen in graswortels aanwezig zijn, voeren Wietse en Jelte het volgende experiment uit.  
 Ze verzamelen 10 gram graswortels en persen die uit. Het op die manier verkregen sap vullen ze aan met water tot 15 mL.  
 Ze gebruiken standaard-indicatorreacties om voedingsstoffen aan te tonen. Tabel 1 geeft de kleuromslag aan van de indicatorreactie.

**tabel 1**

indicator	voedingsstof	kleuromslag
Fehlings-reagens	glucose	blauw → oranje
joodoplossing	zetmeel	bruingeel → blauw
DCPIP	vitamine C	blauw → kleurloos

Wietse en Jelte vullen drie genummerde buizen elk met 5 mL van het verdunde graswortelsap en onderzoeken buis 1 met Fehlings-reagens, buis 2 met joodoplossing en buis 3 met DCPIP.  
 In tabel 2 staan hun resultaten.

**tabel 2**

buis	toegevoegde indicator	kleur
1	Fehlings-reagens	oranje
2	joodoplossing	blauw
3	DCPIP	blauw

- 2p 16 Welke conclusies kunnen Wietse en Jelte trekken uit de resultaten (tabel 2) van hun experiment naar de aanwezigheid van voedingsstoffen in het sap van graswortels?

glucose	zetmeel	vitamine C
---------	---------	------------

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b> | aanwezig | aanwezig | aanwezig |
| <b>B</b> | aanwezig | aanwezig | afwezig  |
| <b>C</b> | afwezig  | aanwezig | aanwezig |
| <b>D</b> | afwezig  | aanwezig | afwezig  |

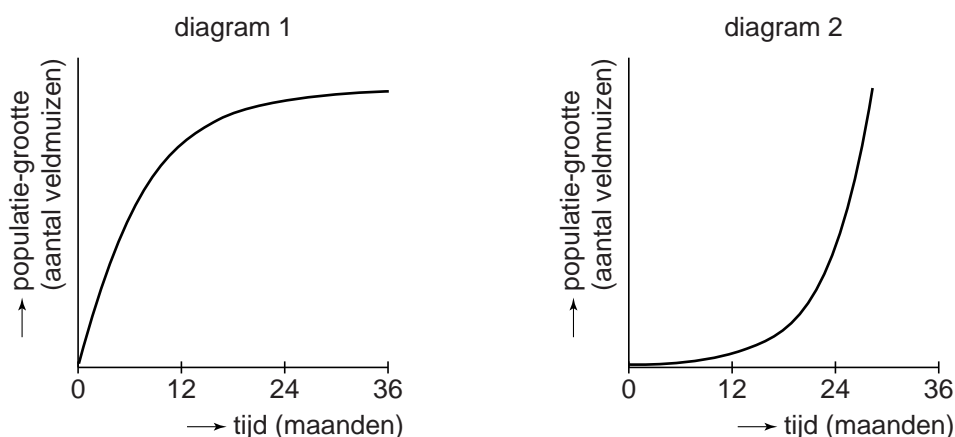
De veldmuizen moeten het zetmeel uit de wortels eerst verteren. De koolhydraatvertering vindt bij de muis op dezelfde manier plaats als bij de mens. Bij vertering van zetmeel tot monosachariden zijn verschillende enzymen betrokken.

- 2p 17 Noteer alle klieren die deze enzymen produceren.



Een paartje veldmuizen kan een aantal maal per jaar een nest van ongeveer vijf jonkies krijgen. Onder gunstige omstandigheden kan de populatie daardoor elke drie maanden drie keer zo groot worden. Deze snelle voortplanting zorgt ervoor dat eens in de drie jaar de populatie tot plaaggrootte uitgroeit. Gewoonlijk sterft hierna een groot deel van de populatie en begint de cyclus opnieuw.

Met deze gegevens berekenen Wietse en Jelte hoe een populatie van 100 veldmuizen gedurende drie jaar in aantal kan toenemen. Ze gaan er in hun berekening van uit dat tijdens de gehele periode de omstandigheden gunstig zijn. Ze geven hun resultaten in een diagram weer. Hieronder zijn twee diagrammen weergegeven:



2p 18 Welk diagram geeft de populatiegroei juist weer? Hoe groot is de populatie na drie jaar volgens de berekening van Jelte en Wietse?

diagram	populatie
A diagram 1	ongeveer 3600 veldmuizen
B diagram 1	ongeveer 170 000 veldmuizen
C diagram 1	ongeveer 50 000 000 veldmuizen
D diagram 2	ongeveer 3600 veldmuizen
E diagram 2	ongeveer 170 000 veldmuizen
F diagram 2	ongeveer 50 000 000 veldmuizen

2p 19 Waardoor sterven na drie jaar meestal veel veldmuizen?

- A door accumulatie van persistente stoffen
- B door afname van de fitness
- C door een verandering van een abiotische factor
- D door een verandering van een biotische factor

Wietse en Jelte bekijken het gebied waar de plaag heerst, op Google Earth. De foto is genomen vóór de muizenplaag toen het gras nog groen was. Ze zien dat het grootste gedeelte van het gebied bestaat uit grasland (afbeelding 2).

### afbeelding 2



Wietse en Jelte bedenken dat het voor het onder controle houden van de muizenpopulatie verstandig zou zijn om afwisselende begroeiing aan te brengen tussen de weilanden.

- 1p **20** Verklaar hoe een afwisselende begroeiing tussen de weilanden ertoe kan leiden dat muizenplagen uitblijven.

## Sluipwesp verdooft en ontsmet

Een sluipwesp produceert verschillende stoffen die ertoe leiden dat een sluipwesplarve zich ongestoord kan ontwikkelen in het lichaam van een gastheer.

De smaragdsluipwesp *Ampulex compressa* (afbeelding 1, rechts), injecteert een gif in het zenuwstelsel van een Amerikaanse kakkerlak *Periplaneta americana* (afbeelding 1, links). Dit milde gif, een neurotoxine, verdooft de kakkerlak, waardoor geen vluchtreactie optreedt. Vervolgens trekt de sluipwesp de kakkerlak aan zijn voelspriet mee naar zijn hol.

afbeelding 1



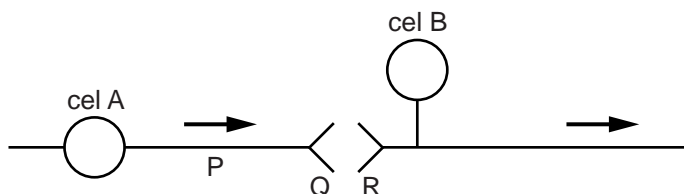
In het hol zet de sluipwesp een ei af op de buikzijde van het slachtoffer. De larve die zich hieruit ontwikkelt, leeft eerst op en daarna in de kakkerlak en voedt zich met lichaamsvloeistof en organen van de kakkerlak. Zelf is de kakkerlak niet meer in staat te eten en sterft.

De relatie tussen de larve van de smaragdsluipwesp en de Amerikaanse kakkerlak is niet parasitair omdat de gastheer niet in leven blijft. Toch is er geen sprake van predatie.

1p 21 Noteer de reden waarom er geen sprake is van predatie.

Het neurotoxine dat de smaragdswesp inspuut, blokkeert de receptoren voor bepaalde neurotransmitters in het zenuwstelsel van de kakkerlak. Afbeelding 2 geeft een schakeling weer van zenuwcellen bij insecten. De pijlen geven de richting van de impulsen aan. Zenuwcel B is een schakelzenuwcel. Drie plaatsen op de zenuwcellen zijn met de letters P, Q en R aangegeven.

afbeelding 2



- 2p 22 Is zenuwcel A in afbeelding 2 een motorische of een sensorische zenuwcel? Op welke plaats werkt het neurotoxine?

	zenuwcel A is een	plaats waar neurotoxine werkt
A	motorische zenuwcel	P
B	motorische zenuwcel	Q
C	motorische zenuwcel	R
D	sensorische zenuwcel	P
E	sensorische zenuwcel	Q
F	sensorische zenuwcel	R

Uit één volwassen kakkerlak komt na de metamorfose van de sluipwesplarve één volwassen sluipwesp. Van de kakkerlak blijft alleen het chitinepantser over.

Na het uitkomen van de sluipwesp wordt het totaalgewicht aan organische stoffen van het chitinepantser van de kakkerlak en van het lichaam van de volwassen sluipwesp bepaald.

- 2p 23 – Is dit gezamenlijk gewicht groter dan, gelijk aan of kleiner dan het gezamenlijk gewicht aan organische stoffen van het lichaam van de kakkerlak en het eitje van de sluipwesp, vlak nadat het eitje is afgezet?
- Verklaar je antwoord.

Een kakkerlak die doodgaat, wordt normaal al snel door bacteriën opgeruimd. Om dit bederf van zijn voedsel te voorkomen, spuugt de larve van de sluipwesp een vloeistof met een bacteriedodende werking in het lichaam van de kakkerlak. De vloeistof bevat een mengsel van verschillende antibiotica. Zo'n mengsel heeft als voordeel boven een enkel antibioticum dat bacteriën niet snel resistent worden.

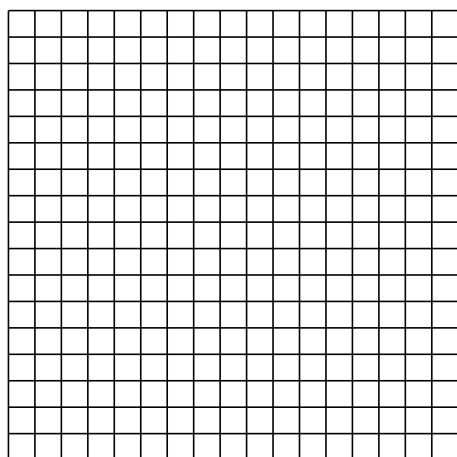
- 2p 24 Beredeneer waardoor bij afgifte van een mengsel van antibiotica de kans kleiner is dat er resistente bacteriën ontstaan, dan bij een enkel antibioticum.

### Degeneratie van het netvlies

Tijdens haar hbo-studie optometrie loopt Floor stage bij een optometrist. De optometrist onderzoekt twee patiënten met leeftijdgebonden macula-degeneratie.

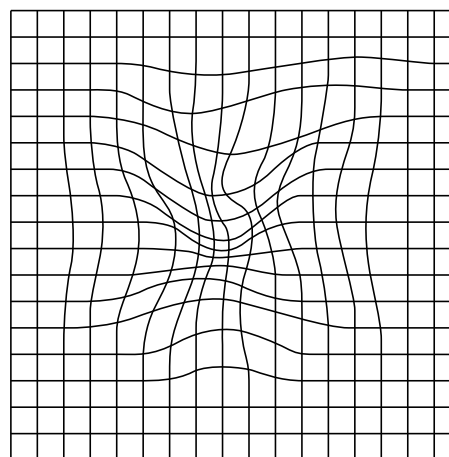
Bij mensen met macula-degeneratie (LMD) raakt het netvlies vervormd doordat eiwitten zich ophopen achter het netvlies of doordat daar extra bloedvaatjes ontstaan. Deze veranderingen veroorzaken een afwijkend beeld. Dit wordt duidelijk via de Amsler-test. Hierbij kijken patiënten naar een raster (afbeelding 1a). Als ze hierin vervormingen waarnemen, zoals in afbeelding 1b, is er mogelijk sprake van LMD.

afbeelding 1a



normaal beeld

afbeelding 1b



afwijkend beeld

- 2p **25** Leg uit hoe ophoping van eiwitten achter het netvlies kan leiden tot het afwijkend beeld in afbeelding 1b.

De optometrist bestudeert het netvlies van een patiënt die kleine vervormingen van zijn beeld waarneemt. Hiervoor druppelt de optometrist atropine in het oog, waardoor alle kringsspieren in het oog zich ontspannen en de pupil groot wordt. Hij heeft dan via de pupil goed zicht op het netvlies. Een bijwerking van deze oogdruppels is dat de patiënt tijdelijk niet scherp ziet.

- 2p **26** Heeft de patiënt als gevolg van het ontspannen van de kringsspieren tijdelijk moeite met dichtbij of veraf zien? En waardoor wordt dit veroorzaakt?

moeite met

oorzaak

- |          |               |                                |
|----------|---------------|--------------------------------|
| <b>A</b> | dichtbij zien | de lensbandjes staan strak     |
| <b>B</b> | dichtbij zien | de lensbandjes zijn ontspannen |
| <b>C</b> | veraf zien    | de lensbandjes staan strak     |
| <b>D</b> | veraf zien    | de lensbandjes zijn ontspannen |

Een andere patiënt heeft LMD in een vergevorderd stadium. Op de plekken waar de ophopingen zijn ontstaan, zijn de zintuigcellen zelfs verdwenen.

De patiënt legt aan Floor uit wat hij ziet:

“Als ik je in de ogen probeer te kijken, dan zie ik helemaal niets. Geen scheve ogen, geen rare ogen, maar géén ogen. Ook geen zwarte of grijze vlekken; niets op de plek waar ik ogen zou willen zien. Maar als ik naar je voorhoofd kijk, zo ongeveer bij de haargrens, dán zie ik ineens je ogen!”

- 1p **27** Zijn bij deze patiënt vooral kegeltjes of vooral staafjes in het netvlies verdwenen? Licht dit toe aan de hand van de symptomen die hij beschrijft.

Floor leest dat het extra innemen van zink en antioxidanten de voortgang van LMD kan vertragen bij patiënten met een beginstadium van LMD. De werkzaamheid van deze supplementen is bepaald in een Amerikaans onderzoek.

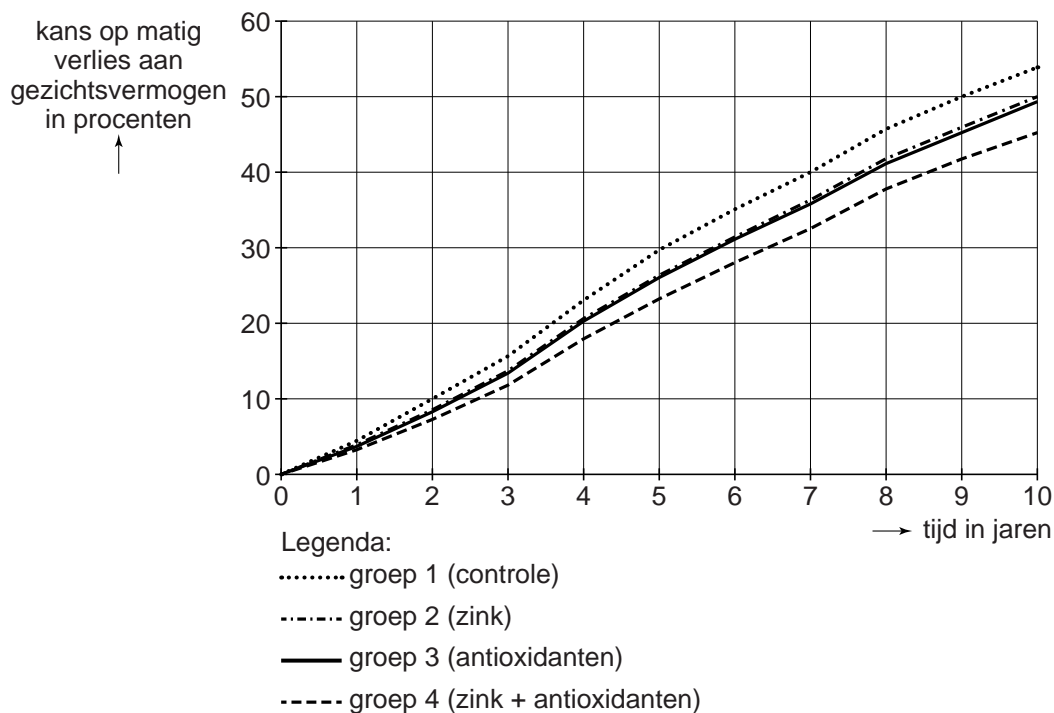
Voor dit onderzoek zijn ruim 4500 patiënten met een beginstadium van LMD in vier groepen verdeeld die elk een verschillende behandeling kregen:

- Groep 1 was de controlegroep.
- Groep 2 kreeg pillen met zink.
- Groep 3 kreeg pillen met antioxidanten.
- Groep 4 kreeg pillen met zink en antioxidanten.

- 1p **28** Waarom is het belangrijk dat een groot aantal patiënten aan het onderzoek deelnam?
- 1p **29** Waaruit bestond de behandeling van de controlegroep in dit onderzoek?

In het Amerikaanse onderzoek werd gedurende tien jaar bij de patiënten jaarlijks het gezichtsvermogen gemeten. De resultaten van dit onderzoek zijn in een grafiek weergegeven (afbeelding 2).

**afbeelding 2**



Naar aanleiding van deze gegevens trekt Floor drie conclusies.

- 1 Behandeling met zink en antioxidanten samen leidt tot een minder grote kans op matig verlies aan gezichtsvermogen dan behandeling met alleen zink.
- 2 Bij behandeling met alleen zink is na tien jaar het gezichtsvermogen met 50% afgenomen.
- 3 Na twintig jaar is de kans dat onbehandelde patiënten niets meer zien 100%.

2p 30 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of de bijbehorende conclusie **wel** of **niet** uit de resultaten kan worden getrokken.

Als LMD in de familie voorkomt, is de kans op het krijgen van deze afwijking hoger. Floor bedenkt een onderzoek waarmee ze zou kunnen achterhalen hoe groot deze erfelijke component is. Hiervoor zou ze gegevens willen bestuderen van tweelingen van wie ten minste één van de twee LMD heeft.

De tweelingen kan ze verdelen in vier categorieën:

- 1 eeneiig; beide individuen lijden aan LMD
- 2 eeneiig; slechts één van de twee lijdt aan LMD
- 3 twee-eiig; beide individuen lijden aan LMD
- 4 twee-eiig; slechts één van de twee lijdt aan LMD

Ga ervan uit dat ze 100 tweelingparen onderzoekt van wie ten minste één van de twee LMD heeft. 50 paren hiervan zijn eeneiig, 50 paren twee-eiig. Als de aandoening inderdaad voornamelijk erfelijk bepaald is, zullen er meer tweelingparen in de ene categorie zitten dan in andere categorieën.

- 2p 31
- Noteer het nummer van de categorie die in dat geval het grootst is.
  - Noteer het nummer van de categorie die in dat geval het kleinst is.

*Schrijf je antwoord zó op:*

grootst: ...

kleinst: ...



## Amerikaanse invasie in Nederlandse sloten

De rode Amerikaanse rivierkreeft (afbeelding 1) is mogelijk medeverantwoordelijk voor het verdwijnen van de inheemse Europese rivierkreeft. Arjen de Groot van Wageningen University & Research doet onderzoek naar de opmars van deze exoot.

afbeelding 1



Rivierkreeften zijn geleedpotigen die leven in riviertjes, sloten en plassen. In tabel 1 staat een overzicht van de in Nederland voorkomende rivierkreeften.

tabel 1

Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	eerste vondst in Nederland
Europese rivierkreeft	<i>Astacus astacus</i>	inheems
gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	<i>Orconectes limosus</i>	1968
Turkse rivierkreeft	<i>Astacus leptodactylus</i>	1977
rode Amerikaanse rivierkreeft	<i>Procambarus clarkii</i>	1985
gestreepte Amerikaanse rivierkreeft	<i>Procambarus acutus</i>	2002
Californische rivierkreeft	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	2004
geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft	<i>Orconectes virilis</i>	2004

- 2p **32** – Hoeveel verschillende soorten rivierkreeften komen er in Nederland voor volgens tabel 1?  
 – Tot hoeveel genera (geslachten) behoren deze kreeften?

Schrijf je antwoord zó op:

aantal soorten: ...

aantal genera: ...

De Amerikaanse rivierkreeften zijn door de mens in Nederland geïntroduceerd en ze verspreiden zich snel. Vooral het verspreidingsgebied van de rode Amerikaanse rivierkreeft neemt toe. De Europese rivierkreeft neemt ondertussen sterk in aantal af. Een belangrijke oorzaak voor het dreigende uitsterven van deze inheemse kreeft is de kreeftenpest. Deze zeer besmettelijke en dodelijke infectieziekte wordt veroorzaakt door een schimmel. De meeste Amerikaanse rivierkreeften zijn geïnfecteerd met deze schimmel, maar worden er niet ziek van. Ze kunnen de schimmel wel verspreiden.

De ziekteverschijnselen van de kreeftenpest zijn: zeer onrustig gedrag en omvallen. Daarnaast wordt een zieke kreeft overdag actief in plaats van 's nachts. Negen tot vijftien dagen na infectie sterft het dier.

- 1p 33 Welk orgaanstelsel van de kreeft wordt blijkbaar vooral aangetast door de kreeftenpest?

Bij geleedpotigen ontbreekt een verworven (specifiek) immuunsysteem. Geleedpotigen hebben wel een aangeboren (a-specifiek) afweersysteem, met dezelfde kenmerken als het menselijk aangeboren afweersysteem. Vier processen die een rol spelen bij de afweer, zijn:

- 1 fagocytose,
- 2 onderscheid maken tussen lichaamsvreemd en lichaamseigen,
- 3 productie van antistoffen,
- 4 productie van lysozymen.

- 2p 34 Noteer de nummers 1, 2, 3 en 4 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of dit proces **wel** of **niet** bij kreeften kan optreden.

De enige plek in Nederland waar de Europese rivierkreeft nog voorkomt, is een vijver op een landgoed bij Arnhem. Hier leeft een geïsoleerde populatie van enkele honderden individuen. Om het aantal inheemse kreeften te vergroten is een kweekprogramma opgezet. Er wordt een klein aantal ei-dragende vrouwtjes uit de bedreigde populatie weggevangen. Hierna worden de jongen in aquaria opgekweekt. Als deze volwassen zijn, worden ze uitgezet op zorgvuldig geselecteerde plaatsen.

Omdat er maar een klein aantal vrouwtjes wordt gebruikt voor het kweekprogramma, kunnen de allelfrequenties van de nieuwe populaties sterk gaan afwijken van die van de oorspronkelijke populatie.

- 2p 35 Wat is de naam van dit verschijnsel?
- A adaptatie
  - B genetic drift
  - C recombinatie
  - D seksuele selectie

Het uitzetten van deze nieuwe, kleine populatie Europese rivierkreeften in een ander gebied is niet bij voorbaat een succes. Als de genetische variatie van deze populatie klein is, is de overlevingskans kleiner dan bij een populatie met een grote genetische variatie.

- 1p 36 Verklaar dat de overlevingskans van de uitgezette populatie groter is als de genetische variatie van deze populatie groot is.

Arjen de Groot maakt voor het onderzoek naar de verspreiding van de Amerikaanse rivierkreeften gebruik van zogenaamd eDNA (environmental DNA). Dit is DNA dat in het water terechtkomt via organische resten van organismen zoals huidcellen, haren, schubben, slijm of urine. Na het nemen van watermonsters (afbeelding 2) wordt het eDNA geanalyseerd.

**afbeelding 2**



De rode Amerikaanse rivierkreeft wordt geïdentificeerd aan de hand van een merker: een klein stukje kenmerkend DNA. Als de merker in een watermonster voorkomt, betekent dit dat de rode Amerikaanse rivierkreeft aanwezig is in het water waarvan het monster is genomen.

Bij eDNA-onderzoek van een sloot worden merkers van de rode Amerikaanse rivierkreeft aangetroffen.

- 2p 37 Kunnen deze merkers afkomstig zijn uit de poep van de rode Amerikaanse rivierkreeft? En uit de geslachtscellen van deze kreeft?

\_\_\_\_\_

merkers afkomstig  
uit de poep?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

merkers afkomstig uit  
de geslachtscellen?

\_\_\_\_\_

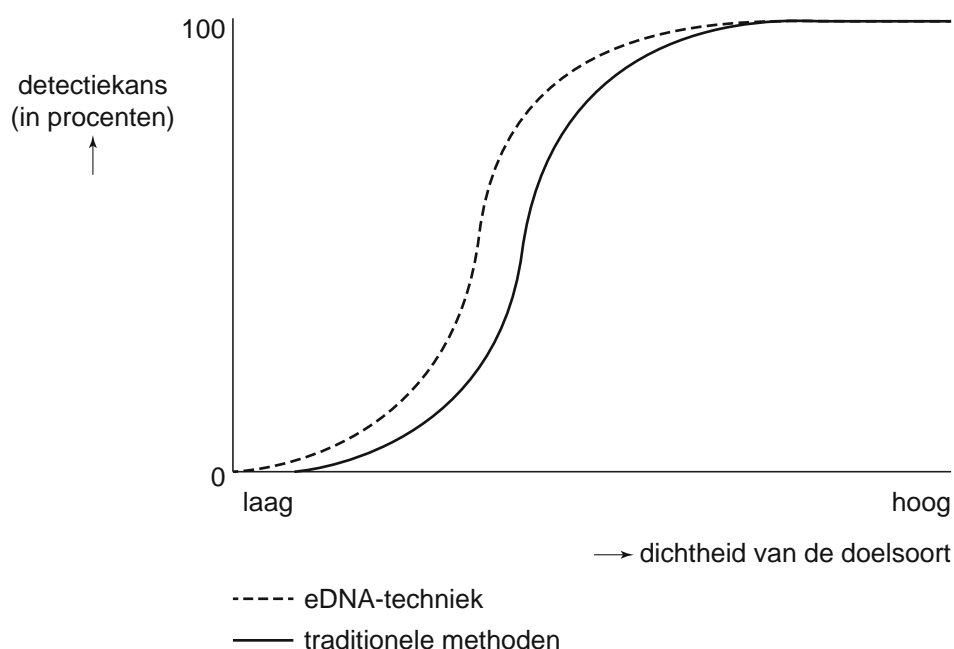
- A ja
- B ja
- C nee
- D nee

- ja
- nee
- ja
- nee

- 2p 38 Welke eigenschap heeft een merker waardoor deze geschikt is voor het identificeren van een soort?
- A Deze bevat een unieke nucleotidenvolgorde.
  - B Deze bevat unieke codons.
  - C Deze bevat unieke nucleotiden.

Voordat eDNA gebruikt werd, werd de aanwezigheid van een soort met traditionele methoden bepaald. Voorbeelden hiervan zijn het waarnemen van sporen zoals keutels of pootafdrukken, of het vangen met een net of val. In afbeelding 3 wordt de detectiekans met de eDNA-techniek vergeleken met de detectiekans met traditionele methoden.

**afbeelding 3**



Om zeker te weten dat Europese rivierkreeften worden uitgezet in een gebied zonder Amerikaanse rivierkreeften, kan de eDNA-techniek worden ingezet.

- 1p 39 Licht toe aan de hand van afbeelding 3, dat de eDNA-techniek hiervoor geschikter is dan traditionele methoden.

Ook in België worden geïsoleerde populaties Europese rivierkreeften bedreigd door de aanwezigheid van Amerikaanse rivierkreeften. Net zoals in Nederland is gebeurd, worden in België kleine waterecosystemen met elkaar verbonden via nieuw gegraven sloten of door het verleggen van beken.

- 2p 40 Leg uit hoe de aanleg van deze verbindingroutes kan leiden tot het verdwijnen van de Europese rivierkreeft.

## Pandakeutels

Reuzenpanda's zijn het grootste deel van de dag bezig met het eten van bamboe (afbeelding 1). Deze eigenschap bracht wetenschappers op het idee darmbacteriën van reuzenpanda's te gebruiken bij de productie van biobrandstoffen.

afbeelding 1



De reuzenpanda kan leven op een dieet van uitsluitend bamboe dankzij de cellulase die zijn darmbacteriën produceren.

- 2p 41 Leg uit dat reuzenpanda's zonder cellulase niet zouden overleven op een dieet van bamboe.

In tegenstelling tot andere beren houden reuzenpanda's niet van vlees. Het gen dat vlees hartig laat smaken (het T1R1-gen), is bij de reuzenpanda veranderd. Hierdoor heeft vlees voor reuzenpanda's geen aantrekkelijke smaak.

Het T1R1-gen codeert voor een receptor die vlees hartig doet smaken: de umami-receptor.

- 2p 42 Welke beschrijving van de umami-receptor is juist?
- A Het is een eiwit dat wordt uitgescheiden met het speekselvocht.
  - B Het is een eiwit in het celmembraan van smaakzintuigcellen.
  - C Het is een enzym dat genexpressie regelt.
  - D Het is een enzym in het cytoplasma van smaakzintuigcellen.

Bij de reuzenpanda is een mutatie van het T1R1-gen verantwoordelijk voor niet-werkzame umami-receptoren.

- 2p 43 Kan deze mutatie een genoommutatie of een puntmutatie zijn?
- A geen van beide
  - B alleen een puntmutatie
  - C alleen een genoommutatie
  - D zowel een genoommutatie als een puntmutatie

De darmbacteriën van de reuzenpanda staan sterk in de belangstelling van wetenschappers die onderzoek doen naar de productie van tweede-generatie-biobrandstoffen. Tweede-generatie-biobrandstoffen worden verkregen uit plantenresten die overblijven na het oogsten van gewassen.

- 1p 44 Eerste-generatie-biobrandstoffen worden gemaakt uit maïs of suikerriet. Noteer een bezwaar tegen de productie van eerste-generatie-biobrandstoffen dat niet geldt voor tweede-generatie-biobrandstoffen.

De darmbacteriën van de reuzenpanda zijn in staat om heel efficiënt cellulose af te breken tot enkelvoudige suikers. Door genen van deze bacteriën in te bouwen in gistcellen zouden de enzymen die cellulose afbreken, op grote schaal geproduceerd kunnen worden. De gemodificeerde gist wordt dan in een bioreactor vermeerderd en aangezet tot productie van de gewenste enzymen (afbeelding 2).

Deze enzymen worden gebruikt voor de productie van tweede-generatie-biobrandstoffen.

afbeelding 2



- 1p 45 Voor een optimale productie van enzymen door gist moeten de ideale abiotische omstandigheden worden gecreëerd in de bioreactor. Noteer twee abiotische factoren die moeten worden ingesteld.

De tweede-generatie-biobrandstoffen moeten een oplossing bieden voor het versterkt broeikaseffect, dat veroorzaakt wordt door het gebruik van fossiele brandstoffen.

- 2p 46 Waardoor versterkt het gebruik van biobrandstof het broeikaseffect minder dan het gebruik van fossiele brandstof?
- A Bij het gebruik van biobrandstof komen minder vervuilende stoffen in de atmosfeer.
  - B Bij het gebruik van biobrandstof komt de energie niet vrij in de vorm van warmte.
  - C Bij het gebruik van biobrandstof neemt de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer netto minder toe.
  - D Voor het produceren van biobrandstof is geen energie nodig.