

BOSWELL-BÈTA

Voorbeeldexamen 1 - Biologie vwo

Datum:

Tijd:

Aantal vragen: 40

Aantal contexten: 6

Aantal meerkeuzevragen: 17

Aantal open vragen: 23

Totaal aantal punten: 74

Aantal pagina's: 23

Lees dit goed door voordat je begint, en volg de instructies op:

- Schrijf op ieder vel je naam.
- Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden) dan er gevraagd worden.
- Als er een verklaring, uitleg of berekening gevraagd wordt, worden aan een antwoord meestal geen punten toegekend als dit ontbreekt.
- Schrijf goed leesbaar met inkt. Het gebruik van correctievloeistof of het schrijven met potlood is niet toegestaan.
- Gebruik alleen potlood voor het maken van een tekening of grafiek.
- Toegestane hulpmiddelen zijn de BiNaS, een niet-grafische rekenmachine en tekenmateriaal.
- Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.
- Schrijf al je antwoorden op het bijgeleverde papier, en niet bij de opgaven.
- Lever ook de opgaven in!

Nieuwe eilandjes voor de alvleesklier

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 β -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.

- 1(2p) Leg uit dat een normale productie van insuline in de thymus nodig is om een auto-immuunrespons van T-cellen tegen β -cellen in de alvleesklier 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.

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

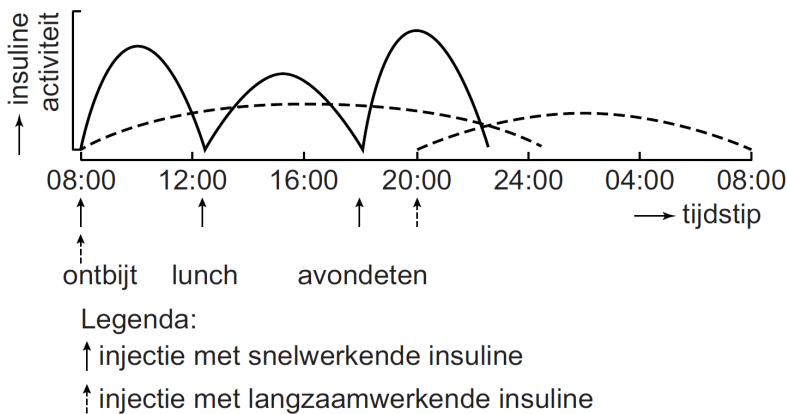
	ADH-afgifte	Resorptie van water
A	neemt af	neemt af
B	neemt af	neemt toe
C	neemt toe	neemt af
D	neemt toe	neemt toe

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

3(2p) 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



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.

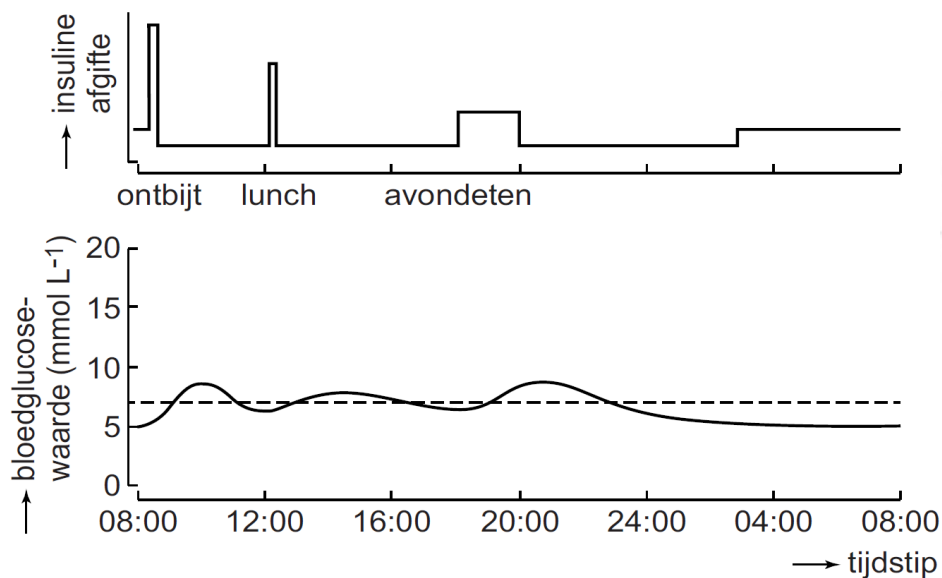
4(2p) Hoe is het 'dageraadfenomeen' bij diabetespatiënten het beste te verklaren?

- 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 alvleesklier 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.

5(2p) 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 β -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 β -cellen.

Voor het succes van deze behandeling is het noodzakelijk dat de capsule die de β -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.

- 6(2p) – 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 β -cellen omhult niet te dik zijn. De diffusieafstand mag het goed functioneren van de β -cellen niet hinderen.

- 7(2p) Leg uit dat voor het goed functioneren van de β -cellen de diffusiesnelheid door de gellaag voor glucose zo hoog mogelijk moet zijn.

X-chromosomale inactivatie

“Elke vrouw is een mozaïek”, zegt Anton Grootegoed, hoogleraar aan het Erasmus MC te Rotterdam. “Ze heeft groepjes cellen waarin het X-chromosoom dat van haar vader komt is uitgeschakeld, en groepjes waarin dat van haar moeder is uitgeschakeld.”

Zijn afdeling ontdekte de moleculaire schakelaar die in vrouwelijke embryonale cellen één van beide X-chromosomen uitzet.

Lichaamscellen van mannelijke en vrouwelijke zoogdieren bezitten een ongelijk aantal X-chromosomen. De genexpressie van X-chromosomale genen is echter ongeveer gelijk doordat bij vrouwen al tijdens de embryonale ontwikkeling in de cellen willekeurig één van beide X-chromosomen wordt geïnactiveerd. Hierdoor vindt geen transcriptie plaats van genen gelegen op dit X-chromosoom, ook niet bij de dochtercellen die hieruit ontstaan.

Bij een lapjeskat (altijd een vrouwtje, zie afbeelding 3) is in de vachtkleur het effect van de X-chromosomale inactivatie duidelijk zichtbaar. Er zijn drie genen die bij katten deze vachtkleur bepalen. De combinaties van allelen en het resulterende fenotype met betrekking tot deze drie genen zijn gegeven in tabel 1.

afbeelding 3



tabel 1

genen vachtkleur	genotype	fenotype
gen voor een donkere kleur (autosomaal)	BB, Bb, of Bb ^l	zwarte vacht
	bb of bb ^l	bruine vacht
	b ^l b ^l	lichtbruine vacht
gen voor rode kleuring (X-chromosomaal)	X ^R X ^R of X ^R Y	alle zwarte en bruine vachtdelen worden rood uitgevoerd
	X ^R X ^r	sommige zwarte en/of bruine vachtdelen worden rood
	X ^r X ^r of X ^r Y	zwarte en/of bruine vachtdelen veranderen niet
gen voor witte vlekken (autosomaal)	SS	veel witte vlekken
	Ss	een aantal witte vlekken
	ss	nauwelijks of geen witte vlekken

De lapjeskat in afbeelding 3 heeft zwarte, rode en witte vachtdelen.

8(2p) Welk X-chromosomaal allel is in deze vachtdelen **niet** actief?

	zwarte delen	rode delen	witte delen
A	X^R	X^r	niet te zeggen
B	X^r	X^R	niet te zeggen
C	niet te zeggen	X^R	X^r
D	niet te zeggen	X^r	X^R
E	niet te zeggen	X^R	niet te zeggen
F	niet te zeggen	X^r	niet te zeggen

Een lapjeskat met zwarte, rode en een aantal witte vlekken heeft gepaard met een volledig bruine kater.

9(2p) Hoe groot is de kans dat het eerste kitten dezelfde vachtkleuren heeft als de moederpoes?

Afhankelijk van het genotype van de moederpoes is de kans:

- A 1/4 of 1/8
- B 1/8 of 1/16
- C 1/16 of 1/32
- D 1/4 of 1/8 of 1/16
- E 1/8 of 1/16 of 1/32

In het nestje van de moederpoes zijn twee lapjeskittens geboren. Beide hebben zwarte, rode en een aantal witte vlekken, maar de verdeling van de vlekken over de vacht verschilt tussen deze twee kittens.

Naar aanleiding van dit verschil worden twee beweringen gedaan:

- 1 Hieruit blijkt dat het **geen** eeneiige tweeling kan zijn.
- 2 Hieruit blijkt dat deze kittens **niet** dezelfde vader hebben.

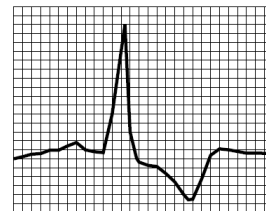
10(2p) Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

Bij de mens hebben vrouwen ook maar één werkzaam X-chromosoom. Dat kan een probleem worden als in een deel van haar lichaamcellen het X-chromosoom met een defect gen actief is, zoals bij de ziekte van Fabry. Deze ziekte is het gevolg van een mutatie in het gen dat codeert voor het enzym α -galactosidase A. Dit enzym is actief in lysosomen waarin afvalstoffen afgebroken worden. Bij een gebrek aan dit enzym hoopt een vetachtige stof GL-3 zich op in de lysosomen. Een fabry-patiënt kan hierdoor hart- en vaatproblemen krijgen, met een verhoogd risico op een hartinfarct en beschadiging van de nieren.

afbeelding 4

De hartspiercellen functioneren door de ophoping van het GL-3 minder goed. Fabry-patiënten vertonen een afwijkend beeld op een electrocardiogram (ECG, zie afbeelding 4).



11(2p) Waarvan is de afwijking in het ECG een gevolg?

Er is een afwijking in

- A** de geleiding van impulsen door de atriumventrikelknoop.
- B** het depolariseren van de boezems.
- C** het genereren van impulsen door de sinusknop.
- D** het repolariseren van de kamers.

Doordat ook verschillende celtypen in de niereenheden van een Fabry-patiënt worden aangetast, gaat de werking van de nieren achteruit.

Gevolgen van de ziekte van Fabry zijn:

- 1 aantasting cellen van de eerste gekronkelde buis
- 2 aantasting cellen van de glomerulus
- 3 aantasting cellen van de lis van Henle
- 4 vernauwde aanvoerende slagadertjes

Afwijkingen aan de urine als gevolg hiervan zijn:

- P** eiwitten in de urine
- Q** glucose in de urine
- R** minder creatinine-uitscheiding
- S** minder geconcentreerde urine

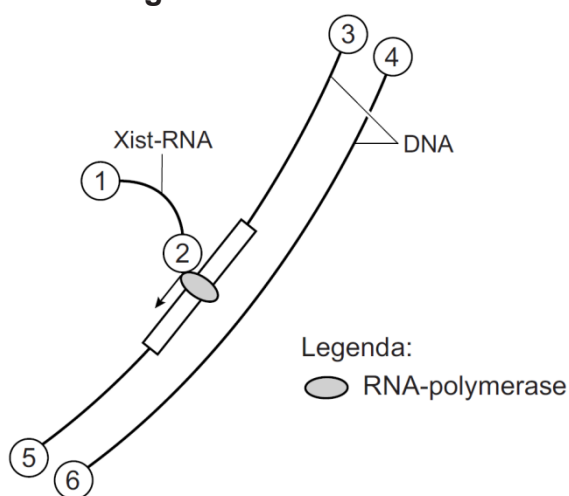
12(2p) Welke afwijking in de urine kan het gevolg zijn van welke aantasting van een niereenheid? Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar op je antwoordblad en noteer achter elk nummer de bijbehorende letter (P, Q, R of S) van de afwijking in de urine.

Uit onderzoek van het Erasmus MC blijkt hoe ingewikkeld de inactivatie van een X-chromosoom geregeld wordt:

- 1 Op het X-chromosoom ligt een inactivatie-centrum: een gebied waarin zich het RNF12-gen en het Xist-gen bevinden.
- 2 Vroeg in de embryonale ontwikkeling wordt in de cellen van het vrouwelijke embryo het RNF12-eiwit gevormd.
- 3 Wanneer de concentratie RNF12 boven een bepaalde drempel komt, wordt de transcriptie van Xist gestimuleerd.
- 4 Het Xist-RNA bedekt vervolgens het 'eigen' X-chromosoom dat hierdoor geïnactiveerd wordt.
- 5 Ook remt het Xist-RNA de productie van RNF12, zodat het tweede X-chromosoom niet wordt uitgeschakeld. In 12% van de cellen gebeurt dit echter te laat en sterft de cel nadat beide X-chromosomen geïnactiveerd zijn.

In afbeelding 5 zijn de twee complementaire DNA-strengen van een X-chromosoom, met het Xist-RNA in wording, schematisch weergegeven.

afbeelding 5



De uiteindes van de DNA- en RNA-strengen zijn met de nummers 1 tot en met 6 aangegeven.

13(2p) Waar ligt het 5' uiteinde van het Xist-RNA? En waar liggen de 5' uiteindes van het DNA?

	5' van Xist-RNA	5' van het DNA
A	plaats 1	plaats 3 en 4
B	plaats 1	plaats 3 en 6
C	plaats 1	plaats 4 en 5
D	plaats 2	plaats 3 en 6
E	plaats 2	plaats 4 en 5
F	plaats 2	plaats 5 en 6

In menselijke embryo's start de transcriptie van RNF12 meestal op dag 8.

14(1p) Waar bevindt zich het menselijk embryo wanneer de X-chromosomale inactivatie start?

De beïnvloeding van het fenotype door X-chromosomale inactivatie is epigenetisch.

15(1p) Wat wordt hiermee bedoeld?

De ziekteverschijnselen bij mannelijke fabry-patiënten zijn ernstiger dan bij vrouwelijke patiënten, bij wie de ernst van de symptomen sterk varieert.

16(1p) Geef een verklaring voor dit verschil.

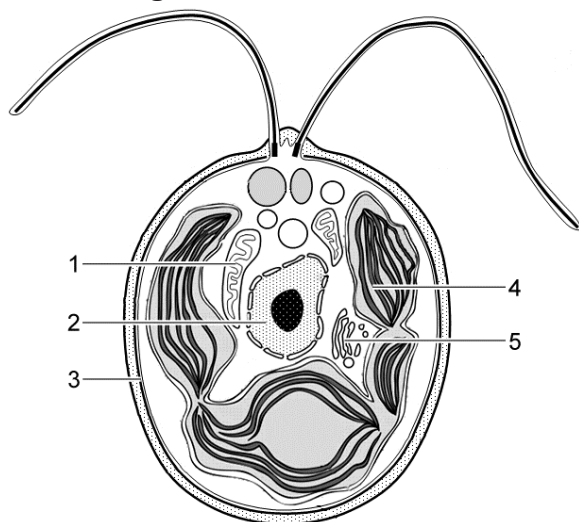
Bloei van de blauwalg

'Blooms like it hot' was een kop in het wetenschappelijke tijdschrift Science in april 2008. De onderzoekers Hans Paerl en Jef Huisman wijzen daarmee op een toename van de algenbloei in oceanen door het versterkt broeikaseffect. Zij onderzochten de blauwalgenbloei.

Een verhoging van de gemiddelde temperatuur op de wereld heeft geleid tot een exponentiële vermeerdering van onder andere blauwalgen. Bij blauwalgenbloei drijft er een laag drab van deze cyanobacteriën op het water. Ze produceren onder die omstandigheden vaak stoffen zoals microcystines en anatoxine, die bij opname giftig zijn voor (zwemmende) mensen en dieren. Symptomen van blauwalgenvergiftiging variëren van huiduitslag en maagdarmlachten, tot krampen en ademhalingsproblemen.

De naam blauwalgen is misleidend, het zijn cyanobacteriën. Op grond van een aantal kenmerken worden groene algen en cyanobacteriën in verschillende taxonomische groepen ingedeeld. In afbeelding 6 is schematisch de bouw van een groene alg (*Chlamydomonas*) weergegeven.

afbeelding 6



Vijf delen van *Chlamydomonas* zijn in afbeelding 6 met een cijfer aangeduid.

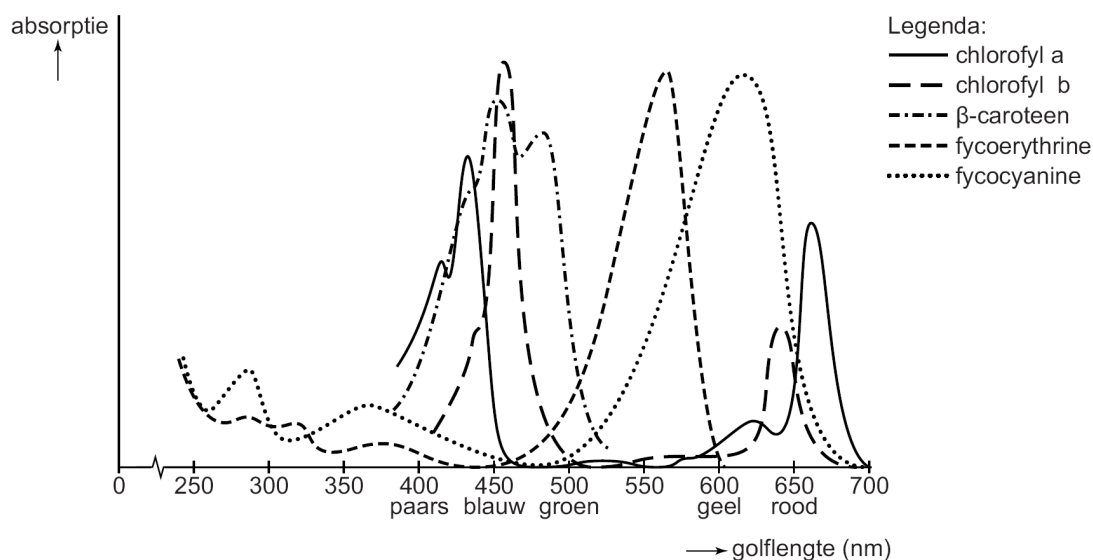
17(2p) In welk deel vindt de lichtreactie van de fotosynthese plaats?

- A in deel 1
- B in deel 2
- C in deel 3
- D in deel 4
- E in deel 5

Cyanobacteriën zweven al miljarden jaren in het water en hebben bijgedragen aan het ontstaan van een zuurstofrijke atmosfeer.

Cyanobacteriën worden ook wel blauwalgen genoemd vanwege hun blauwe pigment fycocyanine, dat samen met andere pigmenten, zoals chlorofyl-a, bij de fotosynthese betrokken is. Afbeelding 7 toont het absorptiespectrum van pigmenten die gevonden worden in cyanobacteriën.

afbeelding 7



Groene algen beschikken over het algemeen niet over pigmenten als fycocyanine en fycocerythrine.

18(1p) Welk voordeel hebben de cyanobacteriën met fycocyanine en/of fycocerythrine ten opzichte van groene algen zonder deze pigmenten?

19(2p) Wat is de functie van fycocyanine bij de fotosynthese?

- A** opvangen van lichtenergie
- B** productie van glucose
- C** productie van zuurstof
- D** productie van ATP
- E** splitsen van water

Als gevolg van het versterkt broeikas effect vindt op veel plaatsen in het water thermische stratificatie plaats: de laag van het warme oppervlaktewater wordt minder gemengd met de diepere koude waterlaag.

20(2p) Leg uit waardoor deze stratificatie kan bijdragen aan het ontstaan van de blauwalgenbloei.

Een effect van verdere opwarming van de aarde is een plaatselijke toename van de regenval. Paerl en Huisman verwachten daardoor een grotere kans op blauwalgenbloei in de uitstroomgebieden van rivieren in zee (estuaria).

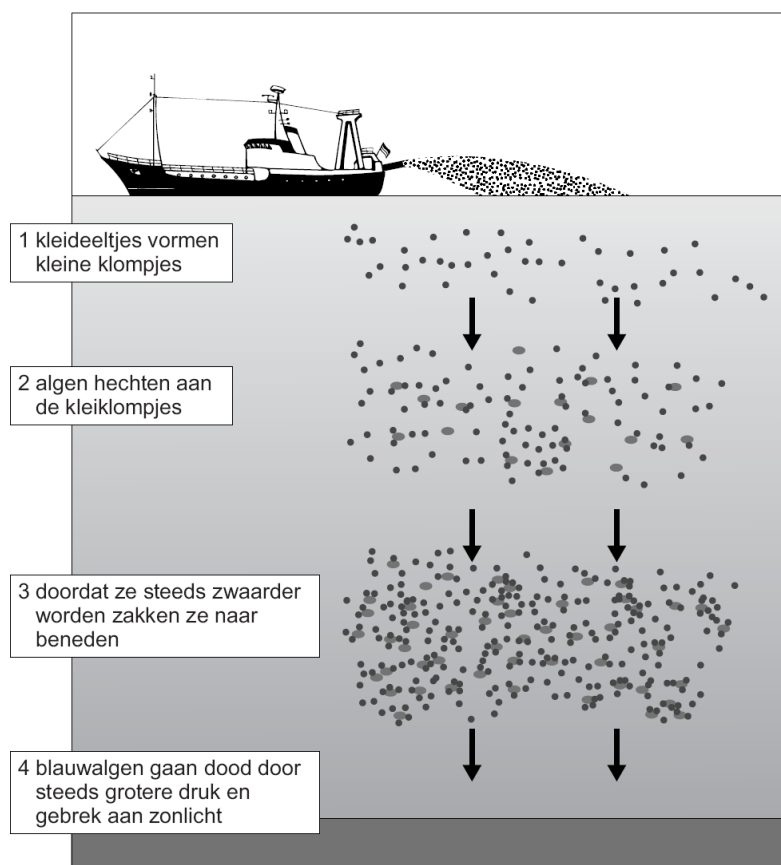
21(2p) Door welke verandering in het water kan meer regenval op het land leiden tot een toename van algenbloei in estuaria?

- A** het water wordt minder troebel
- B** het water wordt minder zout
- C** het water wordt voedselrijker
- D** het water wordt zuurstofrijker

Men zoekt naar methoden om blauwalgenbloei tegen te gaan.

Een manier is om kleideeltjes, waaraan de blauwalgen hechten, op het water te sproeien. De blauwalgen zakken daardoor naar de bodem (zie afbeelding 8).

afbeelding 8



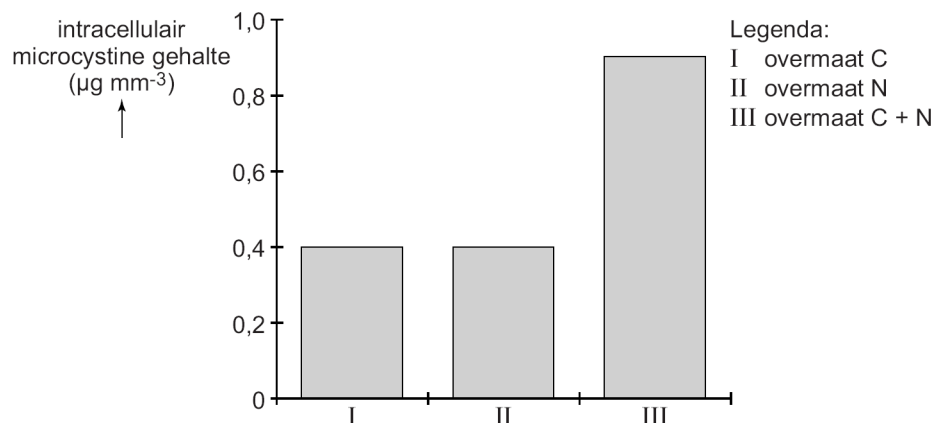
Het op deze manier (zie afbeelding 8) afzinken van blauwalgen levert ook een bijdrage aan het tegengaan van het versterkt broeikas effect.

22(2p) Leg uit dat deze methode bijdraagt aan het tegengaan van het versterkt broeikas effect, maar dat het mogelijk op de lange termijn geen effect heeft.

De onderzoeksgroep van Paerl en Huisman onderzocht de invloed van milieuomstandigheden op de giftigheid van de cyanobacterie *Microcystis aeruginosa*. In het laboratorium werden deze cyanobacteriën gekweekt in drie vaten waaraan respectievelijk een overmaat koolstof (in de vorm van CO_2), een overmaat stikstof (in de vorm van NO_3^-), of een overmaat van beide stoffen was toegevoegd. Na afloop werd het gehalte van de gifstof microcystine in de cellen bepaald.

De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 9.

afbeelding 9



Op basis van deze resultaten worden twee conclusies getrokken:

- 1 In vat I is stikstof een beperkende factor voor de microcystineproductie van *Microcystis aeruginosa*.
- 2 In vat III is licht een beperkende factor voor de microcystineproductie van *Microcystis aeruginosa*.

23(2p) Welke van deze conclusies kan of kunnen uit deze resultaten getrokken worden?

- A** geen van beide
- B** alleen 1
- C** alleen 2
- D** beide

24(3p) Leg uit dat de door mensen veroorzaakte eutrofiëring, gecombineerd met de uitstoot van broeikasgassen, de giftigheid van de cyanobacteriën *Microcystis aeruginosa* kan vergroten.

Wanneer er cyanobacteriën in zwemwater worden gevonden, is het belangrijk om snel uitsluitel te krijgen over de giftigheid ervan. Dat kan door een genetische analyse uit te voeren. Alleen cyanobacteriën met een *mcy*-gen, dat codeert voor het enzym microcystine-synthase, kunnen microcystines produceren.

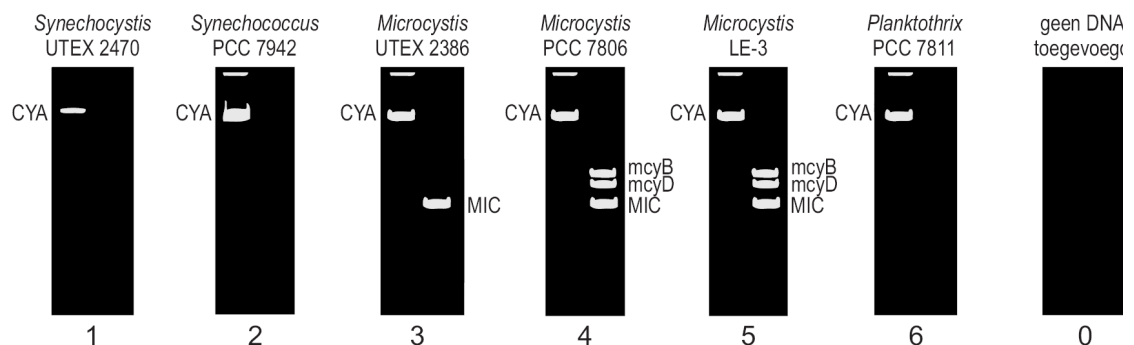
Van zes verschillende stammen cyanobacteriën wordt in het laboratorium de aanwezigheid van de genen *mcyB* en *mcyD* onderzocht.

Als controle-genen gebruiken de onderzoekers het *CYA*-gen dat alle soorten cyanobacteriën bezitten, en het *MIC*-gen dat alleen voorkomt in *Microcystis* soorten.

Met behulp van de Polymerase Ketting Reactie (PCR) wordt het DNA van genfragmenten vermenigvuldigd. De PCR-producten worden geanalyseerd door gel-elektroforese.

Het resultaat daarvan is in afbeelding 10 weergegeven.

afbeelding 10



Over de resultaten van de gel-elektroforese (afbeelding 10) worden twee beweringen gedaan:

- 1 Alle *Microcystis* cyanobacteriën uit de test zijn potentieel giftig;
- 2 Het resultaat van *Planktothrix* is onbetrouwbaar omdat het controle-gen *MIC* ontbreekt.

25(2p) Welke bewering wordt of welke beweringen worden door de resultaten ondersteund?

- A** geen van beide
- B** alleen 1
- C** alleen 2
- D** beide beweringen

Als cyanobacteriën geen microcystines kunnen produceren wil dat nog niet zeggen dat ze onschadelijk zijn. Er zijn ook cyanobacteriën die het gevaarlijke en snelwerkende anatoxine-a maken. Deze stof activeert acetylcholinereceptoren van skeletspieren. Anatoxine-a kan echter niet worden afgebroken door acetylcholinesterase.

- 26**(3p) – Wat gebeurt er op celniveau wanneer anatoxine-a terechtkomt in synapsen van motorische eindplaatjes? Gebruik in je antwoord de termen depolarisatie en repolarisatie.
- Wat is het gevolg hiervan op orgaanniveau?
 - Waardoor kan dit gevaarlijk zijn op organismeniveau?

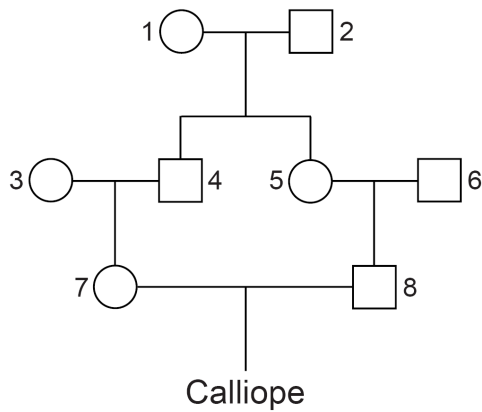
Man of vrouw?

Soms is het onduidelijk of iemand een man of een vrouw is. Meestal is er dan ook sprake van onvruchtbaarheid.

Soms groeit een genotypische jongen (genotype XY) fenotypisch uit tot een meisje dat onvruchtbaar is. Oorzaak kan zijn de uiterst zeldzame recessief autosomaal overervende afwijking ADS (5- α -reductase Deficiëntie Syndroom). Door het ontbreken van een enzym wordt het geproduceerde testosteron niet omgezet in dihydrotestosteron, dat de vermannelijking van de uitwendige geslachtsorganen stimuleert.

Bij een andere afwijking, het AOS (Androgeen Ongevoeligheid Syndroom), is er sprake van een afwijking van een gen in het X-chromosoom. Kinderen met dit syndroom hebben het genotype XY, maar het receptoreiwit dat door het afwijkende recessieve gen gecodeerd wordt is niet gevoelig voor testosteron en ook niet voor dihydrotestosteron. Daardoor ontwikkelen ook deze kinderen zich fenotypisch tot een (onvruchtbaar) meisje.

In een roman van Eugenides komt een XY-meisje Calliope voor met de afwijking ADS. In de afbeelding is de stamboom van haar familie weergegeven. Twee van haar grootouders (nummer 4 en nummer 5) zijn broer en zus.



27(1p) Leg uit aan de hand van de stamboom dat Calliope ADS geërfd kan hebben van haar overgrootvader (nummer 2 in de stamboom).

28(1p) Leg uit dat Calliope géén AOS geërfd kan hebben van haar overgrootvader (nummer 2 in de stamboom).

In de VS openbaart zich de aandoening AOS bij 1 op de 13.000 tieners.

29(2p) Wat is dan de frequentie van het recessieve allel dat verantwoordelijk is voor AOS bij de genotypische volwassen vrouwen in de VS?

- A 0
- B $8,8 \cdot 10^{-3}$
- C $1,5 \cdot 10^{-4}$
- D $7,7 \cdot 10^{-5}$
- E $2,4 \cdot 10^{-8}$

Isolatie beïnvloedt evolutie bacteriepopulaties

Met behulp van bacteriën kan de invloed van het milieu op het verloop van de evolutie bestudeerd worden. Een dergelijk experiment wordt uitgevoerd door Wageningen Universiteit. Bacteriën worden generaties lang gekweekt onder verschillende omstandigheden. Het blijkt dat isolatie de evolutie van de darmbacterie *Escherichia coli* beïnvloedt.

Een simpel model om evolutie te bestuderen bestaat uit bacteriën in een erlenmeyer met een vloeibaar voedingsmedium. Elke dag wordt een deel van de populatie bacteriën overgezet naar een nieuwe erlenmeyer met vers medium. Op dat moment kan ook een klein deel van de bacteriën ingevroren worden. Het hele proces van evolutie is op deze manier opgeslagen in de diepvries: beginnend bij de oorspronkelijke populatie, gevolgd door monsters uit latere erlenmeyers. Een soort fossielenbank dus, maar dan één waarvan je de fossielen weer tot leven kunt brengen.

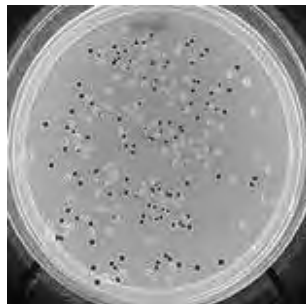
Dr Michelle Habets gebruikte een dergelijke proefopzet met *E. coli*-bacteriën voor haar promotieonderzoek. Deze bacteriën zijn facultatief anaeroob: ze kunnen leven onder aerobe en anaerobe omstandigheden.

Habets onderzocht het effect van isolatie op *E. coli*-bacteriën. Zij kweekte de bacteriën in erlenmeyers en op een vast voedingsmedium in petrischaaltjes (zie afbeelding 11).

afbeelding 11



Erlenmeyer met bacteriën
in vloeibaar voedingsmedium



Petrischaal met bacteriekolonies
op vast voedingsmedium: gestructureerd (1) of gemixt (2)

Ook bij de petrischaaltjes werd steeds een deel overgezet naar een nieuwe petrischaal met een verse voedingsbodem. En een deel van de bacteriën ingevroren. Bij de dagelijkse overzetting van de ene petrischaal naar de andere werden twee methodes gebruikt.

- 1 Gestructureerde platen: met behulp van een rond lapje wordt dagelijks een afdruk van de kolonies van de oorspronkelijke voedingsbodem op een verse voedingsbodem aangebracht. De verdeling van de bacteriekolonies op de voedingsbodem (plaat) blijft zo in stand.
- 2 Gemixte platen: enkele kolonies worden van de voedingsbodem afgeschraapt, in een oplossing geschud, en op een nieuwe plaat uitgesmeerd. Bacteriekolonies ontstaan dan op willekeurige plaatsen op de voedingsbodem.

Wanneer niet regelmatig een deel van de bacteriën overgezet zou worden naar een nieuwe erlenmeyer of petrischaaltje, zou de bacteriegroei uiteindelijk stoppen, onder andere door voedsel- en ruimtegebrek.

30(1p) Noem nog een oorzaak voor het stoppen van de bacteriegroei.

Het kweken, invriezen en daarna weer activeren gaat bij bacteriën vrij gemakkelijk. Door deze eigenschappen zijn bacteriën geschikt voor het evolutie-experiment.

Drie andere eigenschappen van bacteriën zijn:

- 1 Bacteriën hebben een korte generatietijd;
- 2 Bacteriën zijn eenvoudig genetisch te modificeren;
- 3 Bacteriën kunnen via plasmiden genetische informatie uitwisselen.

31(2p) Door welke van deze eigenschappen zijn bacteriën specifiek geschikt voor het beschreven evolutie-experiment?

- A** alleen 1
- B** alleen 1 en 2
- C** alleen 1 en 3
- D** alleen 2 en 3
- E** alle drie

De bacteriepopulaties in de erlenmeyers en petrischalen raken steeds beter aangepast aan de omstandigheden in het experiment.

Er vindt evolutie plaats.

32(2p) Beschrijf hoe dit evolutieproces verloopt waarbij de bacteriepopulatie steeds beter aangepast raken aan de omstandigheden in het experiment.

Habets onderzocht hoe verschillende omstandigheden de evolutie van de bacteriën beïnvloeden. Er werd onder andere gekeken naar het vermogen om bepaalde koolstofverbindingen te gebruiken als energiebron.

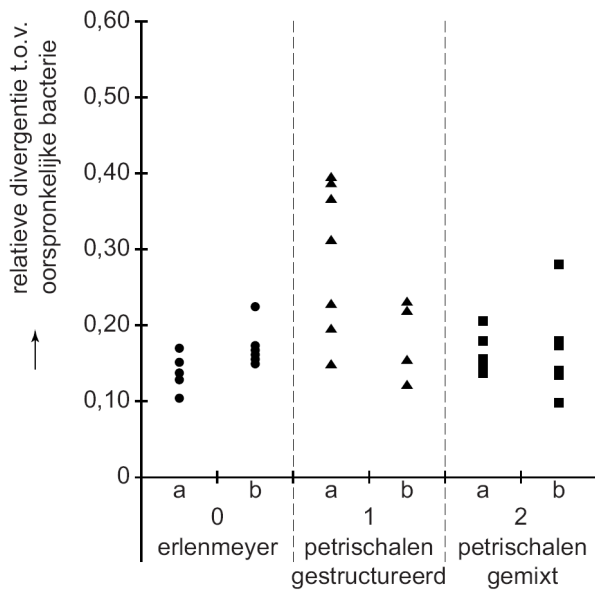
Enkele koolstofverbindingen zijn: glucose, pyrodruivenzuur, melkzuur en appelzuur.

33(2p) Welke van deze koolstofverbindingen kunnen bacteriën normaliter als energiebron gebruiken onder anaerobe omstandigheden?

- A** alleen glucose
- B** alleen melkzuur
- C** alleen glucose en pyrodruivenzuur
- D** alleen glucose, pyrodruivenzuur en melkzuur
- E** glucose, pyrodruivenzuur, melkzuur en appelzuur

Habets onderzocht de divergentie van de bacteriepopulaties uit de drie opstellingen (groep 0 = erlenmeyers, groep 1 = gestructureerde platen, groep 2 = gemixte platen). Ze startte met per groep twee identieke bacteriepopulaties, a en b. Die werden dagelijks overgezet. Na 900 dagen nam ze uit elke groep een aantal bacteriemonsters. Deze werden onderzocht op divergentie: in hoeverre wijken deze nakomelingen af van de oorspronkelijke bacterie? In afbeelding 12 zijn de resultaten weergegeven.

afbeelding 12



De resultaten van groep 1 en groep 2 worden met elkaar vergeleken. Er worden twee verklaringen gegeven voor deze resultaten:

- 1 Door het ontstaan van 'eilandjes' op de gestructureerde platen zijn subpopulaties met ieder hun eigen variatie aan genotypes ontstaan.
- 2 Op de gemixte platen is een sterke concurrentie tussen alle bacteriekolonies, waardoor er een selectiedruk is in de richting van een beperkt aantal genotypes.

34(2p) Welke verklaring kan of welke verklaringen kunnen juist zijn?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D beide

35(1p) Geef een verklaring voor het verschil in divergentie tussen twee bacteriekweken uit de twee erlenmeyergroepen (zie afbeelding 12).

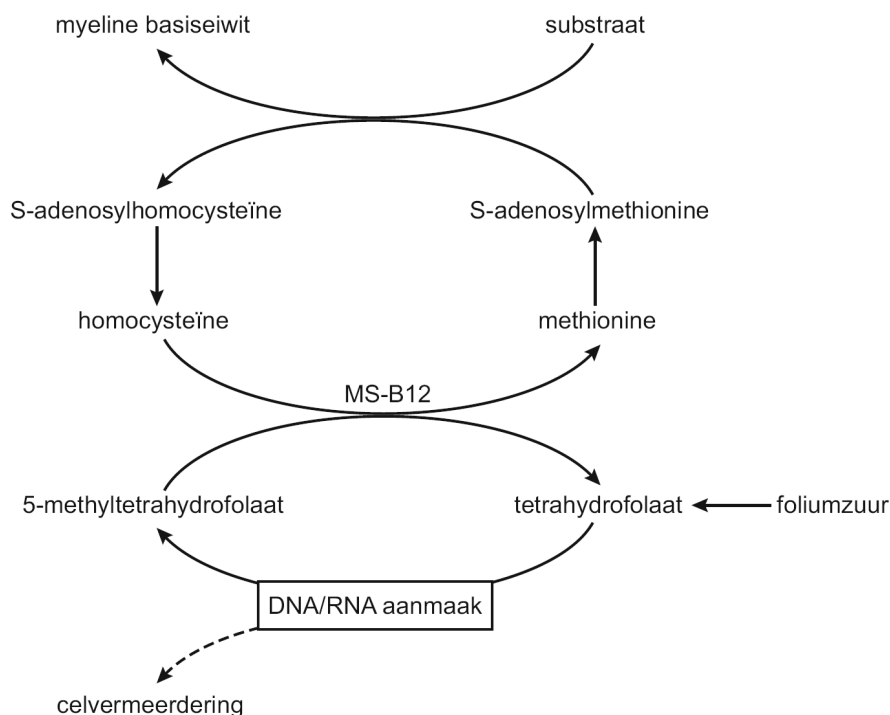
Foliumzuurverrijking bemoeilijkt diagnose zenuwbeschadiging

Het Voedingscentrum adviseert om gevarieerd te eten om voldoende vitamines binnen te krijgen. Voor vrouwen die zwanger willen worden, wordt een supplement foliumzuur (vitamine B11) aanbevolen. Door extra foliumzuurinname kan echter de diagnose van een zenuwbeschadiging als gevolg van een vitamine B12-tekort bemoeilijkt worden.

De van foliumzuur afgeleide stof tetrahydrofolaat is nodig voor de aanmaak van DNA en RNA in delende cellen, zoals de bloedcelvormende stamcellen in het beenmerg. Vitamine B12 is als co-factor van methionine-synthase (MS-B12 complex) in de lever betrokken bij de vorming van methionine, dat onder andere nodig is voor de vorming van myeline.

In afbeelding 13 worden processen weergegeven waarbij vitamine B12 en foliumzuur een rol spelen.

afbeelding 13



Twee gegevens zijn:

- 1 Methionine wordt gerekend tot de essentiële aminozuren;
- 2 In de lever wordt methionine-synthase (MS) gevormd. Deze twee gegevens lijken tegenstrijdig te zijn.

- 36(3p)**
- Wat houdt het begrip essentieel aminozuur in?
 - Waarom is het tweede gegeven daarmee tegenstrijdig?
 - Onder welke omstandigheid kunnen beide gegevens toch juist zijn?

Bij de vorming van het myeline basiseiwit is methionine onder andere nodig als methyl donor, dat wil zeggen dat methionine een methylgroep ($-\text{CH}_3$) afstaat. Methionine is ook in zijn geheel nodig bij de vorming van dit basiseiwit aan de ribosomen.

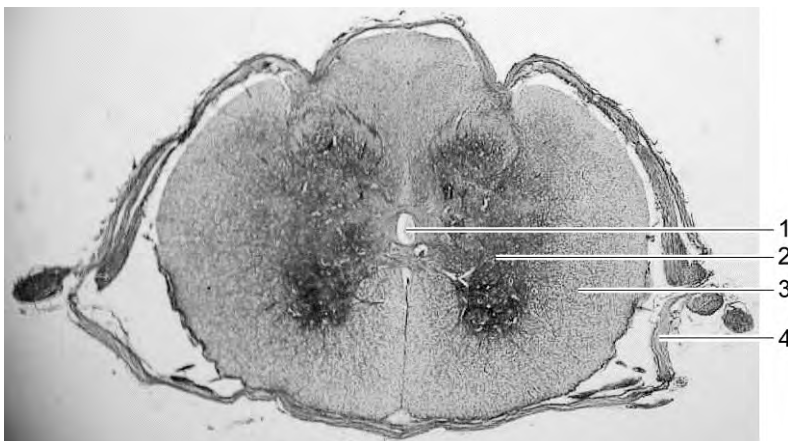
37(1p) Geef hiervan een voorbeeld.

Een tekort aan vitamine B12 kan op langere termijn zenuwbeschadigingen veroorzaken door verminderde myelineproductie.

- 38(2p)**
- Hoe heten de cellen die in het zenuwstelsel myeline vormen?
 - Wat is het effect van een verminderde myelineproductie op het functioneren van neuronen?

In afbeelding 14 zijn vier onderdelen van het centrale zenuwstelsel met een cijfer aangegeven in een doorsnede van het ruggenmerg.

afbeelding 14



39(2p) Op welke plaats bevinden zich de meeste myelinevormende cellen?

- A** op plaats 1
- B** op plaats 2
- C** op plaats 3
- D** op plaats 4

Oudere mensen en veganisten lijden soms aan bloedarmoede door een te geringe opname van vitamine B12. Als zij echter regelmatig een supplement foliumzuur gebruiken, wordt deze diagnose niet gesteld en bestaat het risico dat de zenuwbeschadiging als gevolg van een vitamine B12-tekort minder snel wordt ontdekt door de arts.

- 40(2p)**
- Geef met gebruik van de gegevens in afbeelding 13 een verklaring voor het feit dat de diagnose bloedarmoede bij deze mensen niet wordt gesteld.
 - Leg uit dat bij hen een risico bestaat op een zenuwbeschadiging.