

Examen VWO

**2026**

tijdvak 1  
vrijdag 22 mei  
13.30 - 16.30 uur

**biologie**

Gebruik zo nodig het informatieboek Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 41 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 65 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.*

## Bloedplaatjes belaagd

Toen Rosie werd geboren, viel het de verloskundige op dat ze rode en paarse vlekjes had over haar hele lichaam.

In het ziekenhuis werd de samenstelling van Rosies bloed bekeken. Het bleek dat ze een vorm van trombocytopenie heeft, een tekort aan bloedplaatjes. De paarse vlekjes bij Rosie zijn kleine bloedingen in de huid (bloeduitstortinkjes).



Bloedplaatjes zorgen voor de instandhouding van de cell junctions: de verbindingen tussen de endotheelcellen (dekwefselcellen) van de bloedvaten.

- 2p 1 Leg uit – aan de hand van dit gegeven – hoe de bloeduitstortinkjes in Rosies huid ontstaan.

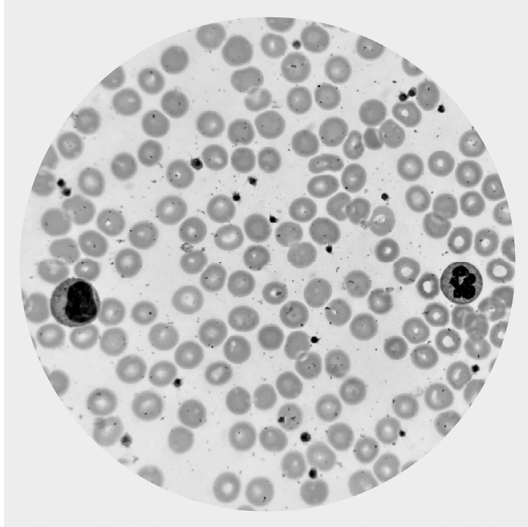
Bloedplaatjes ontstaan in het rode beenmerg. Bij de differentiatie van megakaryoblasten ontstaan grote cellen die uiteindelijk uiteenvallen in kleine blaasjes zonder celkern: de bloedplaatjes. De rijping van de megakaryoblasten wordt gestimuleerd door het signaaleiwit TPO. Een terugkoppelingsmechanisme met het aantal bloedplaatjes zorgt ervoor dat in een gezonde situatie de concentratie bloedplaatjes in het bloed stabiel blijft.

- 2p 2 Neemt door een toename van het aantal bloedplaatjes de TPO-concentratie af of toe? En is deze regulatie van de concentratie bloedplaatjes een voorbeeld van negatieve terugkoppeling of van positieve terugkoppeling?

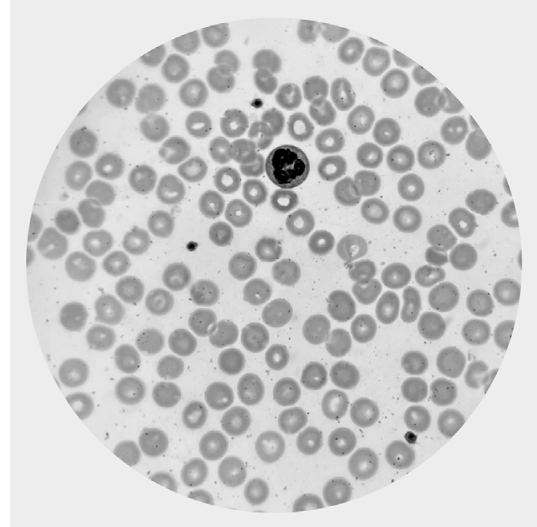
	<u>TPO-concentratie</u>	<u>terugkoppeling</u>
A	neemt af	negatief
B	neemt af	positief
C	neemt toe	negatief
D	neemt toe	positief

Om de trombocytopenie bij Rosie vast te stellen, is het aantal bloedplaatjes in het bloed bepaald. Door toevoeging van een kleurstof aan een microscopisch preparaat van bloed, worden bloedplaatjes zichtbaar als donkere vlekken.

In de afbeelding zijn een microscopisch preparaat van normaal bloed en een microscopisch preparaat van het bloed van Rosie weergegeven.



normaal bloed



bloed Rosie

- 2p 3 Hoeveel bloedplaatjes zijn ongeveer aanwezig in een  $\text{mm}^3$  bloed van Rosie? Gebruik je informatieboek.
- A 3
  - B 30
  - C 300
  - D 3.000
  - E 30.000

Door het tekort aan bloedplaatjes treedt bij Rosie tijdens een bloeding verminderde bloedstolling op. Interne bloedingen zouden daardoor ernstige gevolgen hebben voor Rosie.

Hieronder staan enkele stoffen die betrokken zijn bij bloedstolling.

- 1 protrombine
- 2 trombine
- 3 fibrinogeen
- 4 fibrine

Bij Rosie zal de concentratie van een aantal van deze stoffen lager zijn dan bij een gezonde persoon.

- 2p 4 Noteer de nummers van die stoffen.

Nadat andere oorzaken werden uitgesloten, vermoedden de artsen dat bij Rosie sprake was van een afweerreactie tegen de antigenen op haar bloedplaatjes. Deze antigenen worden HPA's (human platelet antigens) genoemd.

Elk bloedplaatje heeft een aantal verschillende HPA's. Van de genen die coderen voor deze HPA's, komen alle aanwezige allelen tot expressie. In tabel 1 zie je gegevens van twee van deze genen.

**tabel 1**

gen	chromosoom-nummer	allel	antigeen	allelfrequentie in Noordwest-Europa
HPA1-gen	17	1a	HPA-1a	0,84
		1b	HPA-1b	0,16
HPA5-gen	5	5a	HPA-5a	0,92
		5b	HPA-5b	0,08

- 1p **5** Waarvan is sprake bij het HPA1-gen en het HPA5-gen op basis van de informatie?
- A van co-dominante overerving
  - B van gekoppelde overerving
  - C van intermediaire overerving
  - D van multi-pele allelen

HPA-1a en HPA-1b bestaan beide uit 762 aminozuren. Het verschil tussen HPA-1a en HPA-1b is slechts één aminozuur: op positie 33 is bij HPA-1a leucine ingebouwd; bij HPA-1b proline. Dit is het gevolg van een puntmutatie in het HPA1-gen.

Hieronder staan uitspraken over de mutatie.

- 1 De mutatie kan een insertie zijn.
- 2 De mutatie bevindt zich in een intron.
- 3 De mutatie betreft de derde base in het coderende triplet.

- 2p **6** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar. Noteer erachter of de bijbehorende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Als de antigenen op de bloedplaatjes van het kind verschillen van die van de moeder, en er – bijvoorbeeld tijdens de bevalling – bloedplaatjes van het kind in het bloed van de moeder terechtkomen, ontstaat er bij de moeder een afweerreactie waarbij antistoffen worden gevormd. Hierdoor kan trombocytopenie optreden bij een volgend kind.

- 1p **7** Verklaar waardoor bloedplaatjes van de foetus normaal gesproken **niet** terecht kunnen komen in het bloed van de moeder.

HPA-1a komt ook tot expressie in endotheelcellen van het placenta-weefsel van de foetus. Hierdoor komt trombocytopenie soms al tijdens de eerste zwangerschap voor.

Als het immuunsysteem van de moeder geactiveerd wordt, zijn daarbij een antigeen, antigeen-presenterende cellen (APC's) en T-helpercellen betrokken.

- 2p 8 Schrijf antigeen, APC's en T-helpercellen onder elkaar. Noteer erachter of deze dan van de **foetus** of van de **moeder** afkomstig zijn.

Om het tekort aan bloedplaatjes op te vangen, kreeg Rosie een infuus met bloedplaatjes. Omdat nog niet bekend was welke antistoffen bij Rosie aanwezig waren, werd gekozen voor bloedplaatjes zonder HPA-1a. De kans is namelijk het grootst dat de trombocytopenie wordt veroorzaakt door antistoffen tegen HPA-1a.

- 2p 9 Hoeveel procent van de Noordwest-Europese populatie heeft bloedplaatjes zonder HPA-1a? Neem aan dat de wet van Hardy-Weinberg geldt.
- A 2,6%
  - B 4,0%
  - C 16%
  - D 27%
  - E 71%
  - F 84%

Uit het bloedonderzoek bleek dat Rosies bloed antistoffen bevat tegen HPA-1a en tegen HPA-5b. Ook werd haar genotype en dat van haar ouders bepaald. Rosie bleek een ander genotype voor HPA-1 en HPA-5 te hebben dan haar moeder. Daaruit concludeerden de artsen dat de trombocytopenie bij Rosie werd veroorzaakt door antistoffen die ze van haar moeder had gekregen tijdens de zwangerschap.

De afweerreactie die door de antistoffen wordt veroorzaakt in het lichaam van Rosie wordt allo-immuniteit genoemd.

- 2p 10 Is de allo-immuniteit bij Rosie een vorm van actieve immuniteit of van passieve immuniteit? En welk type antistof tegen HPA-1a en HPA-5b wordt bij haar aangetroffen?

	<u>immuniteit</u>	<u>type antistof</u>
A	actief	IgE
B	actief	IgG
C	passief	IgE
D	passief	IgG

Rosies vader heeft genotype 1a1b 5a5b. Met de informatie in het kader boven vraag 10 zijn ook de genotypen van Rosie en van Rosies moeder af te leiden voor de genen die coderen voor HPA-1 en HPA-5.

- 2p 11 Schrijf Rosie en moeder onder elkaar. Noteer het genotype van de betreffende persoon erachter. Gebruik de notatie uit tabel 1.

## Synthetische biologie: ombouwen van *E. coli*

Biologen hebben onderzocht welke stappen nodig zijn om een heterotrofe bacterie om te bouwen tot een chemo-autotrofe bacterie.

De biologen gebruikten voor hun onderzoek de darmbacterie *Escherichia coli*. Het genoom van deze bacterie is bekend, en de bacterie is snel en eenvoudig te kweken. *E. coli* is heterotroof en kan zowel aerobe als anaerobe dissimilatie uitvoeren.

In de darmen van mensen bevordert *E. coli* de vertering en produceert B-vitamines en vitamine K. Sommige varianten van de bacterie zijn voor mensen ziekmakend.

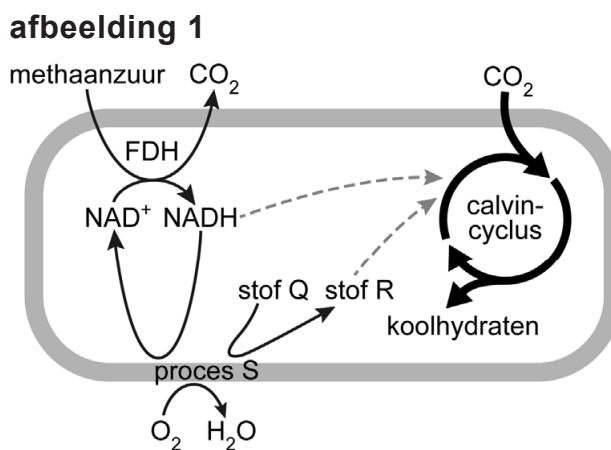
Uit de tekst blijkt dat er sprake is van symbiose tussen de verschillende *E. coli*-varianten en de mens:

- 1 tussen de mens en niet-ziekmakende varianten;
- 2 tussen de mens en ziekmakende varianten.

2p 12 Schrijf de nummers 1 en 2 onder elkaar. Noteer erachter welke vorm van symbiose het meest passend is bij de bijbehorende relatie.

Om *E. coli* autotroof te maken, brachten de biologen genen in die coderen voor enkele enzymen van de calvincyclus. Deze genen zijn afkomstig van de bacterie *Pseudomonas*. Ook werd een gen ingebracht dat codeert voor het enzym FDH. Door dit enzym kan de stof methaanzuur dienen als donor van energierijke elektronen.

In afbeelding 1 zijn de stofwisselingsprocessen in de autotrofe *E. coli*-bacterie weergegeven zoals de onderzoekers die ontworpen hadden. In het kweekmedium zijn methaanzuur en zuurstof voldoende aanwezig.



In afbeelding 1 staan de stoffen Q en R, en het proces S dat op de celmembran plaatsvindt.

2p 13 Schrijf de letters Q, R en S onder elkaar. Noteer de naam van de bijbehorende stoffen achter Q en R, en de naam van het bijbehorende proces achter S.

De aanpassingen die de biologen deden aan *E. coli* zijn een voorbeeld van genetische modificatie.

1p 14 Is de gemodificeerde *E. coli* **cisgeen** of **transgeen**? Licht je antwoord toe.

Bij de gemodificeerde *E. coli* is methaanzuur de donor van elektronen voor het verloop van de calvincyclus.

1p 15 Wat is de elektronendonor bij foto-autotrofe organismen?

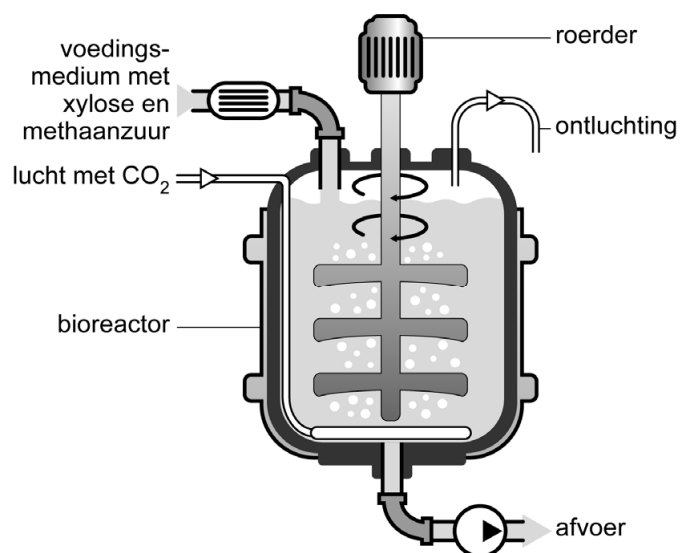
- A licht
- B H<sub>2</sub>O
- C O<sub>2</sub>

De volgende stap was het stimuleren van de autotrofe levenswijze van *E. coli*. Dit kan worden bereikt door ervoor te zorgen dat *E. coli* geen glucose meer kan gebruiken voor de productie van ATP. De biologen schakelden daartoe drie genen uit die coderen voor enzymen die betrokken zijn bij de glycolyse. Vervolgens werd deze gemodificeerde *E. coli* gekweekt in een bioreactor (afbeelding 2) waaraan continu een voedingsmedium werd toegevoegd. Dit bevatte onder andere methaanzuur en de monosacharide xylose.

Xylose was nodig om ervoor te zorgen dat de bacteriën niet meteen zouden sterven aan energiegebrek. *E. coli* kan xylose namelijk omzetten in pyrodruivenzuur zonder daarbij gebruik te maken van de glycolyse. Tijdens de kweekperiode werd de hoeveelheid xylose in het voedingsmedium geleidelijk afgebouwd naar nul.

Vanaf de bodem van de reactor werd lucht met CO<sub>2</sub> toegevoegd.

afbeelding 2



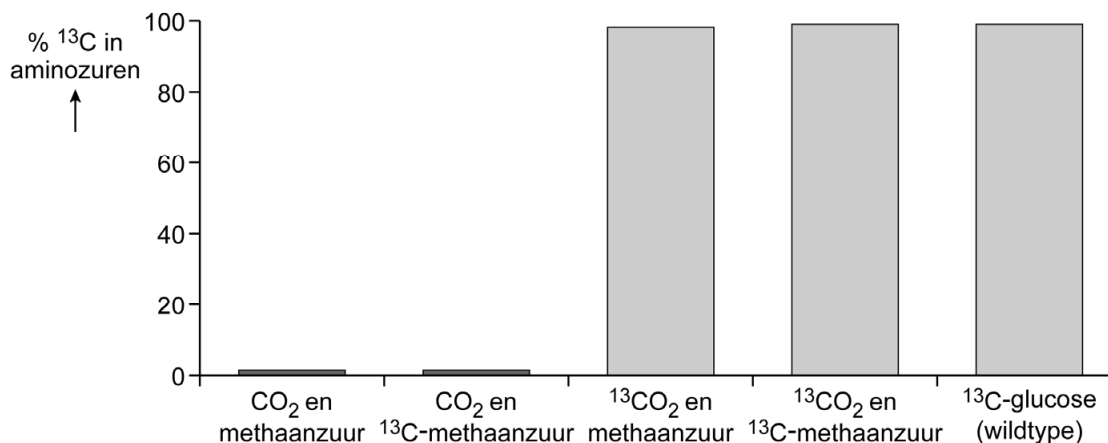
De *E. coli*-bacteriën waarmee werd gestart, hadden nog veel stofwisselingsprocessen die passen bij een heterotrofe levenswijze. Na 300 dagen waren de bacteriën in de bioreactor echter volledig autotroof.

2p 16 Leg uit hoe de *E. coli*-bacteriën in de bioreactor konden evolueren tot volledig autotrofe bacteriën. Benoem ook de selectiedruk die hierbij een rol speelde.

De biologen wilden weten of de gemodificeerde *E. coli*-bacteriën aan het einde van de kweekperiode alleen CO<sub>2</sub> gebruikten als koolstofbron. Om dat te onderzoeken, gebruikten ze koolstofverbindingen die gelabeld waren met de koolstofisotoop <sup>13</sup>C.

Ze maakten vier groepen die ze gelabeld of ongelabeld CO<sub>2</sub>, en gelabeld of ongelabeld methaanzuur gaven. Als positieve controle was er een vijfde groep met normale (wildtype) *E. coli*-bacteriën die gelabelde glucose kregen. De vijf groepen bacteriën werden in aparte proefopstellingen gedurende tien generaties verder gekweekt. Na afloop werd het aandeel <sup>13</sup>C in de aminozuren gemeten. De resultaten van deze proeven zijn weergegeven in afbeelding 3.

**afbeelding 3**



*E. coli* maakt aminozuren van glucose en anorganische stoffen uit het voedingsmedium. De positieve controle met wildtype *E. coli* laat zien dat de <sup>13</sup>C uit de glucose inderdaad terecht komt in aminozuren.

- 2p 17 – Noteer de naam van het proces waarbij aminozuren geproduceerd worden van glucose en anorganische stoffen.
- Geef een voorbeeld van een anorganische verbinding die aan het voedingsmedium moet worden toegevoegd om dit proces mogelijk te maken.
- 2p 18 Licht toe aan de hand van afbeelding 3 dat de gemodificeerde bacteriën niet of nauwelijks methaanzuur, maar wel CO<sub>2</sub> gebruiken voor de productie van aminozuren.

De biologen maten bij gebruik van CO<sub>2</sub> en <sup>13</sup>C-methaanzuur aanvankelijk een hoger percentage <sup>13</sup>C in aminozuren. De waarde die je ziet in afbeelding 3 is hiervoor gecorrigeerd.

- 1p 19 Verklaar aan de hand van afbeelding 1 dat bij gebruik van CO<sub>2</sub> en <sup>13</sup>C-methaanzuur toch <sup>13</sup>C in aminozuren terecht kan komen.

## Imker door bijensteken naar de eerste hulp

Imker Bert werd bij de spoedeisende hulp van een ziekenhuis binnengebracht nadat hij meerdere keren was gestoken door zijn bijen. Dit veroorzaakte een allergische reactie waardoor zijn hele gezicht opzwol.



De allergische reactie bij Bert was het gevolg van het binden van antigenen uit het bijengif aan bepaalde witte bloedcellen, waardoor de mediator histamine vrijkomt.

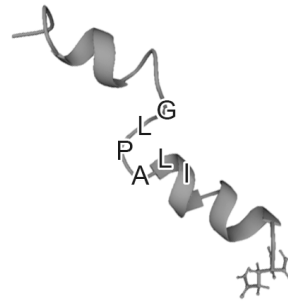
- 2p **20** De zwellingen in Berts gezicht zijn het gevolg van oedeemvorming. Leg uit hoe een allergische reactie oedeem veroorzaakt. Gebruik je informatieboek.
- 1p **21** Bert was al enkele keren eerder door zijn bijen gestoken, maar toen was er geen sprake van een allergische reactie. Verklaar waardoor er bij de eerste steek geen allergische reactie op bijengif kan ontstaan.
- 2p **22** Na een bijensteek kan de bloeddruk zo ver dalen dat er geen polsslag te voelen is. In de ambulance werden Berts hartslag en bloeddruk gemeten. Zijn bloeddruk was heel laag. Welke verandering in de slagader van de pols is normaal voelbaar als de polsslag? En welke druk heerst op dat moment in die slagader?
- | <u>polsslag voelbaar door</u>      | <u>bloeddruk</u>  |
|------------------------------------|-------------------|
| A samentrekken van de slagaderwand | diastolische druk |
| B samentrekken van de slagaderwand | systolische druk  |
| C uitrekken van de slagaderwand    | diastolische druk |
| D uitrekken van de slagaderwand    | systolische druk  |

De pijn van een bijensteek wordt veroorzaakt door mellitine, het hoofdbestanddeel van bijengif.

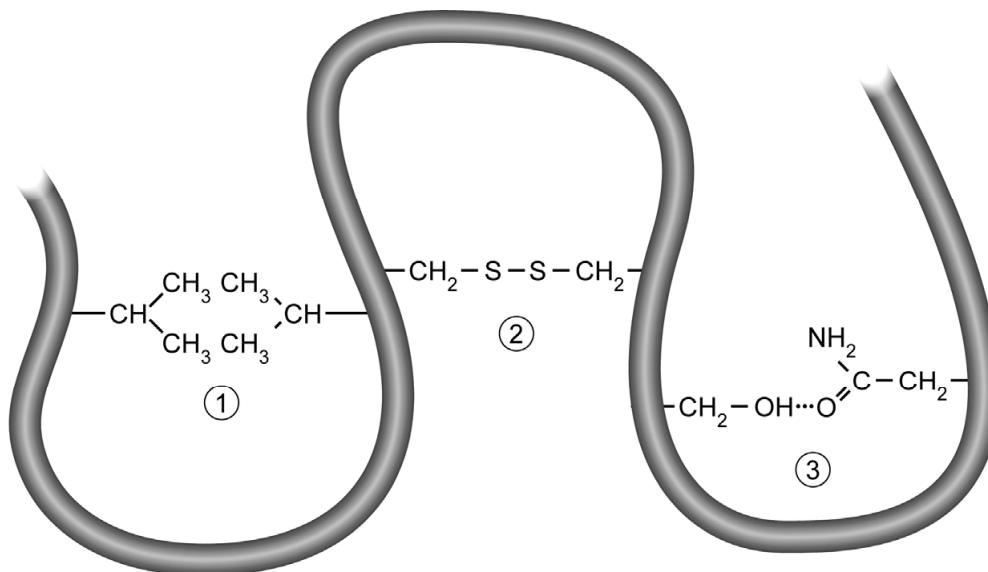
Mellitine is opgebouwd uit 26 aminozuren. De aminozuurvolgorde van mellitine is:

GIGAVLKVLTTGLPALISWIKRKRQQ

Hiernaast zie je de ruimtelijke structuur van dit eiwit. Daarin zijn zes aminozuren met hun letters aangegeven.



In de volgende afbeelding zie je hoe de tertiaire structuur van eiwitten wordt gevormd door hydrofobe interacties (1), door zwavelbruggen (2) en door waterstofbruggen (3).



Uit de primaire structuur van mellitine is af te leiden dat een van deze interacties **geen** rol speelt bij de vorming van de tertiaire structuur.

- 1p 23 Noteer welk type interactie **niet** aanwezig is bij mellitine. Verklaar je antwoord.

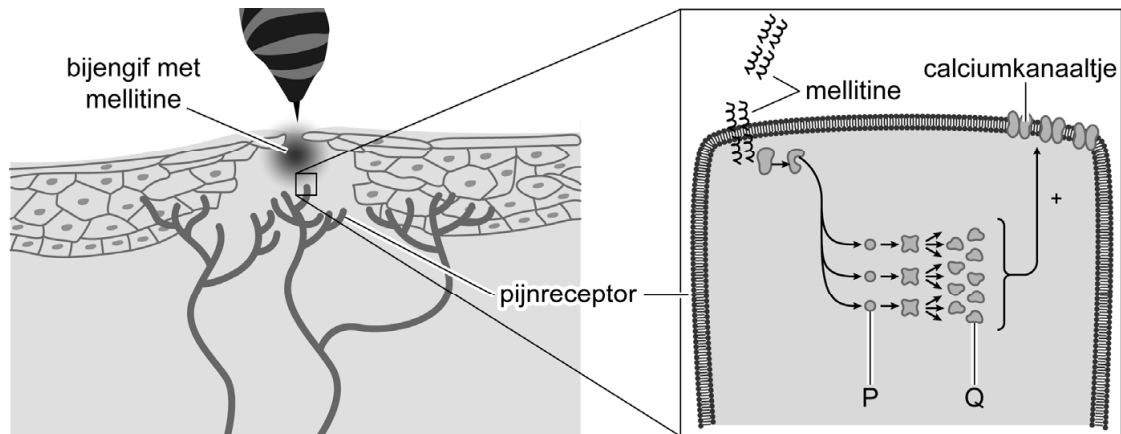
Het middelste deel van het eiwit (met de sequentie GLPALI) bestaat uit aminozuren met apolaire restgroepen.

Mellitine komt terecht in de celmembraan. Een deel van het eiwit bevindt zich dan binnen de cel, en een ander deel steekt uit buiten de cel.

- 1p 24 Verklaar deze positie aan de hand van het apolaire deel van het eiwit.

Nadat mellitine is opgenomen in de celmembraan van een pijnreceptor, opent die – via een aantal stappen – de calciumkanaaltjes. De diffusie van  $\text{Ca}^{2+}$  door calciumkanaaltjes leidt bij pijnreceptoren tot het ontstaan van een impuls.

De onderstaande afbeelding toont hoe na binding van mellitine het signaal wordt doorgegeven zodat de calciumkanaaltjes opengaan.



De stoffen P en Q in de afbeelding vervullen een bepaalde functie in de signaaloverdracht.

- 1p 25 Wat is de biologische term voor stoffen met deze functie?
- A enhancers
  - B cascades
  - C receptoren
  - D second messengers

De diffusie van  $\text{Ca}^{2+}$  door de calciumkanaaltjes leidt tot een verandering van de membraanpotentiaal.

- 2p 26 Welke verandering van de membraanpotentiaal kan leiden tot een impuls? En is dit het gevolg van een  $\text{Ca}^{2+}$ -instroom of van een  $\text{Ca}^{2+}$ -uitstroom?

kan leiden tot impuls	gevolg van
A depolarisatie	$\text{Ca}^{2+}$ -instroom
B depolarisatie	$\text{Ca}^{2+}$ -uitstroom
C hyperpolarisatie	$\text{Ca}^{2+}$ -instroom
D hyperpolarisatie	$\text{Ca}^{2+}$ -uitstroom

De arts schrijft een adrenalinepen voor. Als Bert dan nog eens gestoken wordt, kan hij zichzelf daarmee meteen adrenaline toedienen zodat er geen levensbedreigende verlaging van de bloeddruk kan optreden. Hieronder staan enkele effecten van adrenaline.

- 1 samentrekking van glad spierweefsel in de slagadertjes
- 2 toename van de doorbloeding van skeletspieren
- 3 toename van de hartslagfrequentie
- 4 verwijding van de bronchiën

- 2p 27 Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar. Noteer erachter of het bijbehorende effect **wel** of **geen** toename van de bloeddruk zal veroorzaken.

## CRISPR in de strijd tegen overgewicht

Obesitas (een ernstige vorm van overgewicht) is een aandoening die kan leiden tot hart- en vaatziekten en diabetes type 2. Wetenschappers hebben onderzocht of de CRISPR-techniek kan worden gebruikt om diabetes type 2 tegen te gaan. Met deze techniek veranderden ze menselijke witte vetcellen in beige vetcellen.

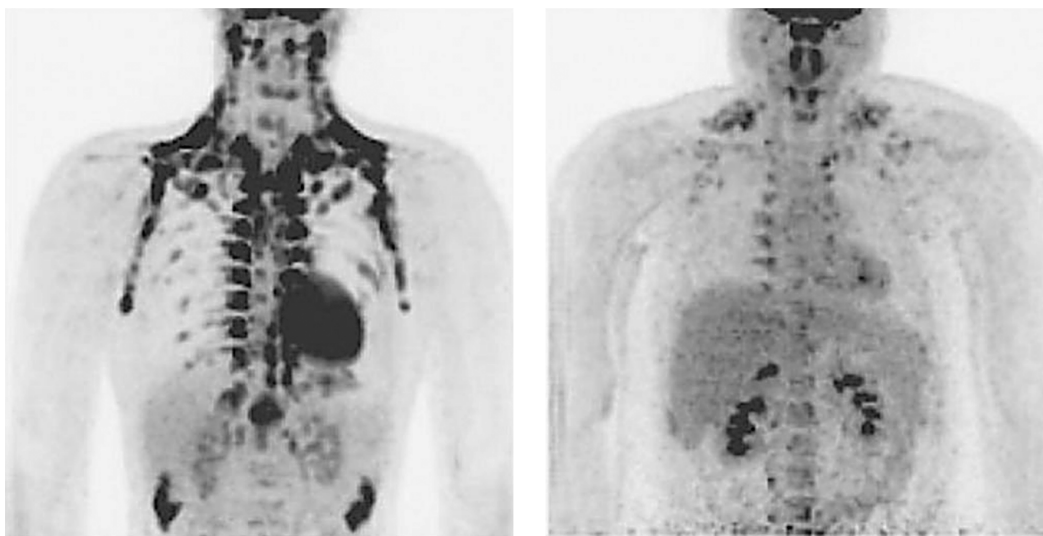
In het menselijk lichaam komen drie typen vetcellen voor:

- 1 Witte vetcellen: deze slaan vet op als reservestof voor ATP-productie.
- 2 Bruine vetcellen: deze slaan vet op voor warmteproductie. Bij blootstelling aan kou wordt het vet verbrand om warmte te produceren. Bruine vetcellen zijn geclusterd aanwezig tussen de schouderbladen, rond het hart en langs de grote bloedvaten.
- 3 Beige vetcellen: deze vetcellen hebben dezelfde functie als bruine vetcellen, maar zijn verspreid aanwezig in andere weefsels (zoals in spierweefsel). Deze vetcellen waren oorspronkelijk witte vetcellen die door een toename van het aantal mitochondriën lichtbruin zijn geworden.

- 1p 28 Verklaar op organisme-niveau dat het functioneel is dat bruin vetweefsel zich rond het hart en de grote bloedvaten bevindt.

Bij obese mensen is bruin vetweefsel niet tot nauwelijks aanwezig. In afbeelding 1 is de activiteit van bruin vetweefsel zichtbaar gemaakt bij twee proefpersonen, nadat zij twee uur lang zijn blootgesteld aan kou. In de linker foto is bij een slanke persoon de aanwezigheid van bruin vetweefsel goed zichtbaar. De rechter foto is van een obese persoon.

**afbeelding 1**



Obesitas zou een oorzaak, maar ook een gevolg kunnen zijn van de afwezigheid van bruin vetweefsel bij obese mensen.

- 2p 29 – Verklaar hoe obesitas zou kunnen bijdragen aan de afwezigheid van bruin vetweefsel.
- Verklaar hoe de afwezigheid van bruin vetweefsel zou kunnen bijdragen aan het ontstaan van obesitas.

In bruine en beige vetcellen komt het UCP1-gen tot expressie. Het UCP1-eiwit (uncoupling protein 1) komt terecht in de mitochondriën. Tijdens de oxidatieve fosforylering kunnen H<sup>+</sup>-ionen dan via het UCP1-eiwit terug naar de matrix diffunderen, waardoor er geen ATP maar alleen warmte wordt geproduceerd.

- 1p 30 Verklaar op moleculair niveau dat bruine en beige vetcellen bij de oxidatieve fosforylering **geen** ATP produceren.

Het UCP1-gen bevindt zich op chromosoom 4. Na de translatie komt het eiwit in ongevouwen toestand terecht in het grondplasma. Daar wordt het herkend door speciale eiwitten op de mitochondriën. Deze eiwitten brengen het daarna in de mitochondriën, en plaatsen het met de juiste vouwing in de binnenmembraan.

- 2p 31 Vindt translatie van UCP1-RNA plaats aan ribosomen op het ER of aan vrije ribosomen? En is de UCP1-polypeptideketen in het golgi-systeem geweest?

	<u>translatie aan</u>	<u>in het golgi-systeem geweest?</u>
A	ribosomen op het ER	ja
B	ribosomen op het ER	nee
C	vrije ribosomen	ja
D	vrije ribosomen	nee

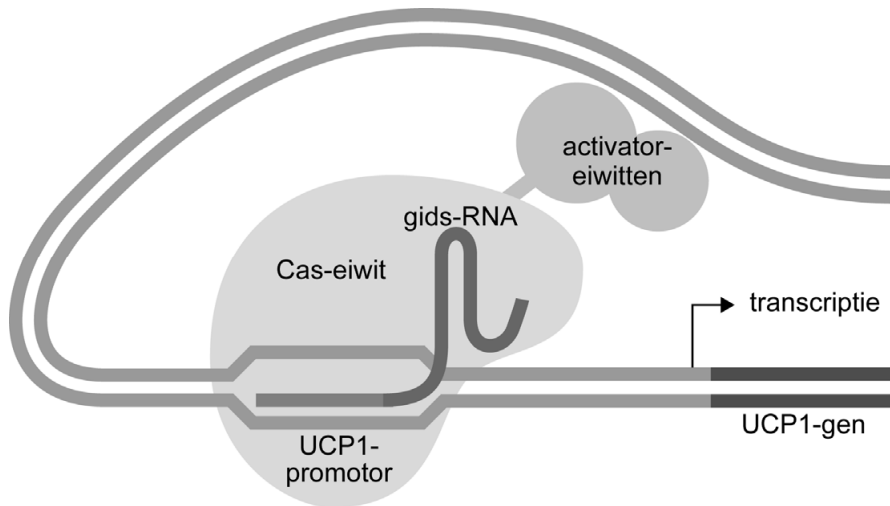
Als obese mensen meer bruin of beige vetweefsel zouden hebben, zou dat misschien kunnen helpen tegen overgewicht. Onderzoekers zijn erin geslaagd om in het laboratorium menselijke witte vetcellen te veranderen in beige vetcellen. Ze gebruikten hiervoor een variant van de CRISPR-techniek, waarmee ze in witte vetcellen het UCP1-gen tot expressie kunnen brengen. De witte vetcellen worden op deze manier veranderd in beige vetcellen.

De onderzoekers brachten met een virus een stuk DNA in het genoom van witte vetcellen. Dit DNA bevat:

- de genetische code voor een speciaal Cas-eiwit met activator-eiwitten (transcriptiefactoren);
- de genetische code voor het RNA dat aan de promotor van het UCP1-gen kan hechten (gids-RNA).

Wanneer het Cas-eiwit met de activator-eiwitten en het gids-RNA door een cel zijn gemaakt, schakelen deze moleculen het UCP1-gen aan. Hierdoor gaat een witte vetcel het UCP1-eiwit produceren (afbeelding 2).

## afbeelding 2



- 1p 32 Verklar wat de rol is van de activator-eiwitten bij het tot expressie komen van het UCP1-gen in een beige vetcel.

Het effect van de beige vetcellen werd getest in muizen die al twaalf weken lang een vetrijk dieet hadden gekregen en inmiddels obees waren geworden. Deze muizen werden in drie groepen verdeeld en kregen verschillende menselijke cellen getransplanteerd tussen de schouderbladen:

- groep 1: witte vetcellen;
- groep 2: beige vetcellen (met CRISPR gemaakt);
- groep 3: bruine vetcellen.

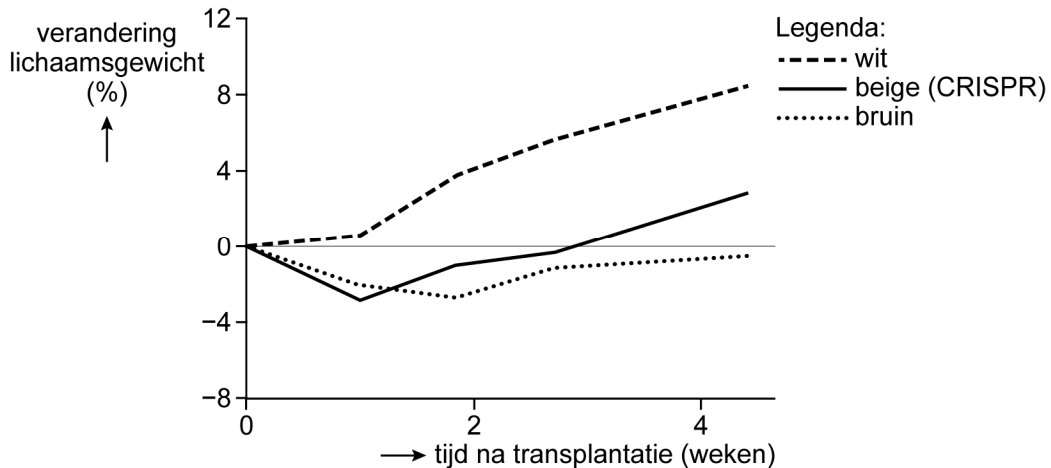
Gedurende vier weken werd het lichaamsgewicht bepaald. De muizen werden gehouden bij kamertemperatuur en hielden al die tijd hun vetrijke dieet.

De muizen die voor dit onderzoek zijn gebruikt, hebben een uitgeschakeld immuunsysteem: ze zijn immunodeficiënt.

- 1p 33 Licht toe dat het voor het onderzoek van belang is dat de muizen immunodeficiënt zijn.

De verandering in lichaamsgewicht van de drie groepen is weergegeven in afbeelding 3.

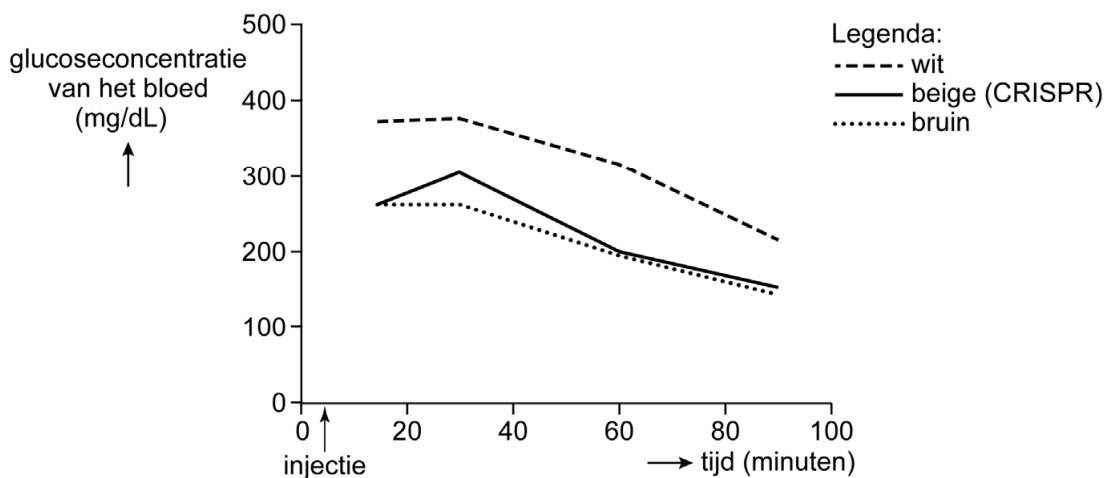
### afbeelding 3



- 1p 34 Beschrijf op basis van afbeelding 3 waaruit blijkt dat deze CRISPR-techniek mogelijk succesvol gebruikt kan worden voor de behandeling van obesitas.
- 1p 35 Draagt het toevoegen van de derde groep (met bruine vetcellen) bij aan de **betrouwbaarheid** of aan de **validiteit** van het onderzoek? Licht je antwoord toe.

Obesitas kan leiden tot ongevoeligheid voor insuline (diabetes type 2). Bij de muizen in het experiment werd na vier weken een glucosetolerantietest uitgevoerd. De muizen kregen zes uur lang geen eten en kregen daarna een injectie met een standaardhoeveelheid glucose. Tot 90 minuten na de injectie werd het verloop van de glucoseconcentratie van het bloed gemeten (afbeelding 4). Ook werd de concentratie insuline bepaald. Hierin was geen verschil tussen de drie groepen.

### afbeelding 4



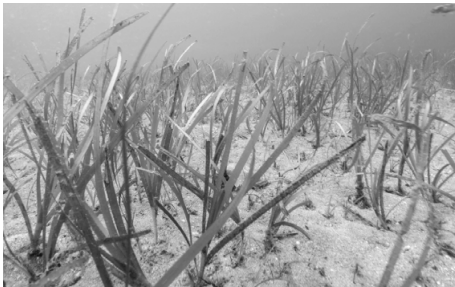
- 2p 36 Licht toe – aan de hand van afbeelding 4 – dat de beschreven CRISPR-techniek het ontstaan van diabetes type 2 in de muizen heeft tegengegaan.

## Zetmeelmatten voor de kust

Wereldwijd worden kust-ecosystemen aangetast door klimaatverandering en andere menselijke invloeden. Wetenschappers van de Rijksuniversiteit Groningen doen onderzoek naar de effectiviteit van het gebruik van zetmeelmatten bij het herstel van deze ecosystemen.

Kust-ecosystemen zijn belangrijk als kraamkamer voor mariene organismen en voor kustbescherming en recreatie. Veel kust-ecosystemen worden gevormd door 'biobouwers' (ecosystem engineers). Dit zijn soorten die het milieu waarin zij voorkomen in sterke mate positief beïnvloeden. Voorbeelden zijn zeegrassoorten (*Zostera* sp., afbeelding 1) die uitgestrekte velden vormen op ondiepe plekken langs de kust, en slijkgrassoorten (*Sporobolus* sp., afbeelding 2) die alleen bij hoogwater onder water staan.

**afbeelding 1**



**afbeelding 2**



Zeegras- en slijkgrasvelden zijn een belangrijk onderdeel van kust-ecosystemen. Deze velden remmen de waterstroming, waardoor zand en slib kunnen bezinken. Hun wortelstelsels stabiliseren het sediment, waardoor ook andere planten zich kunnen vestigen. Hierdoor neemt de biodiversiteit toe.

Klimaatverandering heeft verschillende gevolgen die een negatieve invloed hebben op biobouwers zoals zeegras en slijkgras. Hierdoor worden kust-ecosystemen aangetast.

- 1p **37** Noteer zo'n voorbeeld van een gevolg van klimaatverandering en licht toe hoe dit biobouwers zoals zeegras en slijkgras negatief kan beïnvloeden.

De netto primaire productie (NPP) in kust-ecosystemen is hoger dan die van een gelijke oppervlakte midden op de oceaan. Dat komt doordat in kust-ecosystemen veel meer fotosynthese plaatsvindt.

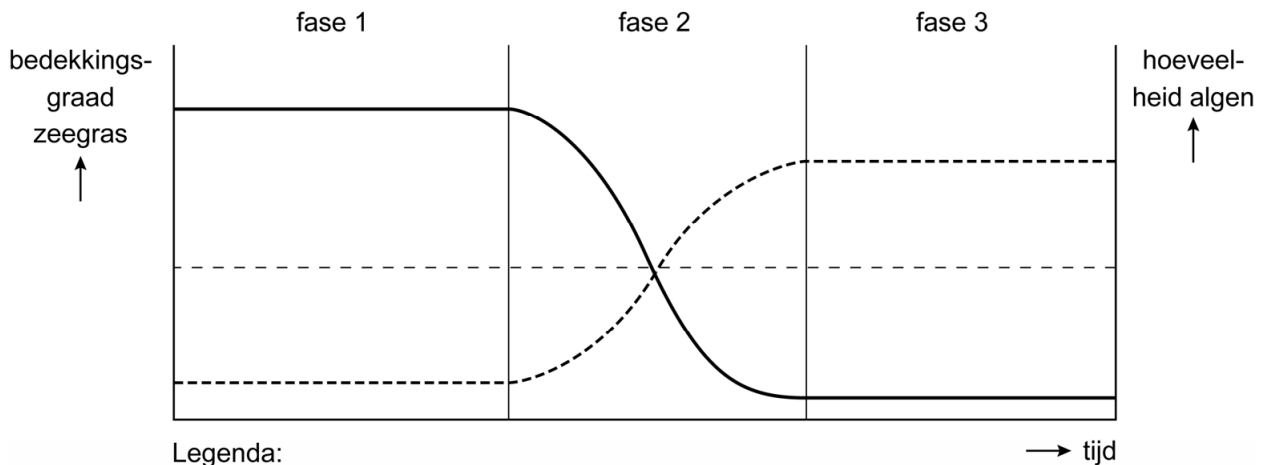
Hieronder staan uitspraken over kust-ecosystemen.

- 1 Kust-ecosystemen dragen meer bij aan de opname van koolstof in organische stoffen dan een gelijke oppervlakte midden op de oceaan.
- 2 De BPP van kust-ecosystemen is hoger dan die van de open oceaan.
- 3 De aanwezigheid van biobouwers vergroot het aantal niches in een kust-ecosysteem.

- 2p **38** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar. Noteer erachter of de bijbehorende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Aantasting van zeegrasvelden kan ertoe leiden dat het ecosysteem compleet verandert. In afbeelding 3 is deze verandering weergegeven. Als een zeegrasveld (fase 1) wordt aangetast, kan dit leiden tot een omslagpunt (fase 2). Hierdoor raakt het ecosysteem blijvend veranderd (fase 3), en is herstel naar fase 1 heel erg moeilijk.

**afbeelding 3**



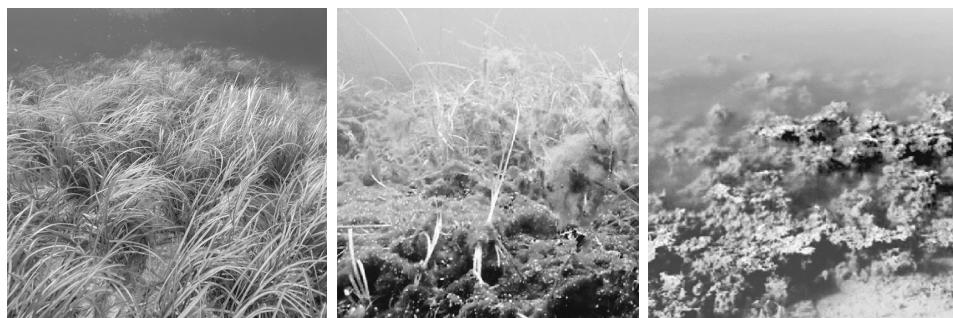
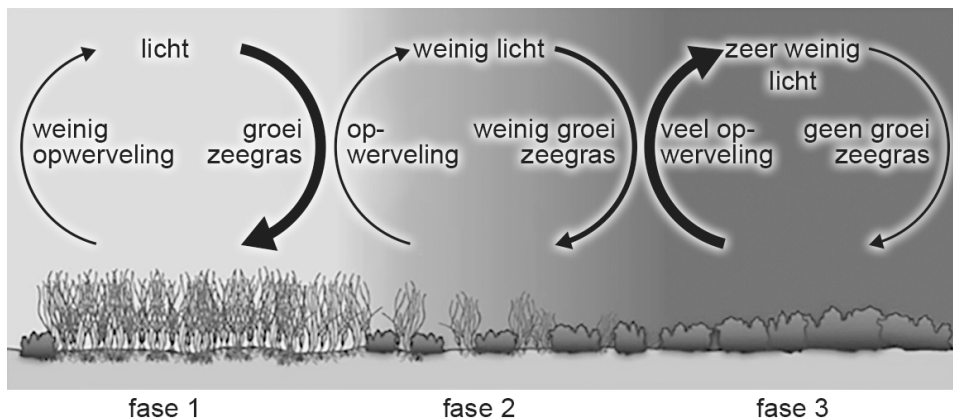
Legenda:

— zeegras

- - - drempelwaarde

- - - - algen

→ tijd



zeegras

zeegras en algen

algen

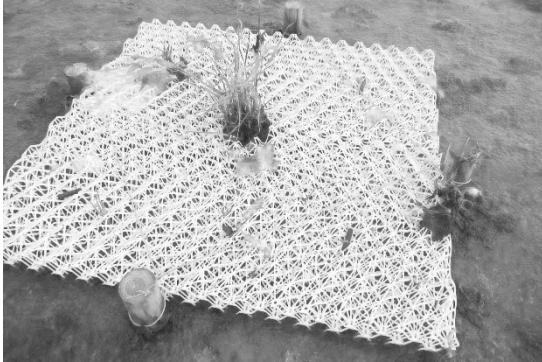
Hieronder staan uitspraken over het aantastingsproces van zeegrasvelden.

- 1 In fase 2 is sprake van een evenwichtssituatie.
- 2 De groei van zeegras stimuleert de opwerveling van sediment.
- 3 Fase 3 is een climax-ecosysteem.

2p **39** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar. Noteer erachter of de bijbehorende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Het herstel van zeegras- en slijkgrasvelden mislukt vaak doordat structuren ontbreken waaraan zij zich kunnen hechten. Bij de kust van Bonaire en de kust van Texel werd onderzocht of het plaatsen van zetmeelmatten (afbeelding 4) effectief is voor het herstel van zeegras- en slijkgrasvelden.

#### afbeelding 4



van bovenaf gezien



vanaf de zijkant gezien

De zetmeelmatten zijn gemaakt van aardappelafval. Daardoor worden er geen producten gebruikt die anders als eten voor mensen of dieren gebruikt zouden kunnen worden.

- 1p **40** Geef een ander argument waaruit blijkt dat het gebruik van deze zetmeelmatten een ecologisch **duurzame** manier is om kust-ecosystemen te herstellen.

Zetmeelmatten kunnen op de zeebodem geplaatst worden om de waterbeweging af te zwakken. Ze kunnen ook net onder het bodemoppervlak geplaatst worden om het sediment te stabiliseren.

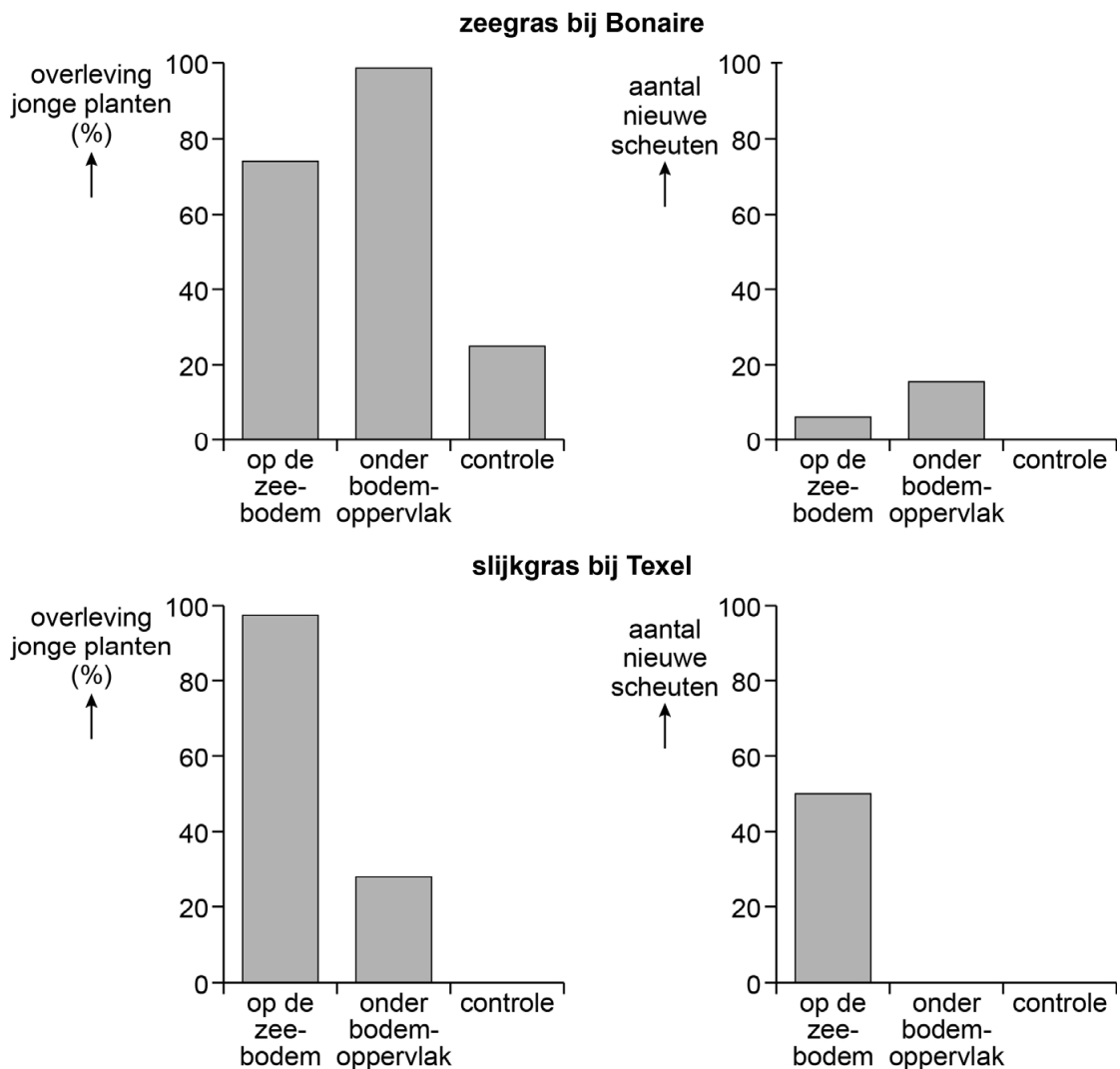
De onderzoekers hadden twee hypothesen geformuleerd:

- 1 Zetmeelmatten op de zeebodem hebben een positief effect op de overleving en de groei van slijkgras.
- 2 Zetmeelmatten onder het bodemoppervlak hebben een positief effect op de overleving en de groei van zeegras.

Om deze hypothesen te testen, werden zetmeelmatten aangebracht in de proefgebieden en werden er daarna jonge planten (slijkgras of zeegras) geplant in de matten. Als controle werd hetzelfde aantal jonge planten op een oppervlak zonder zetmeelmatten geplant. Na ruim twaalf maanden werd de overleving van de jonge planten bepaald. De groei werd bepaald door het aantal nieuwe scheuten van deze planten te tellen per zetmeelmat of per controle-oppervlak.

De resultaten van het experiment bij Bonaire en bij Texel zijn weergegeven in afbeelding 5.

**afbeelding 5**



Hieronder staan uitspraken over de resultaten in afbeelding 5.

- 1 De resultaten ondersteunen hypothese 1 en hypothese 2.
- 2 De resultaten bewijzen dat zetmeelmatten onder het bodemoppervlak het sediment stabiliseren.
- 3 De resultaten laten zien dat bij Texel beter kan worden gekozen voor zeegras dan voor slijkgras.

2p **41** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar. Noteer erachter of de bijbehorende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

**Bronvermelding**

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.