

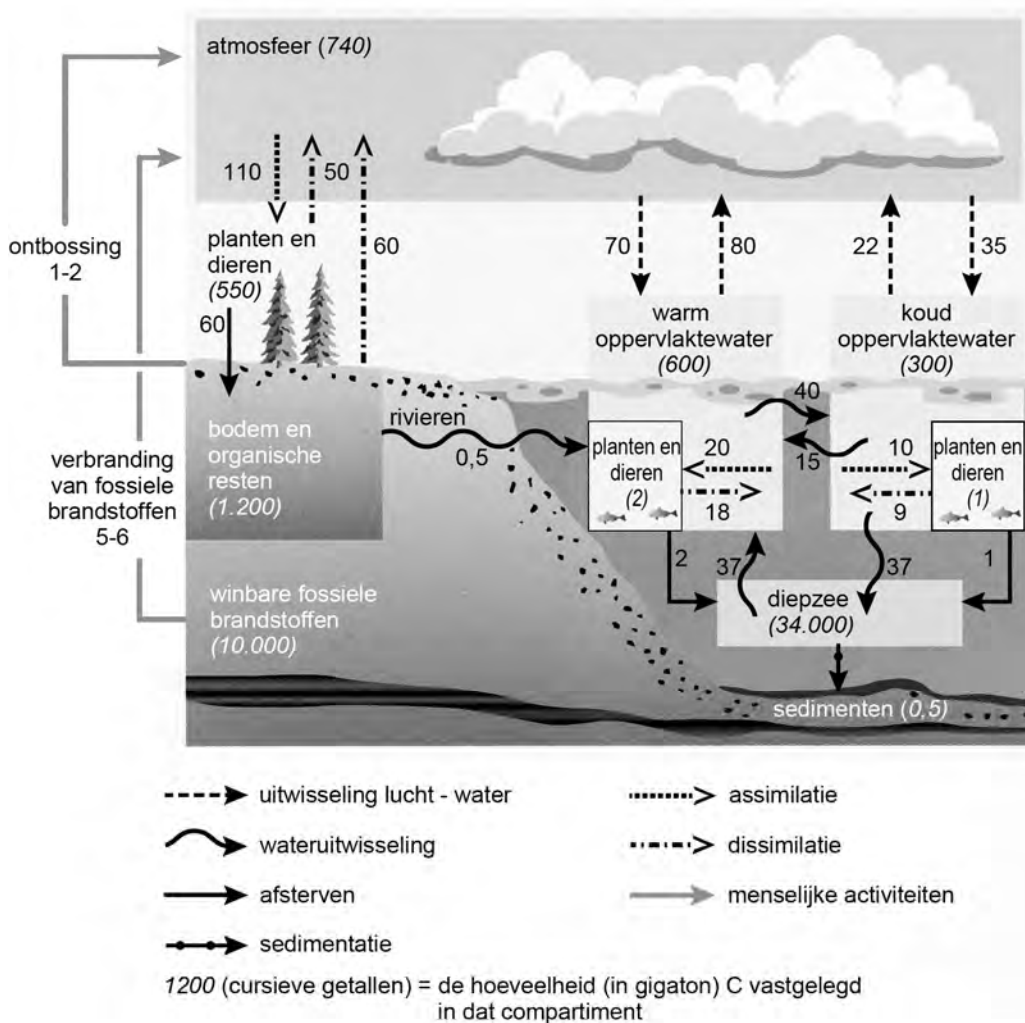
Tenzij anders vermeld, is er sprake van natuurlijke situaties en gezonde organismen.

Verdwenen koolstof

Klimaatveranderingen als gevolg van het versterkte broeikaseffect kunnen zonder een goed begrip van de koolstofkringloop niet voorspeld worden. De koolstofkringloop is zeer complex en zonder kennis van biologische, chemische en oceanografische processen niet te doorgronden. Wetenschappers voegen die kennis samen in modellen om voorspellingen te kunnen doen over de gevolgen van door de mens veroorzaakte (antropogene) uitstoot.

Het is inmiddels wel duidelijk dat de toename van het CO₂-gehalte in de atmosfeer voor een deel door menselijk handelen veroorzaakt is. En ook is bekend dat slechts een deel van deze antropogene CO₂-emissie in de atmosfeer aanwezig blijft. Wetenschappers zijn het er nog niet over eens waar de rest van deze CO₂ gebleven is. Ze verschillen ook van mening over de mate waarin verschillende processen een rol spelen bij het vastleggen van die verdwenen koolstof.

In de afbeelding is op schematische wijze de koolstofkringloop weergegeven.



In ieder compartiment is de gemiddelde hoeveelheid vastgelegde koolstof in gigaton (Gt) aangegeven. De jaarlijkse koolstofstromen zijn door pijlen aangegeven met ernaast de hoeveelheden in Gt koolstof per jaar.

Met behulp van de gegevens in de afbeelding kan berekend worden met hoeveel Gt de hoeveelheid koolstof in een bepaald jaar in de atmosfeer zal zijn toegenomen.

- 2p 1 Hoe groot is die toename ongeveer?
- A 3 tot 5 Gt koolstof
 - B 212 Gt koolstof
 - C 218 tot 220 Gt koolstof
 - D 958 tot 960 Gt koolstof

De jaarlijkse toename van de hoeveelheid atmosferische koolstof is niet gelijk aan de antropogene emissie ervan. Er is dus koolstof 'verdwenen'. Met behulp van de gegevens in de afbeelding kan afgeleid worden welke twee processen een rol spelen bij het verdwijnen van koolstof.

- 2p 2 Door welke twee processen is een deel van de antropogene CO₂-emissie niet meer in de atmosfeer terug te vinden?

Toename van de CO₂-opname door een ecosysteem (door toename van de temperatuur) leidt tot een toename van de bruto primaire productie (BPP), maar niet per se tot een toename van de netto primaire productie (NPP) van dat ecosysteem. De verhoogde temperatuur kan namelijk ook de intensiteit van de dissimilatie beïnvloeden.

Met betrekking tot de stofwisseling van de producenten, worden drie mogelijke gevolgen van temperatuurverhoging onderscheiden:

- 1 De dissimilatie blijft gelijk en de fotosynthese neemt toe;
 - 2 De dissimilatie en fotosynthese nemen beide toe, maar de toename van de dissimilatie is minder dan die van de fotosynthese;
 - 3 De dissimilatie en de fotosynthese nemen in gelijke mate toe.
- 2p 3 In welke van deze situaties kan, bij toename van de CO₂-opname als gevolg van een temperatuurverhoging, de NPP toenemen in een ecosysteem?
- A alleen in situatie 1
 - B alleen in situatie 2
 - C alleen in situatie 3
 - D in situatie 1 en 2
 - E in situatie 1 en 3
 - F in situatie 2 en 3

De toename van de fotosynthese in tropische ecosystemen wordt wel eens toegeschreven aan CO₂-bemesting op wereldschaal.

- 2p 4
- Wat wordt hier bedoeld met CO₂-bemesting?
 - Leg uit waardoor CO₂-bemesting in een tropisch ecosysteem vaak meer effect heeft op de BPP dan in een gematigd ecosysteem.

Aardappeleters

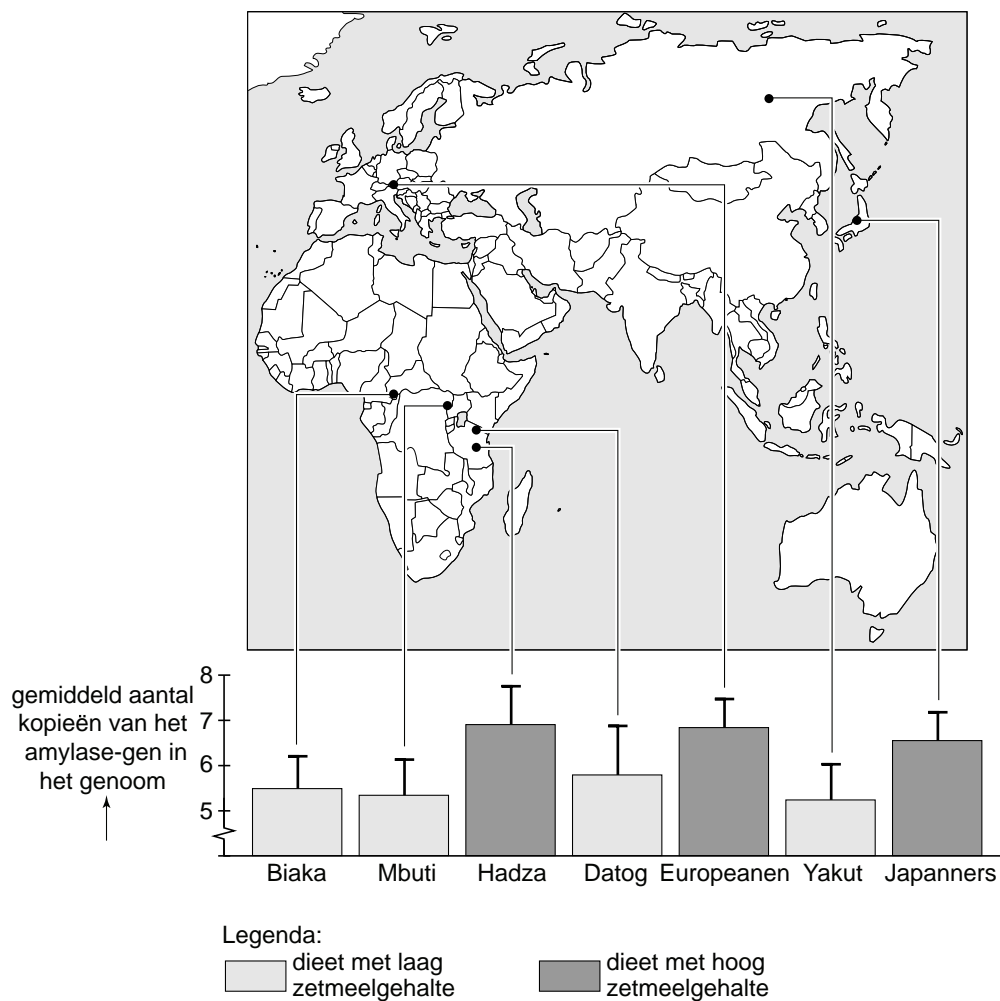
Aardappeleters, zoals de Nederlanders, kunnen waarschijnlijk zetmeel beter verteren dan jager-verzamelaars zoals de Mbuti uit Centraal Afrika, die veel vlees, vis en fruit eten. Genetici en antropologen van de Arizona State University hebben hier een verklaring voor gevonden.

Zetmeeleters hebben gemiddeld meer kopieën van het gen voor speekselamylase dan jager-verzamelaars. Meer kopieën kan betekenen dat de concentratie van amylase in het speeksel relatief hoog is. Het kopiëren van bepaalde genen zou dan een manier kunnen zijn waarop de mens in de loop van de tijd zich heeft aangepast aan de omgeving.

Het aantal kopieën van het gen voor speekselamylase in het genoom is onderzocht bij een aantal volkeren. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen volkeren die heel weinig zetmeel eten en volkeren die veel zetmeelrijke voedingsmiddelen gebruiken.

De resultaten van het onderzoek zijn in afbeelding 1 weergegeven.

afbeelding 1



Op basis van de resultaten van het onderzoek worden twee beweringen gedaan over de toename van het aantal genkopieën voor speekselamylase bij bepaalde volkeren in de loop van de evolutie:

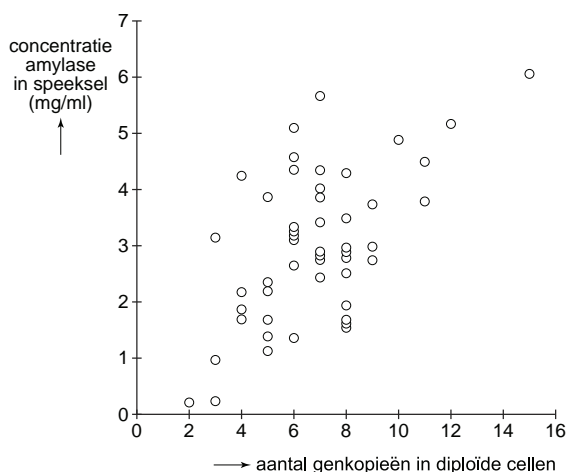
- 1 Deze toename wordt beïnvloed door geografische factoren, zoals het klimaat;
- 2 Deze toename wordt beïnvloed door het zetmeelgehalte van het voedselpakket.

2p 5 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?

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

Het verband tussen het aantal genkopieën voor amylase (gelegen in chromosoom 1) en de concentratie van amylase in het speeksel is bij vijftig Amerikanen met Europese voorouders onderzocht. Het resultaat van dit onderzoek is weergegeven in afbeelding 2.

afbeelding 2



Blijkbaar kunnen diploïde cellen een oneven aantal genkopieën voor amylase bezitten.

1p 6 Geef hiervoor een verklaring.

Bij de proefpersonen uit bovengenoemd onderzoek blijkt een grote variatie in de concentratie van amylase in het speeksel te bestaan. Dit kan niet alleen worden verklaard door de variatie in het aantal genkopieën voor amylase.

Twee andere mogelijke verschillen tussen de proefpersonen zijn:

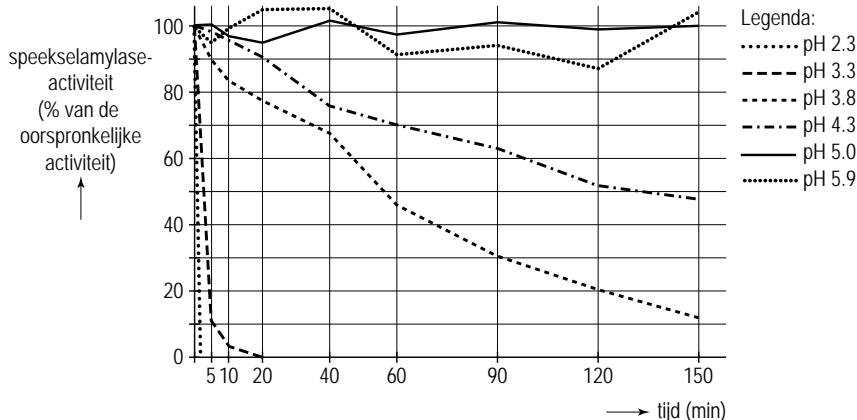
- 1 de mate van expressie van het gen voor amylase;
- 2 de verhouding tussen het aantal amylaseproducerende en het aantal slijmproducerende cellen in de speekselklieren.

- 2p 7 Welke van deze verschillen kan of welke kunnen mede een verklaring zijn voor de grote variatie in de concentratie amylase in het speeksel?
- A geen van beide
 - B alleen 1
 - C alleen 2
 - D beide

- De afgifte van speekselamylase komt bij het eten meteen op gang.
- 2p 8 Waardoor wordt de snelle afgifte van speekselamylase geregeld?
- A Zintuigcellen in de mond activeren het orthosympatisch zenuwstelsel.
 - B Zintuigcellen in de mond activeren het parasympatisch zenuwstelsel.
 - C De productie van gastrine leidt tot het activeren van het orthosympatisch zenuwstelsel.
 - D De productie van gastrine leidt tot het activeren van het parasympatisch zenuwstelsel.

Een klein deel van het afgegeven speekselamylase blijkt 40 minuten na afgifte in de dunne darm nog actief te zijn. Om hiervoor een verklaring te vinden, is onderzocht wat de invloed is van de pH op de activiteit van speekselamylase. In afbeelding 3 zijn de resultaten weergegeven: de activiteit van speekselamylase (als percentage van de oorspronkelijke activiteit) bij verschillende pH's.

afbeelding 3



- 2p 9 – Waardoor wordt slechts een kleine hoeveelheid van de oorspronkelijk afgegeven hoeveelheid speekselamylase in de dunne darm aangetroffen?
- Geef een verklaring voor het gegeven dat het speekselamylase in de dunne darm actief is.

Ook foraminiferen kunnen nitraat omzetten

Wie met de boot naar Zuid-Engeland vaart, kan ze niet missen: de krijtrotsen. De beroemde 'White cliffs of Dover' bestaan uit de neerslag van kalk van (fossiele) foraminiferen, eencelligen met een kalkskeletje.

Tot voor kort was het een raadsel hoe sommige nu nog levende soorten foraminiferen zonder zuurstof in de zeebodem kunnen overleven. De meeste eukaryoten, waartoe de foraminiferen behoren, gebruiken immers zuurstof bij de dissimilatie. Biogeologen uit Scandinavië en Nederland vermoeden dat ze kunnen overschakelen op een nitraatstofwisseling. De Nijmeegse microbioloog Huub op de Camp zegt daarover: "Als we nitraat met ^{15}N toevoegen aan een monster met de foraminifeer *Globobulimina pseudospinescens*, komt er stikstofgas met ^{15}N uit. Dat betekent dat het beestje óf zelf nitraat afbreekt óf dat bacteriën hem daarbij helpen."

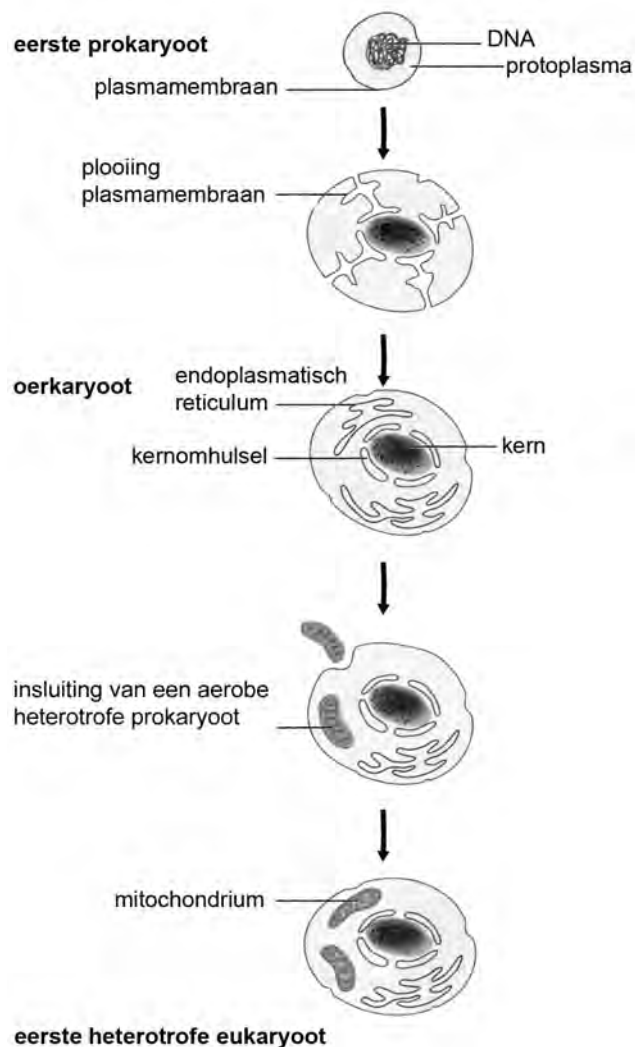
- 1p **10** Welke groep bacteriën kan de door de microbioloog beschreven reactie uitvoeren?

Foraminiferen zijn eukaryoten die onder anaerobe omstandigheden kunnen leven.

- 1p **11** Noem een andere groep eukaryote organismen die dat ook kan.

De endosymbiosetheorie geeft een verklaring voor het ontstaan van bepaalde organellen in cellen van eukaryoten. Een schematische voorstelling hiervan is gegeven in afbeelding 1.

afbeelding 1



De afbraak van nitraat in de foraminifeer *G. pseudospinescens* kan op twee manieren worden beschreven:

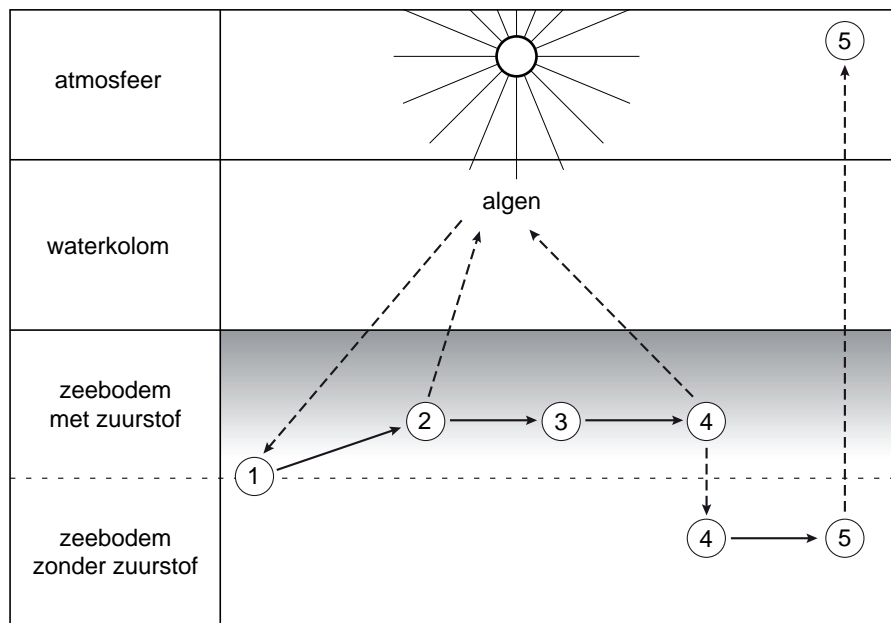
- 1 De eukaryoot bevat bacteriën die nitraat omzetten;
- 2 De eukaryoot bevat organellen die nitraat omzetten.

2p **12** Leg uit dat zowel beschrijving 1 als beschrijving 2 past in de endosymbiosetheorie.

De foraminifeer *G. pseudospinescens* is beweeglijk en kan op verschillende dieptes in het sediment van oceanen worden aangetroffen. De eencellige kan zijn nitraatvoorraad aanvullen in de bovenzijde van het sediment en vervolgens weer naar diepere lagen verhuizen.

In afbeelding 2 is schematisch een deel van de stikstofkringloop weergegeven, dat voor de zee en de zeebodem met actieve foraminiferen relevant is.

afbeelding 2



Legenda: —→ omzetting
 - - - - - verplaatsing
 [shaded box] O₂-gradiënt

Vijf verschillende stikstofverbindingen zijn met een nummer aangegeven.
 2p **13** Welke stikstofverbindingen moeten bij nummer 3 en nummer 4 in de afbeelding worden ingevuld?

| | nummer 3 | nummer 4 |
|----------|------------------------------|------------------------------|
| A | NH ₄ ⁺ | N ₂ |
| B | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ |
| C | NO ₂ ⁻ | NH ₄ ⁺ |
| D | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ |
| E | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ |
| F | NO ₃ ⁻ | N ₂ |

De foraminifeer *G. pseudospinescens* verhuist regelmatig naar diepere lagen in het sediment.

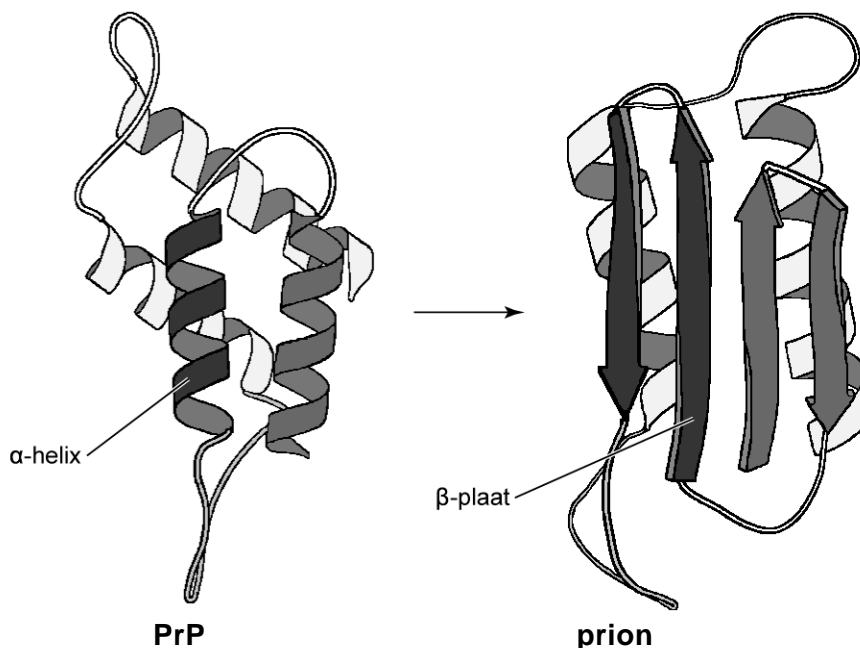
1p **14** Noem een voordeel hiervan voor de foraminifeer.

Prionen

In maart 1996 maakte de Britse overheid bekend dat de epidemie van BSE (gekke koeienziekte) onder runderen, ook voor de mens gevolgen had: bij tien relatief jonge mensen was een nieuwe variant van de ziekte van Creutzfeldt-Jakob (vCJD) vastgesteld. Er lopen onderzoeken naar de aard van deze hersenaandoeningen en de mogelijkheden om verdere uitbreiding van BSE en vCJD te voorkomen.

Een aantal ziekten, zoals BSE en vCJD, wordt veroorzaakt door prionen. Prionen ontstaan uit PrP-eiwitten die in de hersenen een boodschapperfunctie hebben en daarna worden afgebroken. Prionen zijn op een andere manier gevouwen dan de PrP-eiwitten, waardoor ze niet meer afgebroken kunnen worden. Bovendien veroorzaken ze een kettingreactie waarbij andere PrP-moleculen ook abnormaal vouwen en daardoor onbruikbaar worden. In de hersenen ontstaan dan holle ruimtes door het afsterven van neuronen. Het normale PrP-eiwit heeft een ruimtelijke structuur met α -helices. De prionvorm van dit eiwit heeft een veel stabielere structuur met β -platen. Wanneer het afwijkende eiwit in contact komt met normaal PrP, verandert de vouwing van het PrP waardoor het ook een prion wordt (zie afbeelding 1).

afbeelding 1



- 2p 15 Medede door de β -plaatstructuur gaan prionen al snel samenklonteren.
 Wat verandert er in de structuur van het eiwit als een PrP verandert in een prion?
- A alleen de primaire structuur
 - B de primaire structuur, en daardoor ook de secundaire en tertiaire structuur
 - C alleen de secundaire structuur
 - D de secundaire structuur, en daardoor ook de tertiaire structuur

Prionen zijn overdraagbaar tussen diersoorten die overeenkomstige PrP-eiwitten hebben. Men veronderstelt dat de variant van Creutzfeldt-Jakob (vCJD) bij mensen wordt veroorzaakt door het eten van rundvlees dat met prionen is besmet. Besmetting is moeilijk te voorkomen, doordat prionen bestand zijn tegen ontsmetten, bestralen, vriezen, drogen en verhitten (pasteurisatie en sterilisatie) en ook tegen eiwitsplitsende enzymen.

Het is niet voor de hand liggend dat mensen door het eten van vlees met prionen besmet worden, doordat prionen normaliter niet in het darmkanaal worden geresorbeerd.

- 1p **16** Waardoor worden prionen normaliter niet vanuit het darmkanaal van mensen geresorbeerd?

Er wordt gewerkt aan het ontwikkelen van een vaccin tegen prionziektes. Een vaccin tegen vCJD bestaande uit PrP-eiwitten, bijvoorbeeld uit runderen, zal echter niet werkzaam zijn.

- 2p **17** Leg uit waardoor.

- 1p **18** Waarom zijn prionen uit runderen ook niet geschikt voor gebruik als vaccin?

Ten tijde van de BSE-uitbraak in de jaren '90 van de vorige eeuw werd BSE aangetoond bij duizenden koeien. Het is waarschijnlijk dat in die tijd veel mensen met prionen besmet rundvlees gegeten hebben. Toch is het aantal patiënten waarbij de diagnose vCJD is gesteld, tot op heden beperkt gebleven tot enkele honderden. Drie gegevens in verband hiermee zijn:

- 1 De ziekte vCJD heeft een lange incubatietijd, tot wel tientallen jaren;
- 2 Prionen bevinden zich voornamelijk in het centrale zenuwstelsel van de besmette koeien en niet in het spierweefsel;
- 3 Pas na overlijden kan bij een autopsie de ziekte vCJD met zekerheid worden vastgesteld.

- 2p **19** Welke van deze gegevens kan of welke kunnen het tot op heden relatief geringe aantal diagnoses vCJD verklaren?

- A alleen 1
- B alleen 3
- C alleen 1 en 2
- D alleen 2 en 3
- E 1, 2 en 3

Vroeger werden kinderen met groeiproblemen ingespoten met humaan groeihormoon. Dat werd bereid door klierweefsel dat groeihormoon vormt, te vermalen. Van één jongen is bekend dat hij daardoor de ziekte van Creutzfeldt-Jakob kreeg.

- 2p **20** Leg uit hoe iemand deze ziekte kan oplopen door inspuiting met humaan groeihormoon in vermalen klierweefsel.

- 1p **21** Met welke techniek kan humaan groeihormoon worden gefabriceerd, waarbij dit risico er niet is?

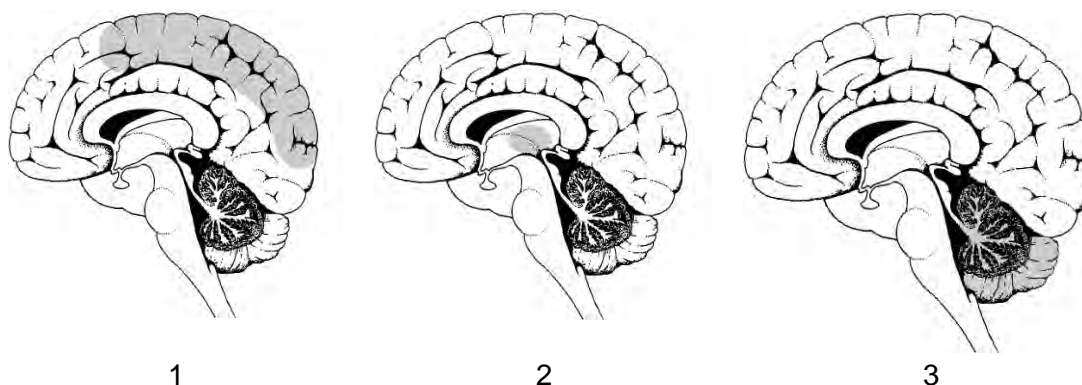
Andere aandoeningen naast vCJD die veroorzaakt worden door prionen en een fatale afloop hebben, zijn Creutzfeldt-Jacob (CJD), Kuru en de erfelijke ziekte FFI (fatale familiale insomnie).

Enkele kenmerkende symptomen van het beginstadium van Kuru, FFI en CJD zijn hieronder gegeven.

- Kuru: De patiënt krijgt problemen met de coördinatie van lichaamsbewegingen en kan niet goed meer lopen.
- FFI: De patiënt lijdt aan steeds toenemende slapeloosheid.
- CJD: Snel verlopende dementie. Daarnaast kan de patiënt tintelingen in de ledematen voelen en visuele en auditieve hallucinaties krijgen. Soms gaat het gezichtsvermogen achteruit.

In afbeelding 2 zijn in drie tekeningen hersengebieden aangegeven (grijs gearceerd) die door prionen aangetast zijn.

afbeelding 2



2p **22** Welke tekening hoort op basis van de beschreven symptomen bij welke prionziekte?

| | Kuru | FFI | CJD |
|----------|------|-----|-----|
| A | 1 | 2 | 3 |
| B | 1 | 3 | 2 |
| C | 2 | 1 | 3 |
| D | 2 | 3 | 1 |
| E | 3 | 1 | 2 |
| F | 3 | 2 | 1 |

Oorsmeer

Japane onderzoekers hebben aangetoond dat een substitutie van één nucleotide in het genoom van de mens een merkbare verandering in de viscositeit van het oorsmeer tot gevolg heeft.

Oorsmeer wordt gevormd door klieren in de uitwendige gehoorgang. Het komt bij mensen in twee vormen voor: de natte en de droge vorm.

Nat oorsmeer is bruin en plakkerig, droog oorsmeer is meer grijs van kleur en vlokkelig. Het allel voor nat oorsmeer (N) is dominant over het allel voor droog oorsmeer (n).

Het verschil tussen deze twee allelen is de substitutie van één nucleotide, op plaats 538 van het ABCC11-gen van chromosoom 16. Een nucleotide met de base guanine (in allel N) is daar vervangen door een nucleotide met adenine (in allel n). Deze substitutie is een 'niet-synonieme' puntmutatie. Dat houdt in dat als gevolg van deze substitutie het codon waarin deze puntmutatie heeft plaatsgevonden, voor een ander aminozuur codeert dan het oorspronkelijke.

Substitutie van het derde nucleotide in het codon 5' AGT 3' in de coderende streng (dus niet de matrijsstreng of template streng) van een willekeurig DNA-molecuul kan een synonieme of een niet-synonieme mutatie veroorzaken.

2p **23** In welk geval betreft het hier een synonieme mutatie?

Als het laatste nucleotide van dit codon verandert in een nucleotide met de base

- A adenine
- B cytosine
- C guanine

Het eiwit dat door het allel voor nat oorsmeer gecodeerd wordt, speelt een rol bij het transport van stoffen door membranen. Ten gevolge van slechts één ander aminozuur werkt dit genproduct niet meer.

2p **24** – Leg uit hoe de verandering van slechts één aminozuur kan leiden tot een onwerkzaamheid van dit genproduct.
– Leg uit hoe een ander type oorsmeer daarvan het gevolg kan zijn.

In afbeelding 1 is de nucleotidenvolgorde (alleen van de exons) in het DNA van het allel voor nat oorsmeer weergegeven. Onder de nucleotidenvolgorde is de aminozuurvolgorde weergegeven van het eiwit waarvoor dit allel codeert.

afbeelding 1

```

1 atgactagga agaggacata ctgggtgccc aactcttctg gtggcctcgt gaatcgtggc
61 atcgacatag gcgatgacat ggtttcagga cttatttata aaacctatac tctccaagat
121 ggcccctgga gtcagcaaga gagaaatcct gaggctccag ggagggcagc tgtcccaccg
181 tgggggaagt atgatgctgc cttgagaacc atgattccct tccgtcccaa gccgaggttt
241 cctgcccccc agcccctgga caatgctggc ctgttctcct acctcaccgt gtcattggctc
301 accccgctca tgatccaaag cttacggagt cgcttagatg agaacacat cctccactg
361 tcagtccatg atgcctcaga caaaaatgtc caaaggcttc accgcctttg ggaagaagaa
421 gtctcaaggc gagggattga aaaagcttca gtgcttctgg tgatgctgag gttccagaga
481 acaaggttga ttttcgatgc acttctgggc atctgcttct gcattgccag tgtactcggg
541 ccaatattga ttataccaaa gatcctggaa tattcagaag agcagttggg gaatgttgc
601 catggagtgg gactctgctt tgcctttttt ctctccgaat gtgtgaagtc tctgagttc
661 tcctccagtt ggatcatcaa ccaacgcaca gccatcaggt tccgagcagc tgtttcctcc
721 tttgcctttg agaagctcat ccaatttaag tctgtaatac acatcacctc aggagaggcc
781 atcagcttct tcaccggtga tgtaaactac ctggttgaag ggggtgtgta tggacccta
841 gtactgatca cctgcgcatc gctgggtcatc tgcagattt ctctactact cattattgga
901 tacactgcat ttattgccat cttatgctat ctctggttt tcccactggc ggtattcatg
961 acaagaatgg ctgtgaaggc tcagcatcac acatctgagg tcagcgacca gcgcatcctg
1021 gtgaccagtg aagttctcac ttgcattaag ctgattaaaa tgtacacatg ggagaaacca
1081 tttgcaaaaa tcattgaaga cctaagaagg aaggaaagga aactattgga gaagtgcggg
1141 cttgtccaga gcctgacaag tataaccttg ttcacatcc ccacagtggc cacagcggtc
1201 tgggttctca tccacacatc cttaaagctg aaactcacag cgtcaatggc cttcagcatg
1261 ctggcctcct tgaatctcct tcggctgtca gtgttctttg tgctattgc agtcaaaggt
1321 ctcacgaatt ccaagtctgc agtgatgagg ttcaagaagt tttcctcca ggagagcctt
1381 gttttctatg tccagacatt acaagacccc agcaaagctc tggcttttga ggaggccacc
1441 ttgtcatggc aacagacctg tcccgggatc gtcaatgggg cactggagct ggagaggaac
1501 gggcatgctt ctgaggggat gaccaggcct agagatgccc tccggccaga ggaagaaggg
1561 aacagcctgg gccagagtt gcacaagatc aacctgggtg tgtccaaggt agccttgttc
1621 aggccacgca ggcaggccag ctgccaggct ctcaggacct ga

```

"MTRKRTYWVPNSSGGLVNRGIDIGDDMVSLIYKTYTLQDGPWS
 QQERNPEAPGRAAVPPWGKYDAALRTMIPFRPKPRFPAPQPLDNAGLFSYLTVSWLTP
 LMIQSLRSLDENTIPPLSVHDASDKNVQRLHRLWEEEVSRRGIEKASVLLVMLRFQR
 TRLIFDALLGICFCIASVLGPILIIIPKILEYSEEQLGNVHVHVGGLCFALFLSECVKSL
 SFSSSWIINQRTAIRFRAAVSSF AFEKLIQFKSVIHITSGEAISFFTGVDVNYLFEVVC
 YGPLVLITCASLVICSISSYFIIGYTAFAIILCYLLVFPFLAVFMTRMAVKAQHHTSEV
 SDQIRIVTSEVLTCIKLIKMYTWEKPFAKIIEDLRRKERKLEKGLVQSLTSITLFI
 IPTVATAVWVLIHTSLKLLKTASMAFSLASLNLRLSVFVPIAVKGLTNSKSAVMR
 FKKFFLQESPVFYVQTLQDPSKALVFEEATLSWQQTCPGIVNGALELERNGHASEGMT
 RPRDALGP EEGNSLGP ELHK INLVVSKVALFRPRRQASCQALRT"

- 2p **25** – Leid uit de gegevens in afbeelding 1 af of de nucleotidenvolgorde is weergegeven van de coderende streng of van de daaraan complementaire matrijsstreng (template streng) van het gen.
- Wordt deze streng gebruikt voor transcriptie?

weergave

gebruikt voor transcriptie?

- | | | |
|----------|---------------------|-----|
| A | de coderende streng | ja |
| B | de coderende streng | nee |
| C | de matrijsstreng | ja |
| D | de matrijsstreng | nee |

Met behulp van de gegevens in de inleiding en in afbeelding 1 kan bepaald worden welk aminozuur, als gevolg van de beschreven puntmutatie in allel N, in het genproduct vervangen wordt door een ander aminozuur.

2p **26** Welk aminozuur wordt vervangen in het genproduct?

- A arginine
- B glycine
- C proline
- D threonine
- E valine

De Japanse genetici onderzochten een persoon Q die voor het gen voor oorsmeer heterozygoot was, en droog oorsmeer maakte. Eén van de allelen voor oorsmeer van persoon Q had een deletie van 27 nucleotiden (D27) aan de 3' kant van plaats 538. De onderzoekers veronderstelden dat daardoor het translatieproduct van dit allel onwerkzaam zou zijn.

1p **27** Waardoor produceert persoon Q dan droog oorsmeer?

In afbeelding 2 zijn van drie ouderparen de genotypes, wat betreft de ABCC11 allelen in chromosoom 16, schematisch weergegeven. De afkortingen G en A staan voor respectievelijk Guanine en Adenine op plaats 538. Met een – teken wordt de deletie D27 in dit gen aangegeven en met een + teken de intacte nucleotidenvolgorde.

afbeelding 2

| | | | | | |
|---|-------|----------|---|--------|----------|
| 1 | vader | G^+G^- | x | moeder | G^+G^- |
| 2 | vader | G^+A^+ | x | moeder | G^-A^+ |
| 3 | vader | G^-A^+ | x | moeder | A^+A^+ |

2p **28** Welke combinatie geeft of welke combinaties geven mogelijk de ouders van persoon Q weer?

- A alleen 1
- B alleen 2
- C alleen 3
- D 1 en 2
- E 1 en 3
- F 2 en 3

Verwantschapsherkenning bij muizen

De vrouwtjes van huismuizen (*Mus musculus*) hebben vaak gemeenschappelijke nestplaatsen waarin ze elkaars jongen voeden en verzorgen. Genetici van de Universiteit van Florida hebben onderzoek gedaan naar dit onzelfzuchtige (altruïstische) gedrag.

Het kan voor muizenmoeders gunstig zijn om een nest te delen met verwanten. Verwanten hebben immers veel genetische overeenkomsten en de zorg aan nakomelingen van verwanten vergroot dus indirect het eigen voortplantings-succes. Bij families die dit doen is sprake van indirecte fitness. Hoe nauwer de verwantschap, des te groter het effect.

- 2p **29** Leg uit hoe het verzorgen van elkaars jongen zich in de loop van de tijd uitgebreid kan hebben binnen muizenpopulaties.

De onderzoekers ontdekten dat MHC-eiwitten een rol spelen in de verwantschapsherkenning. Vrouwtjes blijken bij voorkeur hun nest te delen met muizen met een overeenkomstig MHC-genotype en vertonen binnen dit nest altruïstisch gedrag. De MHC-eiwitten leiden onder andere tot urine met een kenmerkend geurprofiel. Op basis hiervan kunnen muizen een onderscheid maken tussen individuen. De MHC-genen zijn verdeeld over meerdere loci van chromosoom 17, met voor elke locus veel verschillende allelen. Hierdoor hebben niet-verwanten maar weinig MHC-allelen gemeenschappelijk. De MHC-allelen van muizen erven co-dominant over, dat wil zeggen dat van elke locus de MHC-allelen van beide chromosomen tot expressie komen.

Gebleken is dat muizen die voor een groter aantal MHC-loci heterozygoot zijn, een kenmerkender geurprofiel bezitten dan muizen die voor minder MHC-loci heterozygoot zijn.

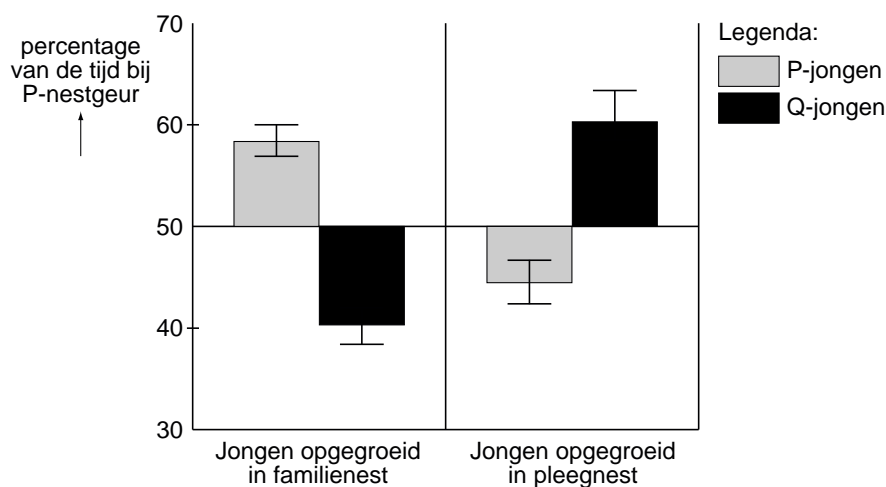
- 2p **30** Geef hiervoor een verklaring.

Niet alleen vrouwtjes, maar ook muizenjongen herkennen een MHC-specifieke geur. In een experiment werden twee groepen familienesten, elk met een eigen homozygoot MHC-genotype gebruikt: P-nesten en Q-nesten.

Een aantal jongen uit beide nesttypen werd grootgebracht in het nest waar ze geboren waren. De andere jongen werden vlak na de geboorte in een pleegnest met het andere MHC-genotype overgeplaatst: P-jongen naar een Q-nest en Q-jongen naar een P-nest.

Toen de jonge muizen enkele weken oud waren werden ze in een Y-vormige proefopstelling gezet, met in de ene arm nestmateriaal uit een P-nest en in de andere arm nestmateriaal uit een Q-nest. Gedurende vier minuten werd bijgehouden hoeveel tijd ze in welke arm verbleven.

In het diagram in de afbeelding zijn enkele resultaten weergegeven: hoeveel procent van de tijd de jongen gemiddeld doorbrachten in de arm met de geur van een P-nest. De 50-procentlijn geeft de nulhypothese aan: wanneer de jongen zich willekeurig bewegen in de proefopstelling zullen ze gemiddeld 50 procent van de tijd in de P-arm zijn en even lang in de Q-arm. Uit de afwijking ten opzichte van de 50-procentlijn blijkt de voorkeur voor één van de twee nestgeuren.



Uit deze resultaten is af te leiden welke geur of welke geuren de jonge muizen herkennen. Er worden drie conclusies overwogen:

- 1 Muizenjongen herkennen de geur die ze zelf produceren;
- 2 Muizenjongen herkennen de geur van hun biologische familie;
- 3 Muizenjongen herkennen de geur van het nest waarin ze opgroeiden.

2p **31** Welke van deze conclusies is of welke zijn juist op basis van de resultaten van dit experiment?

- A alleen 1
- B alleen 2
- C alleen 3
- D 1 en 2
- E 1 en 3
- F 2 en 3

Uit vervolggexperimenten is gebleken dat muizen het MHC-geurtype ook gebruiken bij hun partnerkeuze. Bij het kiezen van een partner om mee te paren hebben ze veelal een voorkeur voor een individu met een ander geurtype. Hiermee wordt de kans op inteelt verkleind.

2p **32** Leg uit dat inteelt nadelig kan zijn voor het voortplantingssucces.

In een onderzoek naar de partnerkeuze bij muizen werden twee familiegroepen, elk met een bekend homozygoot MHC-genotype, gebruikt: type R en type S. Paringsbereide vrouwtjes, opgegroeid in één van deze familiegroepen, werd de keuze geboden tussen mannetjes van het type R en van het type S. De vrouwtjes paarden bij voorkeur met mannetjes van het andere MHC-type.

Het is voordelig voor het nageslacht als de ouders zoveel mogelijk verschillen wat betreft de MHC-allelen.

2p **33** Leg dit uit aan de hand van de functie van het MHC-complex.

Vervolgens werd onderzocht of vrouwtjes hun partnerkeuze baseerden op het herkennen van de eigen geur (zelfinspectie) of op het herkennen van de nestgeur (familie-inprenting). Daartoe werd een aantal jongen bij pleegouders ondergebracht: R-vrouwtjes werden meteen na de geboorte in een S-nest geplaatst en S-vrouwtjes meteen in een R-nest. Toen de vrouwtjes geslachtsrijp waren werd hen de keuze geboden tussen S-mannetjes en R-mannetjes.

2p **34** – Welk type mannetje heeft de voorkeur van een R-vrouwtje opgegroeid in een S-nest, als ze een keuze maakt op basis van zelfinspectie?
– Welke voorkeur heeft een R-vrouwtje opgegroeid in een S-nest, als de keuze op basis van familie-inprenting gemaakt wordt?

| | zelfinspectie | familie-inprenting |
|----------|---------------|--------------------|
| A | S | S |
| B | S | R |
| C | R | S |
| D | R | R |

Freediving

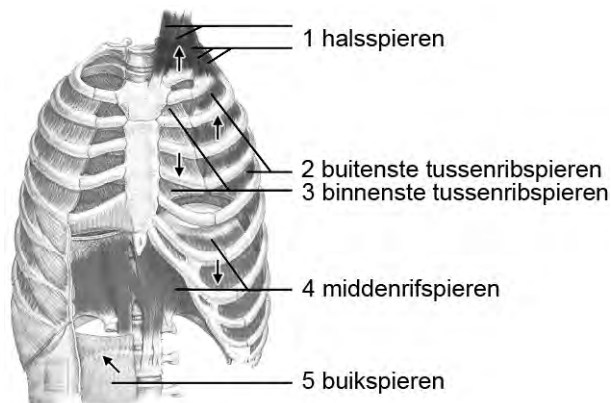
Met één hap lucht zo lang mogelijk of zo diep mogelijk onder water gaan, dat is de uitdaging bij freediving of apnea. Het record voor 'static apnea' (zo lang mogelijk onderwater stil blijven liggen) stond in juni 2009 op 11 minuut 35 seconde. Hiernaast zie je een beoefenaar van static apnea. Een begeleider houdt hem in de gaten.



Wanneer je je adem inhoudt gaat dat gemakkelijk tot je het 'breaking point' bereikt. Hierna begint de fase die duikers de 'struggle fase' noemen: bepaalde spieren gaan samentrekken om in te ademen en om dit te onderdrukken worden actief spieren met een tegengesteld effect samengetrokken. Voor apneaduikers is het zaak het breaking point zo lang mogelijk uit te stellen en de struggle fase zo lang mogelijk vol te houden.

Spiergroepen rond de borstkas die betrokken zijn bij de ademhaling, zijn getekend in afbeelding 1. Met pijlen is aangegeven in welke richting de ribben bewegen als spiergroepen samentrekken. Ook de richting waarin het middenrif beweegt als de middenrifspieren samentrekken, is met een pijl aangegeven.

afbeelding 1



De spiergroepen zijn met een nummer aangeduid.

- 2p 35 Welke spiergroepen kunnen actief worden samengetrokken om de struggle fase te laten voortduren?
- A alleen 1 en 2
 - B alleen 1 en 3
 - C alleen 2 en 4
 - D alleen 3 en 5
 - E 1, 2 en 4
 - F 1, 3 en 5

Dat mensen onder water hun adem kunnen inhouden hangt samen met de duikreflex. Na onderdompeling van het hoofd vinden er verschillende fysiologische processen plaats, die een langer verblijf onder water mogelijk maken, zoals perifere vaatvernauwing. Perifere vaatvernauwing houdt in dat er onder invloed van het orthosympatisch zenuwstelsel minder bloed naar de ledematen gaat en meer naar de hersenen en andere belangrijke organen. Vooral koud water op het voorhoofd brengt deze vaatvernauwing teweeg.

Na prikkeling van koudereceptoren in het voorhoofd leggen impulsen een weg af langs verschillende delen van het zenuwstelsel. Een aantal neuronen en hun verbindingen zijn:

- 1 neuronen in de hersenstam;
- 2 neuronen in de grensstreng;
- 3 neuronen van de slagadertjes.

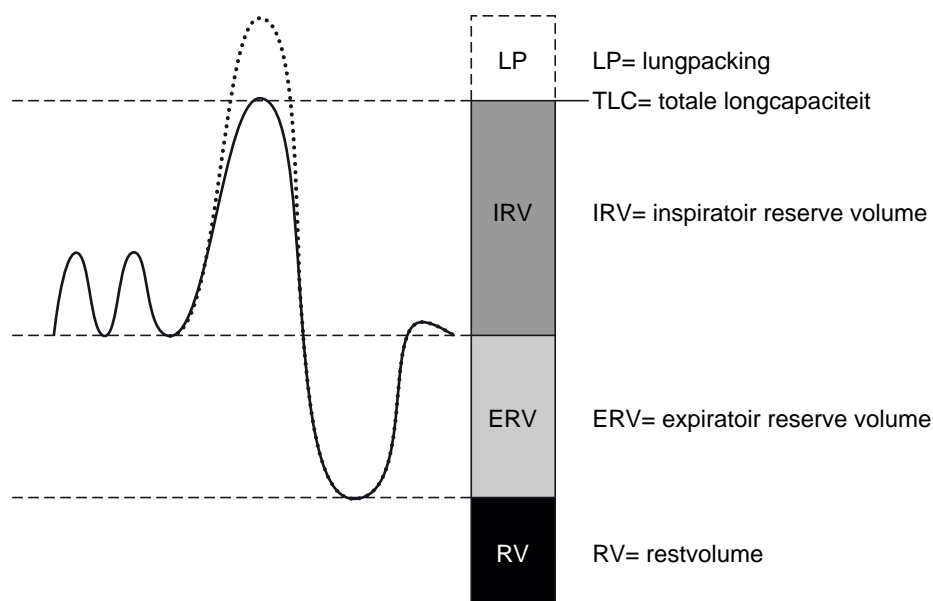
- 2p **36** Welke van deze neuronen zijn actief betrokken bij de perifere vaatvernauwing?
- A alleen 1 en 2
 - B alleen 1 en 3
 - C alleen 2 en 3
 - D 1, 2 en 3

Sommige apneaduikers proberen de ademprikkel tijdens de duik uit te stellen door vooraf te hyperventileren. Er is met deze tactiek echter een groot gevaar voor bewusteloosheid, door een zuurstofgebrek in de hersenen. Dit wordt onder andere veroorzaakt door een vaatvernauwing in de richting van de hersenen. Het heeft ook te maken met het effect van het hyperventileren op de $p\text{CO}_2$ van het bloed bij aanvang van de duik.

- 2p **37**
- Waardoor wordt na hyperventileren de ademprikkel uitgesteld?
 - Waardoor is er dan een kans op bewusteloos raken tijdens de duik?

Een andere techniek die door duikers wordt toegepast om grotere diepten te bereiken is 'lungpacking' voor een duik. De duiker ademt eerst maximaal in tot de totale longcapaciteit (zie afbeelding 2) is bereikt. Vervolgens sluit hij zijn strotteklepje, hapt een mondvul lucht en perst dit vanuit de keelholte langs het strotteklepje naar de longen. Dit wordt een paar keer herhaald.

afbeelding 2



Door lungpacking voorafgaand aan een duik kan de duiker een grotere diepte bereiken.

2p **38** Leg dit uit.