

Examen VWO  
**2018**

tijdvak 2  
woensdag 20 juni  
13.30 - 16.30 uur

**biologie**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 38 vragen.  
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.  
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een open vraag een verklaring, uitleg of berekening vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

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

## De lauwbloedige koningsvis

Sommige vissen zijn 'lauwbloedig': ze produceren relatief veel warmte in hun lichaam, waardoor ze warmer zijn dan het koude water waarin ze leven. Welke aanpassingen hebben dergelijke vissen en hoe zijn die in de loop van de evolutie tot stand gekomen? Wetenschappers zoeken naar antwoorden.

De koningsvis (*Lampris guttatus*, afbeelding 1) is zo'n lauwbloedige (endotherme) vis. Amerikaanse visbiologen hebben ontdekt dat koningsvissen hun temperatuur in vrijwel het hele lichaam ongeveer vijf graden hoger kunnen houden dan hun omgeving. De koningsvis komt voor in alle wereldzeeën. Hij wordt tot twee meter lang en 60 kilo zwaar. Hij heeft een afgeplatte vorm en beweegt zich voornamelijk voort door bewegingen van de borstvinnen. De koningsvis ziet er misschien niet echt uit als een predator, maar hij is wel degelijk een succesvol jager.

afbeelding 1



Endothermie komt alleen bij grote vissoorten voor.

- 2p 1 Leg uit dat het voor kleine vissoorten, door hun grotere oppervlakte-inhoud verhouding, ongunstig is om endotherm te zijn.

De koningsvis is extreem gespierd en zijn spieren zijn opvallend donkerrood, door een grote hoeveelheid myoglobine.

- 2p 2 Leg uit hoe de aanwezigheid van myoglobine in de spieren bijdraagt aan het jachtsucces van de koningsvis.

De onderzoekers vingen koningsvissen vanaf een visserij-onderzoeksschip.

Bij 22 vissen werd direct na de vangst de temperatuur gemeten van de borstvinspier en van een aantal andere lichaamsgebieden.

Vier andere gevangen vissen werden uitgerust met meetapparatuur (datarecorders) en daarna weer vrijgelaten. De datarecorders verzamelden gegevens over de temperatuur van de borstvinspier, de zwemdiepte en de watertemperatuur op die diepte.

Enkele resultaten van deze metingen staan in tabel 1.

**tabel 1**

lichaamsgebied	gem. temperatuur (°C) ± standaardafwijking	temperatuurverschil t.o.v. zeewater (°C) ± standaardafwijking	aantal onderzochte vissen
<b>aan dek gemeten koningsvissen</b>			
borstvinspier	13,8 ± 1,5	3,8 ± 0,8	22
hart	13,2 ± 1,7	3,2 ± 0,7	21
schedel	16,1 ± 3,9	6,0 ± 3,0	22
buikholte	13,5 ± 1,6	3,5 ± 1,0	19
<b>vrij zwemmende koningsvissen met datarecorder</b>			
borstvinspier	14,4 ± 0,4	4,8 ± 1,2	4

Volgens de onderzoekers is de samentrekking van de borstvinsspieren de grootste bron van warmteproductie.

In de buikholte wordt veel minder warmte geproduceerd.

- 1p 3 Verklaar waardoor de buikholte toch vrijwel dezelfde temperatuur heeft als de borstvinspier.

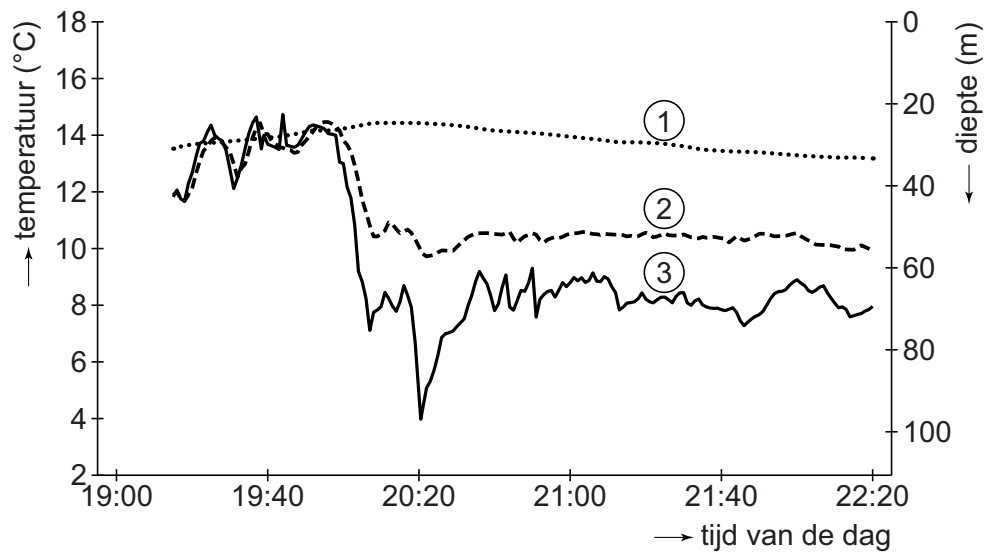
Twee uitspraken over de gegevens in tabel 1 zijn:

- 1 Naast de borstvinspier is er nog een ander gebied waar veel warmte wordt geproduceerd.
- 2 Uit de grote spreiding in de gemeten temperaturen van de schedel blijkt dat deze metingen niet valide zijn.

- 2p 4 Welke van deze uitspraken wordt of worden ondersteund door de gegevens in tabel 1?
- A geen van beide
  - B alleen 1
  - C alleen 2
  - D zowel 1 als 2

In afbeelding 2 staan de resultaten van een meetperiode van ruim drie uur bij één van de vrij zwemmende koningsvissen, uitgerust met een datarecorder.

**afbeelding 2**



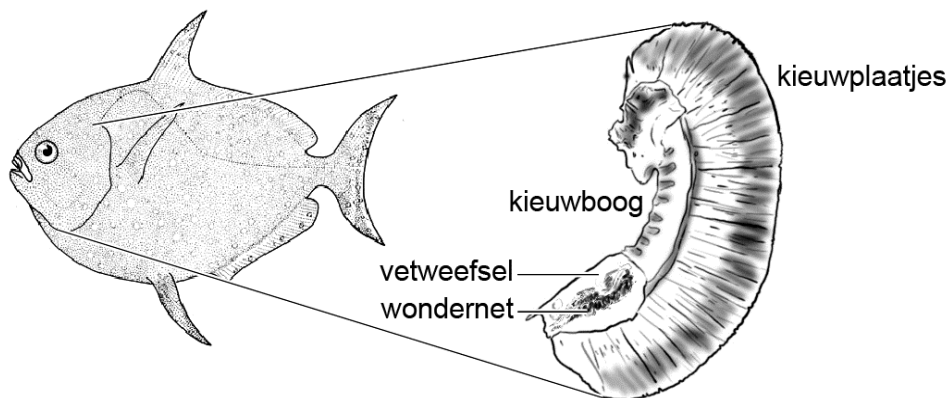
De drie genummerde lijnen in het diagram hebben betrekking op metingen van de zwemdiepte, de watertemperatuur op die diepte en de temperatuur van de borstvin.

- 1p 5 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter welke gemeten grootte (zwemdiepte, watertemperatuur of temperatuur van de borstvin) bij de betreffende lijn hoort.

Net als zeehonden en pinguïns hebben ook koningsvissen een onderhuidse vetlaag om warmteverlies in koud water te reduceren. Vissen hebben echter een enorm 'warmtelek' in de kieuwen, waar het bloed door een haarvatennet in nauw contact komt met het koude water. Zonder aanpassingen zouden endotherme vissen hierdoor het overgrote deel van de geproduceerde warmte verliezen.

Afbeelding 3 toont schematisch de bouw van een kieuw. Achter het kieuwdeksel zitten honderden dunne kieuwplaatjes aan halfronde kieuwbogen van bot. Dwars op elk kieuwplaatje staan weer honderden kleine lamellen met haarvaatjes waarin zuurstof uit het passerende water wordt opgenomen en koolstofdioxide uit het bloed wordt afgegeven.

### afbeelding 3



De onderzoekers vonden bij koningsvissen twee aanpassingen die het warmteverlies in de kieuwen beperken.

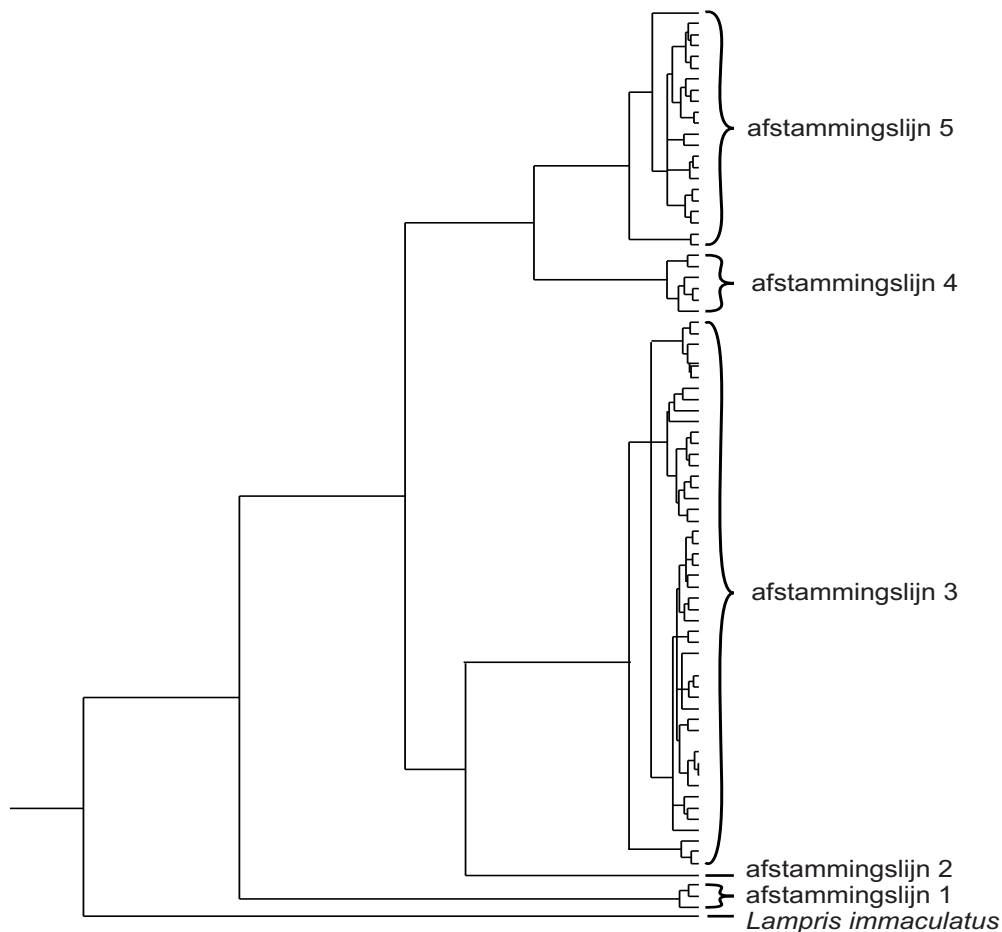
- 1 In de kieuwbogen ligt een 'wondernet': een kluwen van verstrengelde bloedvaatjes waarin het bloed dat naar de kieuwplaatjes gaat steeds vlak naast het bloed stroomt dat vanaf de kieuwplaatjes terug naar het lichaam gaat.
  - 2 Rond de kieuwbogen zit een laagje vetweefsel.
- 3p 6 – Leg uit hoe de tegengestelde stromingsrichtingen van het bloed in de bloedvaatjes van het wondernet het warmteverlies bij de koningsvis beperkt.
- Wat is de toegevoegde waarde van het vetweefsel op die plaats?

Een werknemer van een visgroothandel in Hawaii merkte op dat sommige koningsvissen grotere ogen hadden dan andere. Dat leidde bij geraadpleegde visbiologen tot de hypothese dat de koningsvis niet één soort is. Om dat te onderzoeken sequensten de visbiologen het mtDNA van 480 koningsvissen uit alle wereldzeeën en van de verwante soort *Lampris immaculatus*.

Op grond van variaties in het CO1-gen (dat codeert voor cytochroom c oxidase1) van de verschillende individuen concludeerden de onderzoekers dat er vijf afstammingslijnen zijn van de koningsvis *Lampris guttatus*.

Dit is weergegeven in het cladogram van afbeelding 4.

**afbeelding 4**



Op basis van dit cladogram worden drie beweringen gedaan:

- 1 *Lampris immaculatus* is de gemeenschappelijke voorouder van alle koningsvissen.
- 2 Afstammingslijn 2 is meer verwant met 4 dan met 1.
- 3 Afstammingslijn 3 is meer verwant met 4 dan met 5.

2p 7 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of de betreffende bewering **wel** of **niet** juist is.

Op de website van het tijdschrift *National Geographic* staat een bericht over de warmbloedige koningsvis. Donald reageert daarop: “Ik geloof dit niet! Als deze vis warmbloedig is, is hij dan geëvolueerd uit een zoogdier?”

Op school bespreken leerlingen het idee van Donald.

Drie reacties zijn:

- 1 Als lauwbloedige vissen, net zoals walvissen, uit zoogdieren zouden zijn geëvolueerd, dan zouden ze longen hebben en geen kieuwen.
- 2 Er heeft co-evolutie plaatsgevonden, waardoor zowel de koningsvissen als de zeezoogdieren endotherm werden en hierin op elkaar lijken.
- 3 Koningsvissen zijn de lauwbloedige evolutionaire schakel tussen de koudbloedige vissen en de warmbloedige zoogdieren.

2p **8** Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of de betreffende reactie **wel** of **niet** juist is.

## Nieuwe eilandjes voor de alveesklie

---

Ruth is één van de ruim 10.000 Nederlandse diabetes type 1 patiënten jonger dan 25 jaar. Gelukkig voor Ruth is deze vorm van suikerziekte sinds de ontdekking van insuline niet meer levensbedreigend. In het verleden was het onderzoek gericht op het verbeteren van de kwaliteit van de insuline en de wijze van toediening; de uitdaging is nu om diabetes type 1 te genezen.

Toen Ruth vijf jaar was, kreeg zij de eerste symptomen van diabetes type 1: veel dorst en veel plassen. Meting van de bloedglucosewaarde door de huisarts wees uit dat deze was verhoogd. Ook werd glucose in haar urine aangetoond.

Diabetes type 1 is een auto-immuunziekte. Het immuunsysteem maakt antistoffen tegen de insulineproducerende  $\beta$ -cellen van de eilandjes van Langerhans.

Tijdens de embryonale ontwikkeling wordt het insuline-gen ook in de thymus afgelezen. In de thymuscellen van kinderen met diabetes type 1 blijkt de expressie van het insuline-gen lager te zijn dan bij gezonde kinderen.

2p **9** Leg uit dat een normale productie van insuline in de thymus nodig is om een auto-immuunrespons van T-cellen tegen  $\beta$ -cellen in de alveesklie te voorkomen.

Bij gezonde personen veroorzaakt een tijdelijk hogere glucosewaarde in het bloed via regulatie van de ADH-afgifte een afname van de hoeveelheid geproduceerde urine.

- 2p 10 Neemt de ADH-afgifte door een hogere bloedsuikerspiegel toe of af? Neemt de resorptie van water in de nieren dan toe of af?

ADH-afgifte	Resorptie van water
-------------	---------------------

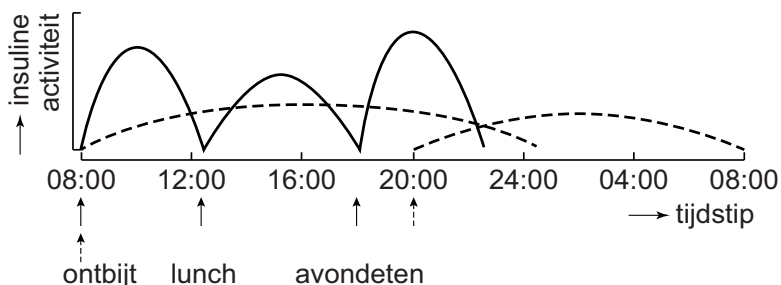
- |   |           |           |
|---|-----------|-----------|
| A | neemt af  | neemt af  |
| B | neemt af  | neemt toe |
| C | neemt toe | neemt af  |
| D | neemt toe | neemt toe |

Als de diabetes van Ruth niet wordt behandeld zal zij, ondanks het hoge glucosegehalte in haar bloed, gewicht verliezen.

- 2p 11 Leg uit waardoor Ruth gewicht zal verliezen als ze geen insuline gebruikt.

Een hoge glucosewaarde in het bloed (hyperglycemie) is ongezond doordat kleine bloedvaatjes beschadigd worden. Ruth leerde daarom al op jonge leeftijd om vlak voor elke maaltijd een hoeveelheid snelwerkende insuline te injecteren. Daarnaast diende zij zichzelf tweemaal per dag een langzamer werkende insuline toe (afbeelding 1).

afbeelding 1



Legenda:

- ↑ injectie met snelwerkende insuline
- ↑ injectie met langzaamwerkende insuline

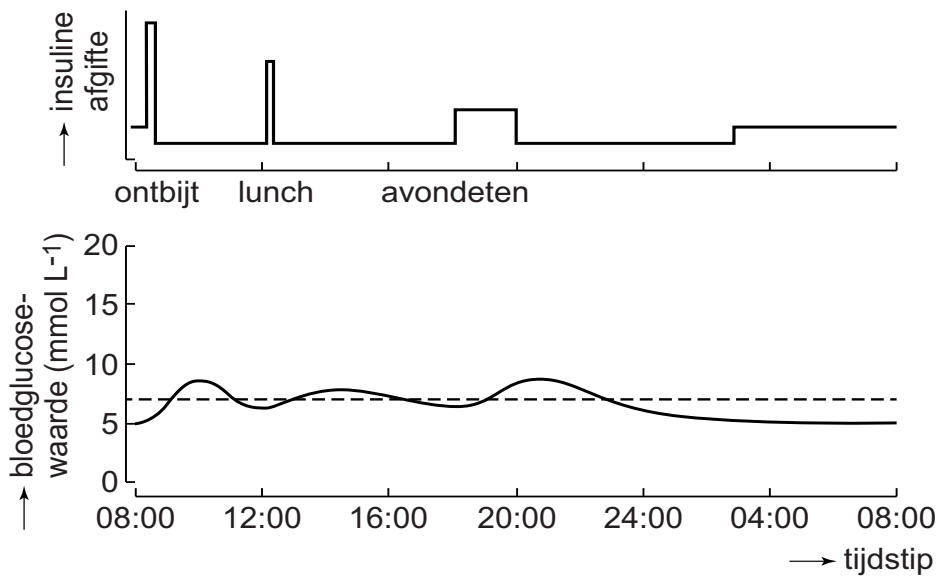
Ook bij patiënten zoals Ruth die zich goed aan dit schema houden, komt het voor dat de bloedglucosewaarden ernstig schommelen. Zoals een lage bloedglucosewaarde (hypoglycemie) in de nacht en het 'dageraadfenomeen': een stijging van de bloedglucosewaarde in de vroege ochtend, vóór het ontbijt.



- 2p 12 Hoe is het 'dageraadfenomeen' bij diabetespatiënten het beste te verklaren?
- A Doordat er minder insuline in het bloed is, neemt de aerobe dissimilatie af.
  - B Doordat er minder insuline in het bloed is, slaat de lever minder glucose op.
  - C Doordat het glucosegehalte is gedaald, maakt de alveesklieer glucagon aan.
  - D Tijdens de slaap wordt minder glucose verbruikt dan overdag.

Sinds haar 14e gebruikt Ruth een insulinepompje (afbeelding 2). Het pompje is geprogrammeerd om via een klein naaldje in de buik voortdurend insuline af te geven. Wanneer Ruth eet, berekent het pompje op basis van de koolhydraathoeveelheid die zij invoert, hoeveel insuline er dan extra nodig is (de maaltijdbolus). De insulinetoediening door het pompje en het effect daarvan op bloedglucosewaarden gedurende een etmaal zijn vereenvoudigd weergegeven in de diagrammen van afbeelding 2.

**afbeelding 2**



Op basis van de gegevens over het gebruik van een insulinepompje worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 De bloedglucosewaarden kunnen bij gebruik van een insulinepompje nooit hoger worden dan 10 mmol per liter.
- 2 De hoeveelheid insuline die het pompje bij het avondeten afgeeft is ongeveer de helft van de hoeveelheid bij de lunch.
- 3 Gebruik van het insulinepompje voorkomt het dageraadfenomeen.

- 2p 13 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of de betreffende bewering **wel** of **niet** juist is.

Er is goede hoop op een doorbraak waardoor Ruth genezen kan worden. Onderzoekers van de universiteiten van Leiden, Maastricht, Utrecht en Eindhoven werken samen aan een onder de huid implanteerbare capsule, een soort theezakje van een gelatineachtige stof, waarin zich insuline producerende  $\beta$ -cellen bevinden. De cellen komen niet van een donor, maar zijn gevormd uit lichaamseigen stamcellen van de patiënt. De capsule voorkomt het optreden van een auto-immuunrespons tegen deze  $\beta$ -cellen.

Voor het succes van deze behandeling is het noodzakelijk dat de capsule die de  $\beta$ -cellen omhult, aan bepaalde eisen voldoet. Zo mogen de poriën erin niet te groot, maar ook niet te klein zijn, zodat bepaalde stoffen wél naar buiten en bepaalde andere stoffen niét naar binnen kunnen.

- 2p 14 – Welke stof is bepalend voor de minimale grootte van de poriën in de gelcapsule?  
– En welk type stoffen bepaalt de maximale grootte van de poriën?

Ook mag de gellaag die de  $\beta$ -cellen omhult niet te dik zijn. De diffusieafstand mag het goed functioneren van de  $\beta$ -cellen niet hinderen.

- 2p 15 Leg uit dat voor het goed functioneren van de  $\beta$ -cellen de diffusiesnelheid door de gellaag voor glucose zo hoog mogelijk moet zijn.

## Een bijzondere band tussen grootvader en kleinkind

---

Duizenden grootvaders liepen rond met onbegrepen neurologische klachten totdat de Amerikaanse kinderarts Randi Hagerman een verband legde tussen de klachten van de grootvaders en de verstandelijke beperking van hun kleinkinderen.

De grootvaders waren tot middelbare leeftijd gezond, maar vanaf hun 50ste levensjaar kregen zij geleidelijk meer last van bevingen, motorische problemen en achteruitgang van verstandelijke vermogens. Deze aandoening heet nu het fragiele X-gerelateerde ataxie syndroom (FXTAS). De aandoening van hun zwakbegaafde kleinkinderen wordt het fragiele X-syndroom (FXS) genoemd.

De namen verwijzen naar de 'fragiele' plaats op het X-chromosoom die ontstaat door een mutatie in het FMR1-gen, namelijk de toename van het aantal CGG-herhalingen (repeats) aan het begin van het gen. Deze plaats is tijdens een mitose onder een gewone microscoop als een dun stukje van het chromosoom zichtbaar.

Mutaties waarbij ergens in een gen een aantal extra repeats ontstaat, komen regelmatig voor. Mutaties waardoor het aantal trinucleotide-repeats (herhalingen van drie nucleotiden) verandert, zijn vaak minder ingrijpend dan die van het aantal dinucleotide-repeats (herhalingen van twee nucleotiden).

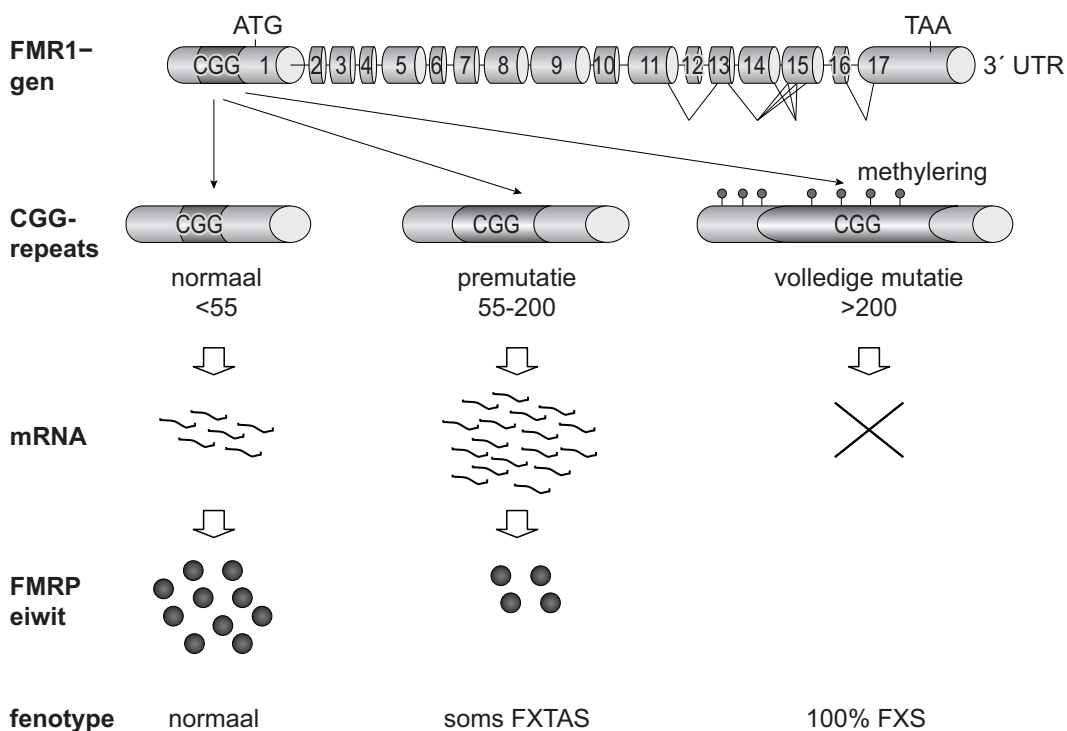
2p 16 Leg uit waardoor een verandering van het aantal dinucleotide-repeats op moleculair niveau grote gevolgen kan hebben.

Direct achter de promotor van het FMR1-gen liggen bij gezonde personen 6 tot 54 CGG-repeats. De volledige mutatie, met meer dan 200 CGG-repeats, leidt tot methylering en heeft FXS tot gevolg. Bij de premutatie, die kan leiden tot symptomen van FXTAS, ligt het aantal repeats tussen de 55 en 200.

Opvallend is dat als gevolg van de premutatie ongewoon veel mRNA gevormd wordt, wat soms leidt tot ophoping van RNA-eiwitcomplexen, waardoor dit RNA nauwelijks getransleerd wordt.

In afbeelding 1 is een indeling van deze mutaties in het FMR1-gen en hun gevolgen in zenuwcellen weergegeven.

**afbeelding 1**



1p 17 Waardoor wordt bij een volledige mutatie het eiwit FMRP niet gevormd?

De ophoping van RNA-eiwitcomplexen in zenuwcellen van iemand met de premutatie heeft een toxisch effect op deze cellen.

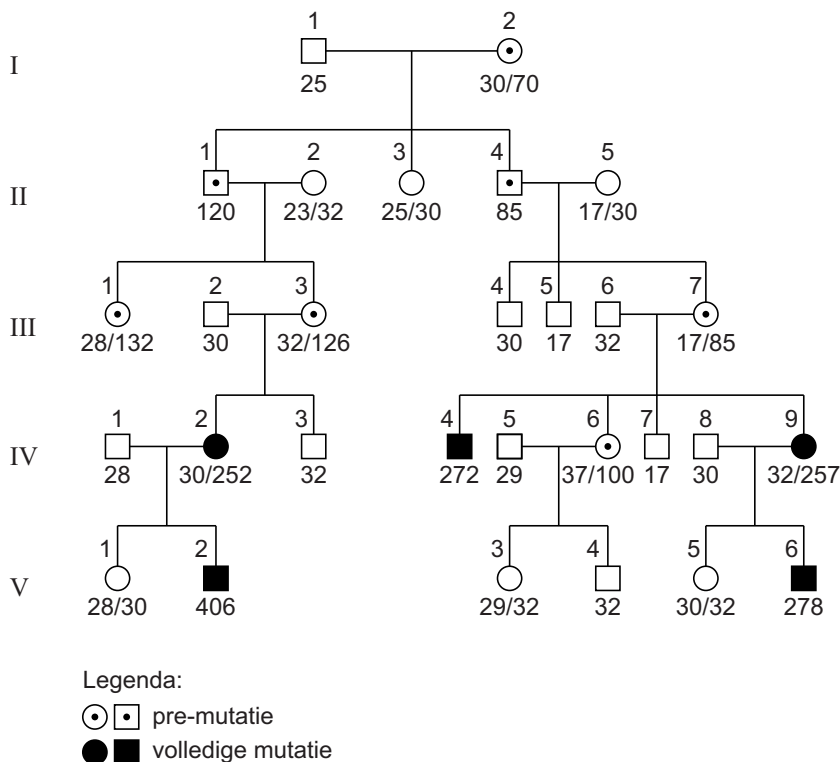
- 1p 18 Verklaar dat de uitval van zenuwcellen in de kleine hersenen kan leiden tot een deel van de symptomen van FXTAS.

Hoewel de premutatie recessief is, kunnen vrouwen met een heterozygoot genotype toch symptomen van FXTAS krijgen. Dit hangt samen met het feit dat bij hen in elke cel willekeurig één van de twee X-chromosomen geïnactiveerd is.

- 2p 19 Leg uit dat hierdoor de ernst van FXTAS bij vrouwen met één gemuteerd X-chromosoom onderling kan variëren.

In afbeelding 2 is een stamboom weergegeven van een familie waarin de aandoeningen FXS en FXTAS voorkomen. De getallen onder de symbolen van de familieleden geven het aantal CGG-repeats in het FMR1-gen op de X-chromosomen aan.

**afbeelding 2**



Als het aantal CGG-repeats groter is dan 55, is het aantal dat aan de volgende generatie wordt doorgegeven vaak niet stabiel. Er kan dan zowel afname als toename van het aantal repeats plaatsvinden.

Uit de stamboom (afbeelding 2) is af te leiden dat de premutatie in één generatie kan leiden tot een volledige mutatie in de daaropvolgende generatie.

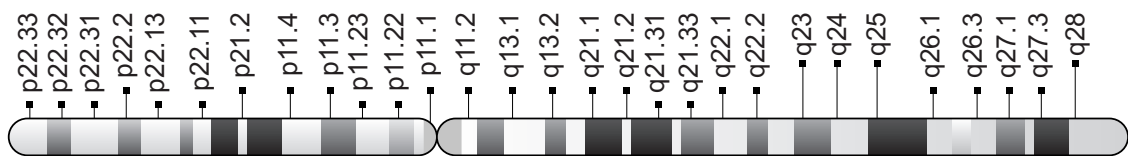
- 2p 20 Tijdens welk proces of welke processen heeft deze verandering van premutatie naar mutatie in deze familie plaatsgevonden?
- A alleen tijdens de vorming van eicellen
  - B alleen tijdens de vorming van zaadcellen
  - C tijdens de vorming van eicellen en tijdens de vorming van zaadcellen

De diagnose FXTAS bij grootvaders is aan het licht gekomen door de verstandelijke beperking van hun kleinkinderen met FXS.

- 3p 21 Beschrijf aan de hand van gegevens in de stamboom (afbeelding 2) hoe de premutatie van een bepaalde grootvader stapsgewijs heeft geleid tot een volledige mutatie bij een bepaald kleinkind.

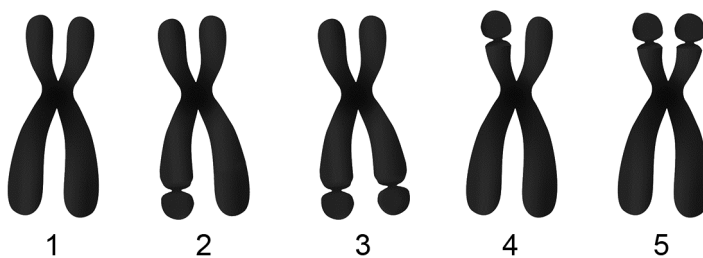
De locus van het FMR1-gen is Xq27.3 (q-arm van het X-chromosoom, positie 27.3). In afbeelding 3 is het X-chromosoom met verschillende loci afgebeeld.

### afbeelding 3



In afbeelding 4 zijn X-chromosomen getekend die onder een gewone lichtmicroscop te zien kunnen zijn. De fragiele plek is in een chromosoom met een volledige FMR1-mutatie als een insnoering zichtbaar.

### afbeelding 4



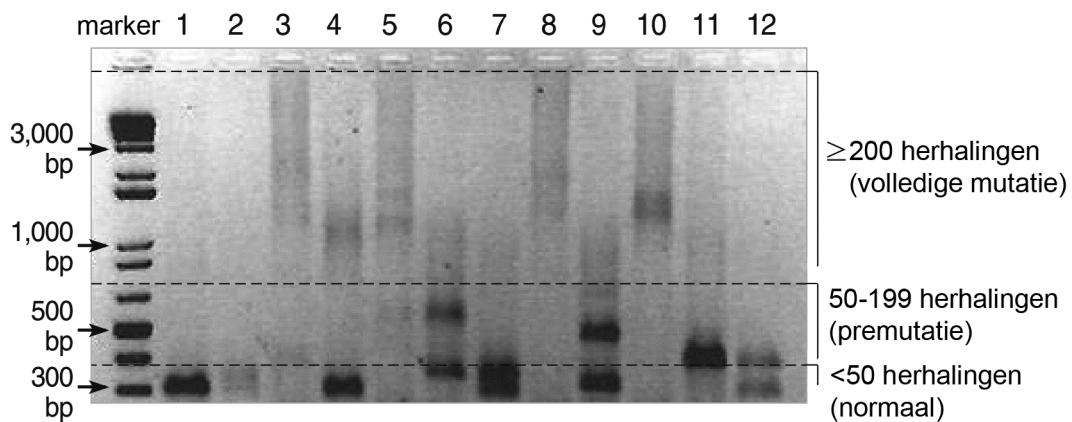
- 2p 22 Noteer de nummers van de X-chromosomen die te zien zijn in een karyogram van persoon IV-9 uit de familiestamboom in afbeelding 2.

Ongeveer 30% van de mannen is drager van FXTAS. Om dit aan te tonen is het aantal CGG-repeats in het FMR1-gen bepaald. Onderdeel van deze FXTAS-test is de PCR-techniek.

- 2p 23 Waarop berust het principe van de PCR-techniek?
- A bepalen van de genexpressie
  - B hybridiseren van RNA
  - C op grootte scheiden van DNA-fragmenten
  - D repliceren van DNA-fragmenten

In afbeelding 5 is het resultaat van een FXTAS-test van twaalf mannen en vrouwen afgebeeld. Van elke persoon zijn stukjes DNA met het FMR1-gen gesorteerd op lengte. Bij een volledige methylering zijn geen bandjes zichtbaar, maar verschijnt er een diffuse streep.

### afbeelding 5



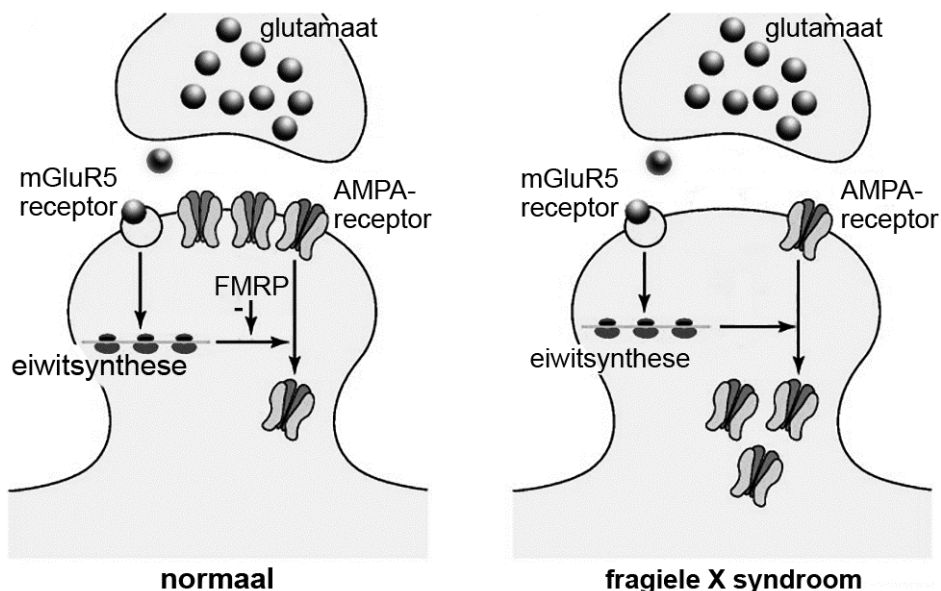
- 2p 24 Wie van deze personen is een man die FXTAS zou kunnen krijgen ?
- A persoon 6
  - B persoon 7
  - C persoon 9
  - D persoon 11

Uit onderzoek bleek dat bij knock-out-muizen die het eiwit FMRP niet maken, de ontwikkeling van de hersenschors in de embryonale fase wordt vertraagd. Na de geboorte leidt het ontbreken van FMRP tot veranderingen in synapsen in de hersenen waardoor leer- en geheugenproblemen ontstaan.

Normaliter worden tijdens het leren de contacten tussen zenuwcellen in de hersenen sterker door de vermeerdering van receptoren voor neurotransmitters in het celmembraan. Zo leidt stimulering van bepaalde glutamaatreceptoren (mGluR5) tot de synthese van eiwitten die de hoeveelheid van andere glutamaatreceptoren (AMPA) van zenuwcellen in het celmembraan beïnvloeden.

In afbeelding 6 is links een normaal functionerende synaps in de hersenen weergegeven, rechts een synaps van iemand met FXS.

**afbeelding 6**



- 2p 25 Leg uit aan de hand van de gegevens in afbeelding 6 waardoor bij personen met FXS de synaps verzwakt raakt.

Onderzoekers hopen een medicijn te vinden dat de symptomen van FXS kan verminderen.

- 2p 26 Leg uit hoe gebruik van muizen met een knock-out-gen voor dit onderzoek nuttig kan zijn.

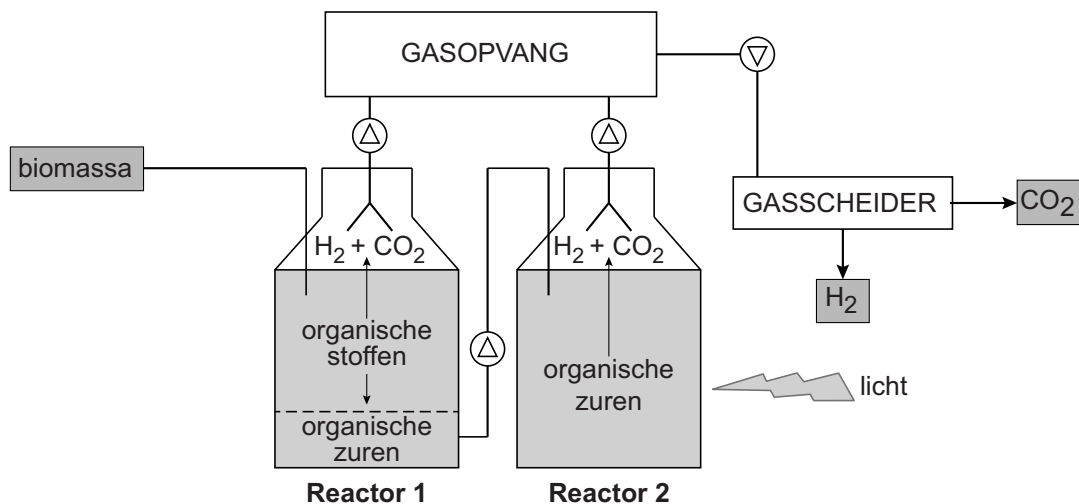
## Biologische productie van waterstofgas

Vanwege de opwarming van de aarde wordt naarstig gezocht naar alternatieven voor fossiele brandstoffen. Waterstofgas ( $H_2$ ) is zo'n alternatief, want bij de verbranding van  $H_2$  komt uitsluitend water vrij. De industriële productie van dit gas is echter nog verre van  $CO_2$ -neutraal.

Door de inzet van  $H_2$ -producerende bacteriën is het in de toekomst misschien wel mogelijk om op een milieuvriendelijke wijze waterstofgas te produceren. Een opstelling hiervoor met twee reactoren wordt getest door procestechnologen.

In de eerste reactor zetten bacteriën organische stoffen (bijvoorbeeld uit aardappelschillen) om in organische zuren,  $H_2$  en  $CO_2$ . In een tweede reactor worden de organische zuren onder invloed van licht door andere bacteriën omgezet in nog meer  $H_2$  en  $CO_2$ . Een schematische weergave van deze opstelling is te zien in afbeelding 1.

**afbeelding 1**



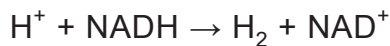


Doel van het testprogramma is het optimaliseren van het proces, onder andere door een geschikte vorm van biomassa te vinden. Zo is er geëxperimenteerd met aardappelschillen, een restproduct van de industriële verwerking van aardappelen tot frites.

Dit restproduct bevat verschillende typen polysachariden.

- 1p 27 Noteer de namen van twee typen polysachariden in dit restproduct.

Een ander onderdeel van het testprogramma is het selecteren van geschikte micro-organismen. Voor reactor 1 lijkt de anaerobe thermofiele *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* een geschikte kandidaat. Deze bacterie bevat het enzym hydrogenase dat in reactor 1 de onderstaande reactie versnelt:



- 1p 28 Wat is het belang van de vorming van  $\text{NAD}^+$  voor *C. saccharolyticus*?

Bacteriën kunnen chemo-autotroof, chemo-heterotroof, foto-autotroof of foto-heterotroof zijn.

Door de aanwezigheid van organische zuren in reactor 2 wordt er in de daar aanwezige purperbacteriën geen  $\text{CO}_2$  verbruikt.

- 2p 29 Welke leefwijze hebben de purperbacteriën in reactor 2?

- A chemo-autotroof
- B chemo-heterotroof
- C foto-autotroof
- D foto-heterotroof

In beide reactoren van de proefopstelling (afbeelding 1) komt  $\text{CO}_2$  vrij.

- 1p 30 Verklaar dat de processen die in reactor 1 en 2 plaatsvinden  $\text{CO}_2$ -neutraal genoemd kunnen worden.

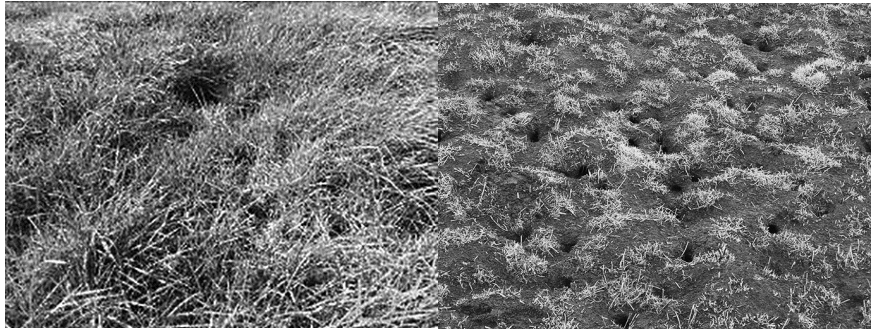
## Wat te doen aan de muizenplagen?

In 2014 en 2015 was er in Friesland veel schade door grote aantallen veldmuizen (afbeelding 1). Graslanden die er in augustus nog goed uitzagen, waren in maart kaal en vol met muizengangen (afbeelding 2). In opdracht van verschillende organisaties, zoals het Wetterskip Fryslân, onderzochten ecologen hoe de veldmuizenpopulaties te beheersen zijn.

afbeelding 1



afbeelding 2



Veldmuizen (*Microtus arvalis*) leven bij voorkeur in graslanden, wegbermen, slootkanten en dijken, waar ze eten van de grassen en kruiden. Ze graven meterslange gangenstelsels in de grond, met diepliggende nesten en voorraadkamers.

De populatiegrootte varieert gedurende het jaar.

Omdat de meeste veldmuizen de winter niet overleven zijn de aantallen in het voorjaar relatief klein. In de zomer, wanneer de omstandigheden gunstiger zijn en het gras hard groeit, neemt de populatie snel toe. Als dan in het najaar ook de nieuwe generaties veldmuizen aan de voortplanting deelnemen, kan de toename enorm zijn. Soms komen er zo veel veldmuizen dat ze zich ook vestigen in landbouwpercelen, waar ze eten van de gewassen die er groeien.

Er is een grens aan het aantal individuen van een soort dat zich in een bepaald gebied langdurig kan handhaven.

1p 31 Welke vakterm gebruiken ecologen hiervoor?

Tijdens het hoogtepunt van de plaag hebben boeren geprobeerd de veldmuizen te verdrijven door het land tijdelijk onder water te zetten. Het zou echter beter zijn om de veldmuizen te bestrijden voordat er overlast en schade is.

Veronderstel dat in een bepaald gebied begin mei 10 veldmuizen leven en dat dit aantal zal stijgen tot 6000 individuen begin november.

Zou in dit gebied al in een vroeg stadium worden ingegrepen, dan kan dit het aantal individuen in november aanzienlijk beperken. Een mogelijkheid is om al begin juli het land enkele dagen onder water te zetten, waardoor de populatie halveert.

In de uitwerkbijlage is een assenstelsel getekend. Om een beeld te geven van het verschil tussen wel en niet ingrijpen, kan in dit assenstelsel het verloop van de aantallen veldmuizen in de twee beschreven situaties vergeleken worden.

- 2p **32**
- Schets in de uitwerkbijlage het verloop van het aantal veldmuizen wanneer er niet ingegrepen wordt,
  - en schets het verloop als er wél ingegrepen wordt door het enkele dagen onder water zetten van het land begin juli.

Het is de vraag of bestrijding door het onder water zetten van het land op het hoogtepunt van de plaag beter is dan de plaag op zijn beloop laten en de winter afwachten.

- 2p **33**
- Verklaar dat afwachten wel eens een goede oplossing zou kunnen zijn,
  - en verklaar dat door het land onder water te zetten op het hoogtepunt van de plaag, de plaag het volgende jaar juist erger zou kunnen worden.

Boeren kunnen de veldmuizenpopulatie ook terugdringen met muizengif zoals bromadiolon, een vitamine-K-antagonist.

Vitamine K is nodig voor de vorming van trombine in het bloed.

- 2p **34**
- Waarom sterven muizen na het eten van bromadiolonkorrels?  
Ze sterven aan
- A** de gevolgen van trombose doordat er minder fibrine gevormd wordt.
  - B** de gevolgen van trombose doordat er minder fibrinogeen gevormd wordt.
  - C** inwendige bloedingen doordat er minder fibrine gevormd kan worden.
  - D** inwendige bloedingen doordat er minder fibrinogeen gevormd kan worden.

In een gebied met grote aantallen muizen komen meer stikstofverbindingen in het oppervlaktewater terecht. In sommige gebieden met muizenschade was de concentratie stikstof in de sloten met 70% toegenomen. Er worden drie uitspraken gedaan om dit te verklaren:

- 1 Veldmuizen bevorderen door hun gegrAAF de ammonificatie en nitrificatie;
- 2 Veldmuizen verspreiden poep en urine met daarin stikstofverbindingen;
- 3 Veldmuizen tasten het gras aan waardoor het minder nitraat opneemt.

2p 35

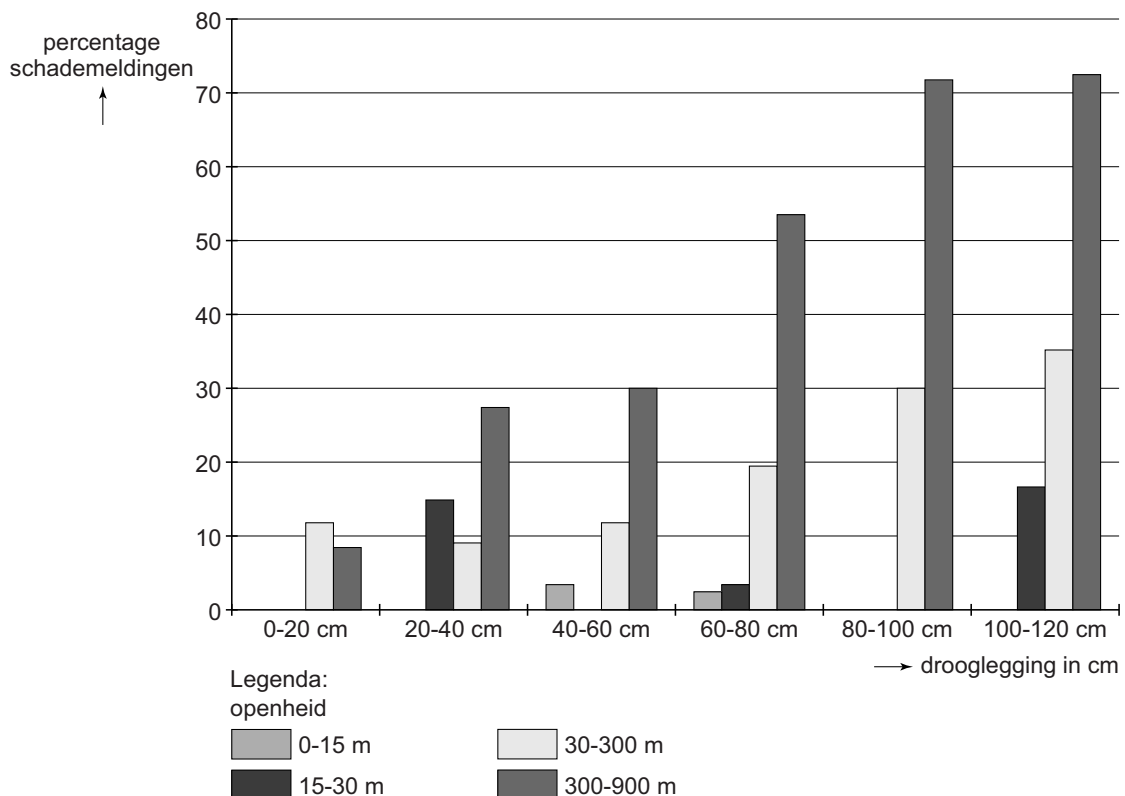
Welke van deze uitspraken geeft of geven een juiste verklaring? Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of de betreffende verklaring **wel** of **niet** juist kan zijn.

In het onderzoek naar het ontstaan van veldmuizenplagen is bepaald wat de invloed is van de openheid van het landschap (hoe ver je kunt kijken zonder dat er struiken en bomen in het zicht staan) en de drooglegging (verlaging van het grondwaterpeil ten opzichte van het maaiveld).

Deze variabelen staan in een database met landschapsgegevens. In deze database is heel Nederland opgedeeld in zeshoeken met een grootte van 1 km<sup>2</sup>. Van alle zeshoeken met dezelfde openheids- en droogleggingsklasse is bepaald in hoeveel procent hiervan melding was gemaakt van muizenschade.

Het resultaat is weergegeven in het diagram van afbeelding 3.

**afbeelding 3**



Twee beweringen naar aanleiding van dit onderzoek zijn:

- 1 De drooglegging is als factor belangrijker voor het ontstaan van schade door veldmuizen dan de openheid van het grasland.
- 2 Schade in een klein en door struiken en bomen beschermt grasland wordt eerder opgemerkt dan schade in een weids grasland.

- 2p **36** Welke bewering wordt of welke beweringen worden ondersteund door de gegevens in het diagram van afbeelding 3?
- A geen van beide
  - B alleen 1
  - C alleen 2
  - D zowel 1 als 2

Ecologen onderscheiden twee typen predatoren:

- 1 Specialisten, zoals de wezel, die slechts op een of enkele prooi-soorten prederen;
- 2 Generalisten, zoals de vos, die allerlei prooi-soorten eten en makkelijk overschakelen.

Veldmuizen worden gegeten door zowel specialisten als generalisten.

In Nederland en Duitsland komen muizenplagen vooral voor in grote uitgestrekte graslanden. Een ingrijpende ecologische maatregel om deze plagen te voorkomen, is het omvormen van deze graslanden tot een heterogeen landschap bestaande uit kleinere graslanden afgewisseld met akkerbouwland, heggetjes en bosjes.

- 2p **37**
- Verklaar welk type predator hierdoor wordt aangetrokken.
  - Waardoor is juist dit type predator in staat veldmuizenplagen te voorkomen?

Een melkveehouder in Friesland wil zijn percelen grasland enkele keren maaien om het gras als hooi op te slaan voor de winter. Maatregelen die ecologen voorstellen tegen een veldmuizenplaag zijn onder andere:

- 1 Nestkasten plaatsen, zodat roofvogels aangetrokken worden;
- 2 Bodembewerking, zoals het machinaal omploegen van het grasland.

- 2p **38**
- Licht toe dat hij maatregel 1 alleen preventief (ter voorkoming van een veldmuizenplaag) kan toepassen.
  - Licht toe dat hij maatregel 2 alleen curatief (ter bestrijding van een veldmuizenplaag) zal toepassen.

---

#### Bronvermelding

*Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.*