

Het is niet duidelijk in hoeverre de verbleekte koraalriffen zich in de toekomst zullen herstellen. Een natuurlijk herstelmechanisme dat wordt waargenomen, is een verschuiving in de symbiose met de zoöxanthellen. Temperatuurgevoelige *Symbiodinium*-soorten worden vervangen door meer temperatuurtolerante *Symbiodinium*-soorten, waardoor de temperatuurtolerantie van het koraal 1 tot 1,5 °C verschuift. Sommige wetenschappers stellen dat deze aanpassing een vorm van evolutie is.

- 2p 9 – Geef een argument **vóór** deze stelling.  
 – En geef een argument **tegen** deze stelling.

## Antivrieseiwitten

De Amerikaanse onderzoeker Arthur DeVries ontdekte dat poolvissen aanpassingen hebben die voorkómen dat ze bevroren in het ijskoude water. In afbeelding 1 is een antarctisch baarsje omringd door ijskristallen weergegeven.

afbeelding 1



Rond Antarctica, waar de watertemperatuur gemiddeld -1,9 °C is, vormen zich ijskristallen in het water. In dit ijskoude water zijn aangepaste vissen te vinden, met antivrieseiwitten in hun lichaam. Zonder deze antivrieseiwitten zouden in het lichaam van deze koudbloedige vissen ijskristallen ontstaan die schade aanrichten doordat ze membranen van cellen kapot prikken.

IJsvorming in het bloedplasma kan leiden tot osmotische problemen voor de bloedcellen, omdat ijskristallen veel minder zout bevatten dan vloeibaar water.

- 2p 10 Wordt het bloedplasma bij ijsvorming hyper- of hypotoon ten opzichte van het cytoplasma van de bloedcellen? En wat is het gevolg van deze osmotische verandering voor de bloedcellen?

het bloedplasma wordt

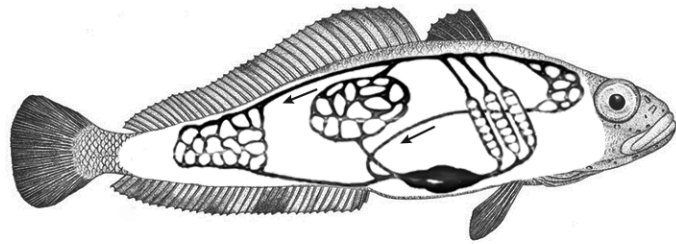
de bloedcellen

- |   |           |         |
|---|-----------|---------|
| A | hypertoon | knappen |
| B | hypertoon | krimpen |
| C | hypotoon  | knappen |
| D | hypotoon  | krimpen |

Ijskristallen in de bloedsomloop blijven klein dankzij antivrieseiwitten. De kristalletjes accumuleren in de milt van de vis, waardoor schade aan de haarvaten beperkt wordt.

In afbeelding 2 is de enkelvoudige bloedsomloop van een vis vereenvoudigd weergegeven. Ijskristallen in het bloed ontstaan vooral in de haarvaten van het darmkanaal.

**afbeelding 2**



Legenda:  
↙ stroomrichting bloed

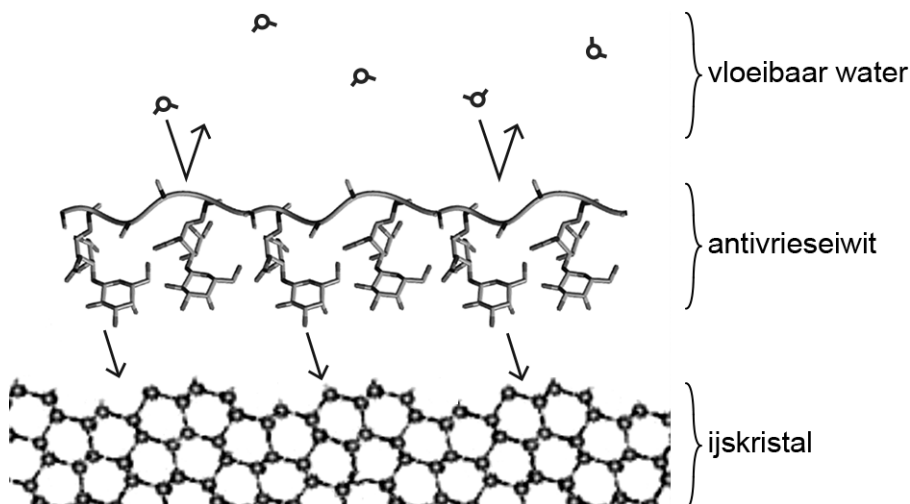
Vier bloedvaten van de vis zijn:

- 1 haarvaten van de kieuwen
- 2 leverslagader
- 3 miltslagader
- 4 poortader

- 2p 11 Welke van deze bloedvaten passeert een ijskristal achtereenvolgens op de kortste route van de darmhaarvaten tot de milt? Noteer die nummers in de juiste volgorde.

Een ijskristal ontstaat meestal uit een zoutdeeltje en een paar watermoleculen. Het ijskristal groeit daarna doordat er steeds meer watermoleculen aan vasthechten. Antivrieseiwitten binden vermoedelijk aan de ijskristallen door de vorming van waterstofbruggen en verhinderen vervolgens de groei van het ijskristal. De mogelijke werking van antivrieseiwitten is schematisch weergegeven in afbeelding 3.

**afbeelding 3**



De werking van het antivrieseiwit in afbeelding 3 kan worden verklaard door de moleculaire eigenschappen van dit eiwit.

- 2p 12 Licht toe dat dit antivrieseiwit zowel een hydrofiele als een hydrofobe zijde nodig heeft om functioneel te kunnen zijn.

Antivrieseiwitten (AFGP's, van 'antifreeze glycoprotein') komen veel voor in poolvissen. AFGP's worden gemaakt door de alvleesklier en worden afgegeven aan de darminhoud, waarna het ongebruikte deel van deze AFGP's vanuit de darm wordt opgenomen in het bloed. Biologen uit de onderzoeksgroep van DeVries vermoeden dat het gen voor het antivrieseiwit stapsgewijs is ontstaan uit het trypsinogeen-gen. Een kopie van het trypsinogeen-gen heeft eerst een aantal exonen verloren en vervolgens zijn de basen die coderen voor het aminozuur-stukje Thr-Ala-Ala vele malen ingevoegd. Door deze veranderingen is in het nieuw gevormde AFGP-gen op een nieuwe plek een stopcodon ontstaan.

Een klein deel van de coderende streng van het AFGP-gen met daarin het stopcodon is weergegeven in afbeelding 4. Daaronder is het homologe (overeenkomstige) deel van het trypsinogeen-gen afgebeeld.

#### afbeelding 4

AFGP-gen: 5' -....GGTGACTGGCAGCCCTCTGGTGT....- 3'

trypsinogeen-gen: 5' -....GGTGACTCCGGCAGCCCTCTGGTGT....- 3'

- 2p 13 Noteer de drie nucleotiden die coderen voor het stopcodon in het AFGP-gen en verklaar dat diezelfde drie nucleotiden in het trypsinogeen-gen geen stopcodon zijn.

Het AFGP-gen bevat ook de code voor een signaalpeptide. Een signaalpeptide bevindt zich aan het begin van de eiwitketen. Als de synthese van het eiwit aan de ribosomen is voltooid, bepaalt het signaalpeptide waar het eiwit terechtkomt. AFGP wordt uiteindelijk via exocytose uitgescheiden.

- 2p 14 Komt AFGP na synthese terecht in het ER of in het grondplasma? En welk organel verzorgt het versturen van de blaasjes met AFGP naar de celmembraan?

<u>AFGP komt terecht in</u>	<u>organel dat verstuurt</u>
A grondplasma	golgi-systeem
B grondplasma	lysosoom
C ER	golgi-systeem
D ER	lysosoom

Zowel trypsinogeen als AFGP komt in het darmkanaal van de Antarctische vissen terecht. Trypsinogeen wordt in het darmkanaal omgezet in trypsine.

- 2p 15 – Welke functie heeft trypsine in het darmkanaal?  
– Welke functie heeft AFGP in het darmkanaal?

Antivrieseiwitten worden gevonden in vissen rondom de Zuidpool, maar ook bij vissen in de noordelijke ijszeeën. Onderzoekers nemen aan dat dit een analoge ontwikkeling is.

- 2p 16 Leg uit dat een homologe oorsprong van alle AFGP's onwaarschijnlijk is.

## Baby met drie ouders

In 2016 werd 's werelds eerste baby geboren met DNA van drie ouders. Het DNA was samengevoegd met behulp van een nieuwe conceptie-techniek. Reden om deze techniek toe te passen was een afwijking in het mitochondriaal DNA van een vrouw met een kinderwens.