

# Leerstof voortentamen biologie van de CCVX

In dit document worden de globale eindtermen gespecificeerd van het programma van het voortentamen biologie van de Centrale Commissies Voortentamen te beginnen met het voortentamen van april 2017.



Deze specificatie is gebaseerd op de eindtermen van het programma voor het Centraal Examen en het Schoolexamen zoals dat in het middelbaar onderwijs wordt afgenomen voor het vak biologie vanaf mei 2016 op het v.w.o. Het voortentamen tentamineert zowel de examenstof die behoort tot het Centraal Examen als de leerstof die hoort tot het Schoolexamen.

Indien de leerstof voor het voortentamen biologie afwijkt van de leerstof van het op dat moment geldende programma van het Centraal Examen of Schoolexamen geldt altijd het programma van de CCVX.

datum: 19 oktober 2016

## 1. Het voortentamen biologie van de CCVX

Het voortentamen bestaat uit een schriftelijk examen.  
Het voortentamen wordt afgenomen in een zitting van 3 uur.

De leerstof bestaat uit de volgende domeinen:

- Basiskennis scheikunde en natuurkunde
- Domein A Vaardigheden
- Domein B Zelfregulatie
- Domein C Zelforganisatie
- Domein D Interactie
- Domein E Reproductie
- Domein F Evolutie

Daarnaast wordt de leerstof van de onderbouw van het v.w.o. bekend verondersteld.

Het voortentamen biologie heeft betrekking op de domeinen B tot en met F in combinatie met de vaardigheden uit domein A met uitzondering van die onderdelen die zich naar hun aard niet lenen voor schriftelijke examinering, waaronder vaardigheden die uitdrukkelijk een computer als werkstation vereisen.

Voor voorbeelden van examenvragen wordt verwezen naar de schriftelijke examens uit het recente verleden. Het type vragen zal niet afwijken van de vragen op basis van de huidige interpretatie van de eindtermen door de CEVO.

In de hierna volgende specificatie van de leerstof voor het voortentamen biologie van de CCVX zijn aangegeven:

- de domeinen en subdomeinen die getoetst worden;
- per subdomein één geglobaliseerde eindterm;
- een specificatie van de geglobaliseerde eindtermen waar nodig aangevuld met voorbeeldcontexten en deelconcepten.

De genoemde voorbeeldcontexten zijn “minimaal” bedoeld; het is uitdrukkelijk niet bedoeld als een uitsluiting van andere mogelijke voorbeeldcontexten.

## 2. De leerstof van het voortentamen

### Basiskennis scheikunde en natuurkunde

Deze basiskennis wordt tijdens het voortentamen biologie niet rechtstreeks of los van een biologische situatie getoetst.

#### Scheikunde

De volgende onderdelen worden voor biologie bekend verondersteld:

- atoom, molecuul, ion, proton
- atoommassa
- molecuulformule, structuurformule
- reagentia
- reactievergelijking, evenwichtsreacties, katalysator
- water- of vetoplosbaar (hydrofiel, hydrofoob), verzadiging
- zuren en basen, pH, indicatoren
- reductor en oxidator
- aminozuren, eiwitten, peptidebinding
- vetten, glycerol, (on)verzadigde vetzuren
- koolhydraten: mono-, di- en polysachariden
- waterstof- en zwavelbruggen
- methaan, alcohol (ethanol)
- Namen en formules van de volgende stoffen: ammoniak, calcium, ijzer, kalium, koolstofdioxide, magnesium, natriumchloride, stikstof en water;
- Grootheden en eenheden: concentratie (mol/L of g/L), massapercentage, volumepercentage, ppm.

#### Natuurkunde

De volgende onderdelen worden voor biologie bekend verondersteld:

- massa, dichtheid, gewicht
- vaste, vloeibare en gasvormige fase
- snelheden, frequenties
- vormen van energie
- (radioactieve) isotopen en ioniserende straling, halveringstijd
- elektromagnetisch spectrum
- soortelijke warmte, warmtecapaciteit, verbrandingswarmte

### Domein A - Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden

Subdomeinen A5 t/m A9: Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden

Subdomeinen A10 t/m A16: Biologische vakvaardigheden

#### Subdomein A1 - Informatievaardigheden gebruiken

De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

#### Subdomein A2 - Communiceren

De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

#### Subdomein A3 - Reflecteren op leren

De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

#### **Subdomein A4 - Studie en beroep**

De kandidaat kan aangeven op welke wijze natuurwetenschappelijke kennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan zijn belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.

#### **Subdomein A5 - Onderzoeken**

De kandidaat kan in contexten vraagstellingen analyseren, gebruikmakend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie:

De kandidaat kan, gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden:

1. een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren;
2. een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvraag(en);
3. verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4. een hypothese opstellen bij een onderzoeksvraag en verwachtingen formuleren;
5. een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een (of meerdere) onderzoeksvraag(en);
6. voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen;
7. meetgegevens verwerken en presenteren op een wijze die helpt bij de beantwoording van een onderzoeksvraag;
8. op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvraag(en) van het onderzoek;
9. de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren, gebruik makend van de begrippen validiteit en betrouwbaarheid;
10. een natuurwetenschappelijk onderzoek presenteren;
11. herkennen dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken mogelijk zijn;
12. De aard van de opbrengst van onderzoek duiden en daarbij de begrippen onzekerheid en waarschijnlijkheid hanteren.

#### **Subdomein A6 - Ontwerpen**

De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

Specificatie:

De kandidaat kan gebruik makend van relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen

1. een technisch-ontwerpprobleem analyseren en beschrijven;
2. voor een ontwerp een programma van eisen en wensen opstellen;
3. verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
4. verschillende (deel)uitwerkingen geven voor taken en eigenschappen van een ontwerp;
5. een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen, prioriteiten en randvoorwaarden;
6. een prototype van een ontwerp bouwen;
7. een ontwerpproces en -product testen en evalueren, rekening houdend met het programma van eisen;
8. voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp;
9. een ontwerpproces en -product presenteren.

#### **Subdomein A7 - Modelvorming**

De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. relevante grootheden en relaties in een probleemsituatie identificeren en selecteren;
2. door het doen van aannamen en het maken van vereenvoudigingen een natuurwetenschappelijk probleem inperken tot een onderzoekbare vraagstelling;
3. bij een natuurwetenschappelijk probleem een model selecteren dat geschikt is om het probleem te bestuderen;
4. een beargumenteerde schatting maken voor parameterwaarden van een model op basis van gegevens;
5. toetsbare verwachtingen formuleren over het gedrag van een model;
6. een model met een geschikte tijdstap doorrekenen;
7. een model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens;
8. een modelstudie presenteren.

### **Subdomein A8 - Natuurwetenschappelijk instrumentarium**

De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en -bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen mede met behulp van ICT:
  - gegevens halen uit grafieken, tabellen, tekeningen, simulaties, schema's en diagrammen;
  - grootheden, eenheden, symbolen, formules en gegevens opzoeken in geschikte tabellen.
2. informatie, gegevens en meetresultaten analyseren, weergeven en structureren in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen mede met behulp van ICT;
3. aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten;
4. verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, organismen en milieu;
5. Een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen:
  - rekenen met getallen in breuken en machten;
  - rekenen met verhoudingen (ratio), percentages en gemiddelden;
  - rekenen met oppervlakte en volumes;
  - omwerken van formules;
  - grafieken opstellen en daarbij rekening houden met de plaats van de afhankelijke en de onafhankelijke variabele;
  - aflezen logaritmische grafiek;
  - lineaire en exponentiële verbanden herkennen;
  - grafieken lezen (formuleloos), gericht op grafisch verloop en trends.
6. Verbanden leggen op basis van tabel- en grafiekgegevens.

### **Subdomein A9 - Waarderen en oordelen**

De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. een beargumenteerd oordeel geven over een situatie waarin natuurwetenschappelijke

- kennis een belangrijke rol speelt, dan wel een beargumenteerde keuze maken tussen alternatieven bij vraagstukken van natuurwetenschappelijke aard;
2. een onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen;
  3. feiten met bronnen verantwoorden;
  4. de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor de beantwoording van het betreffende vraagstuk.

### **Subdomein A10 - Beleven**

De kandidaat kan in contexten gevoelens en betekenissen expliciteren die worden opgeroepen door het omgaan met de natuur of in de natuur voorkomende objecten en daarbij aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen van anderen.

### **Subdomein A11 - Vormfunctiedenken**

De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarbij van biologische objecten op verschillende organisatieniveaus vanuit een gegeven vorm naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.

### **Subdomein A12 - Ecologisch denken**

De kandidaat kan in contexten op het gebied van duurzaamheid redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem zijn.

### **Subdomein A13 - Evolutionair denken**

De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarmee biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus verklaard worden met behulp van theorie over evolutiemechanismen.

### **Subdomein A14 - Systeemdenken**

De kandidaat kan in contexten een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.

### **Subdomein A15 - Kennisontwikkeling en -toepassing**

De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurwetenschappelijke en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

### **Subdomein A16 - Contexten**

De kandidaat kan de in domein A genoemde vaardigheden en de in domeinen B tot en met F genoemde concepten ten minste gebruiken in wetenschappelijke contexten, in beroepscontexten waarvoor een wetenschappelijke opleiding is vereist en in leefwereldcontexten.

## **Domein B - Zelfregulatie**

De biologie, de leer van het leven, bestudeert het leven op verschillende niveaus. Op elk niveau zijn er systemen met een eigen organisatie, de biologische eenheden: de moleculen, de cel, het orgaan, het organisme, de populatie, het ecosysteem. Elke biologische eenheid is een complex dynamisch systeem, erop gebouwd om effectief met de eigen omgeving om te gaan. Elke biologische eenheid is een complex systeem dat zichzelf reguleert.

Biologische eenheden, op welk organisatieniveau dan ook, houden zichzelf in stand door het opnemen van stoffen c.q. energie uit hun omgeving, door het herstellen van opgelopen schade, door zich te verdedigen tegen belagers en tegen schadelijke stoffen en door het aanpassen aan of het veranderen van de omgeving. Onderdelen van een biologische eenheid kunnen gespecialiseerd zijn voor een bepaalde functie. Biologische eenheden kunnen met elkaar op

een hoger niveau een nieuwe biologische eenheid vormen met een eigen organisatiestructuur. De kandidaat kan in een context:

- biologische eenheden herkennen en de kenmerken ervan beschrijven. Die biologische eenheden zijn moleculen, cellen, organen, organismen, populaties, ecosystemen;
- uitleggen dat er opname, verwerking en afgifte van energie en materie is, en daarbij de relaties binnen en tussen de verschillende biologische eenheden beschrijven;
- redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht, en andersom.

### **Subdomein B1 - Eiwitsynthese**

De kandidaat kan met behulp van de concepten DNA en eiwitsynthese ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze zelfregulatie op moleculair niveau plaatsvindt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid en gezondheidszorg:* Humane genetici in academische centra doen experimenteel DNA onderzoek om patiënten met de ziekte van Duchenne weer functioneel dystrofine te laten aanmaken.

*Voedselproductie:* Biotechnologen bij bureau genetisch gemodificeerde organismen (GGO) beoordelen aanvragen voor het gebruik van genetisch gemodificeerde gewassen, met het doel de veiligheid voor mens en milieu te waarborgen.

*Voedselproductie:* Levensmiddelentechnologen bij een voedselproductieconcern veranderen DNA en daarmee eiwitsynthese met het doel gezondere producten (functional food) te produceren.

#### **B1.1 - DNA**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw van DNA en RNA beschrijven en de verschillen toelichten;
2. de functies van DNA en van mRNA, tRNA en rRNA benoemen en het verband beschrijven met de bouw ervan;
3. uitleggen op welke manieren de basenvolgorde in het DNA bepaald kan worden.

Deelconcepten:

nucleïnezuren, helixstructuur, basenparing, nucleotide, enkelstrengs en dubbelstrengs DNA, chromosomen, nucleosomen, histonen, kernDNA, mitochondriaal en chloroplast mtDNA, cDNA, RNA, genetische code, plasmide, primer, PCR, sequenzen, restrictie-enzym, repetitief DNA.

#### **B1.2 - Eiwitsynthese**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. op basis van de relatie tussen tripletcode en aminozuur toelichten hoe eiwitten gevormd worden
2. het proces van transcriptie en translatie beschrijven;
3. uitleggen hoe de aminozuurvolgorde (primaire structuur) van een eiwit de bouw en werking van het eiwit bepaalt;
4. uitleggen hoe eiwitten de bouw en werking van biologische eenheden bepalen.

Deelconcepten:

aminozuur, primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuur, proteïne, peptidebinding, transcriptie, translatie, mRNA, tRNA, rRNA, cytoplasma, ribosoom, golgi-systeem, (ruw) endoplasmatisch reticulum, tripletcode, codon, anticodon, coderende streng, afleesrichting, template/matrijsstreng, DNA-polymerase, startcodon, stopcodon, plasmide.

### **Subdomein B2 - Stofwisseling van de cel**

De kandidaat kan met behulp van de concepten homeostase, transport, assimilatie en

dissimilatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voeding verklaren op welke wijze de stofwisseling van cellen van prokaryoten en eukaryoten verloopt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid en gezondheidszorg* (leefwereldcontext): Leden van een familie die mogelijk een erfelijke, mitochondriale afwijking hebben zoals MERFF, ondergaan in een academische centrum een onderzoek om vast te stellen of ze het gemuteerde gen hebben met het doel zich voor te bereiden op eventuele consequenties.

*Voeding*: Microbiologen bij voedselproducenten ontwikkelen microbiële testen op ingrediënten van voedingsmiddelen met het doel om ingrediënten snel te kunnen testen op aanwezigheid van gevaarlijke micro-organismen.

## **B2.1 - Homeostase**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. kenmerken van bacteriën beschrijven;
2. een eukaryote cel beschrijven als een zelfstandig functionerende eenheid, de onderdelen van cellen herkennen en de functies ervan benoemen;
3. uitleggen dat cellen zich in stand houden door het uitvoeren van chemische reacties;
4. toelichten dat het dynamisch evenwicht in de cel in stand wordt gehouden in een complex netwerk van celprocessen die uiteenlopende functies hebben;
5. uitleggen hoe door het principe van terugkoppeling homeostase in de cel gerealiseerd wordt.

Deelconcepten:

prokaryoot, eukaryoot, virus, bacterie, plasmide, celkern, kernlichaampje, kernporie, chromosoom, celwand, celmembraan, vacuole, cytoplasma, grondplasma, cytoskelet, centriolen, mitochondrie, (ruw) endoplasmatisch reticulum, golgi-systeem, ribosoom, lysosoom, chloroplast, chlorofyl, plastide, ciliën, flagellen, terugkoppeling, receptoreiwit, effector, cascade, ionenpomp, dynamisch evenwicht.

## **B2.2 - Transport**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. vormen van actief en passief transport beschrijven en de relatie beschrijven met de eigenschappen van de getransporteerde stoffen en de bouw en eigenschappen van membranen;
2. toelichten dat effecten van osmotische werking verschillen bij plantaardige en dierlijke cellen;
3. uitleggen dat door de aanwezigheid van een selectief doorlaatbaar celmembraan de celinhoud permanent verschilt van de celomgeving;
4. de rol van het cytoskelet bij transportprocessen herkennen.

Deelconcepten:

diffusie, osmose, semi-permeabel membraan, selectief permeabel, fosfolipiden, hydrofoob, hydrofiel, receptoreiwit, ionentransport, ionenpomp, isotonisch, hypotonisch, hypertonisch, plasmolyse, turgor, osmotische druk, osmotische waarde, waterpotentiaal, actief transport, passief transport, endo- en exocytose, cytoplasmastroming, motoreiwit, cytoskelet.

## **B2.3 - Assimilatie en dissimilatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven dat cellen stoffen opnemen en afgeven, dat de stoffen in de cellen verwerkt worden in chemische reacties (opbouw en afbraak), gekatalyseerd door enzymen;
2. beschrijven dat er verschillende vormen van energie zijn: chemische energie (zoals in ATP), lichtenergie, kinetische energie, warmte, en beschrijven dat deze vormen in elkaar kunnen overgaan;

3. het fotosyntheseprocess in cellen met chloroplasten beschrijven;
4. assimilatieprocessen in planten en dieren beschrijven en toelichten dat deze processen leiden tot de aanmaak van bouwstoffen, brandstoffen, reservestoffen en enzymen;
5. dissimilatieprocessen beschrijven. Hierbij anaerobe en aerobe dissimilatie onderscheiden;
6. met behulp van reactievergelijkingen assimilatie- en dissimilatieprocessen (ook van de deelreacties daarvan) toelichten;
7. beschrijven waar en op welke wijze enzymen reacties, zoals assimilatie- en dissimilatieprocessen, katalyseren en hoe de temperatuur en pH deze beïnvloeden;
8. toelichten hoe in de biotechnologie gebruik gemaakt wordt van het metabolisme van micro-organismen;
9. verschillen tussen fotosynthese en chemosynthese uitleggen en verklaren onder welke omstandigheden beide processen plaats kunnen vinden.

Deelconcepten:

autotroof, heterotroof, fotosynthese, C-assimilatie, chloroplast, licht- en donkerreactie, chemosynthese verbranding, aerob, anaerob, glycolyse, citroenzuurcyclus, oxidatieve fosforylering, gisting, alcohol, melkzuur, methaan, ADP en ATP, NAD, NADP, bouwstoffen, brandstoffen, reservestoffen, enzymen, fosfolipiden, tussencelstof, koolhydraten (mono-, di- en polysachariden, zetmeel, glycogeen, cellulose), vet (vetzuren en glycerol), eiwit, aminozuren, DNA, recombinant-DNA, pH.

### **Subdomein B3 - Stofwisseling van het organisme**

De kandidaat kan met behulp van de concepten orgaan, fotosynthese, ademhaling, vertering, uitscheiding en transport ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze de stofwisseling van organismen verloopt en beargumenteren op welke wijze stoornissen daarin kunnen ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid en gezondheidszorg* (leefwereldcontext): Een familie waarin obesitas meer regel dan uitzondering is, overlegt onderling over de vraag of het goed is om mee te doen aan een trial met een stof die de eetlust remt, met het doel om te leren om op een gezond gewicht te komen en te blijven.

*Voedselproductie*: Plantenwetenschappers in een academisch centrum onderzoeken de optimale groeiomstandigheden van gewassen met het doel om kwekers advies te geven over optimalisatie van teelten en gewasbescherming.

### **B3.1 - Orgaan**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven hoe groepen van cellen door hun rangschikking in een weefsel, orgaan of orgaanstelsel een gezamenlijke functie uitoefenen;
2. beschrijven wat bij de mens de kenmerken en functies zijn van orgaanstelsels voor transport, ademhaling, voedselverwerking en uitscheiding;
3. verschillen en overeenkomsten tussen organen en orgaanstelsels van de mens en verschillende diersoorten herkennen;
4. verschillen in gaswisseling, opname en transport bij prokaryoten, planten en dieren toelichten;
5. uitleggen hoe orgaanstelsels met elkaar samenhangen en beargumenteren hoe verstoring in het functioneren van een orgaan de samenwerking tussen organen beïnvloedt.

Deelconcepten:

hart, hartkleppen, slagader, ader, haarvat, lymfesysteem, huidmondjes, hout- en bastvaten, wortelharen, longen, luchtpijp, bronchiën, longblaasjes, kieuwen, tracheeën, huidmondjes,



slokdarm, maag, twaalfvingerige darm, alvleesklier, lever, galblaas, dunne darm, dikke darm, endeldarm, darmvlokken, kring- en lengtespieren, nieren, nefron, zweetklieren.

### **B3.2 - Fotosynthese**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven dat organismen door fotosynthese autotroof zijn;
2. voorwaarden voor het fotosyntheseproses in planten benoemen;
3. het belang van fotosynthese als basis voor de voortgezette assimilatie en dissimilatie van het organisme beschrijven.

Deelconcepten:

autotroof, heterotroof, (an)organische stoffen, chloroplasten, netto fotosynthesereactie, voortgezette assimilatie, beperkende factoren.

### **B3.3 - Ademhaling**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw, werking en functie van gaswisselingsorganen van eukaryoten, in het bijzonder de mens beschrijven;
2. de relatie tussen de bouw van gaswisselingsorganen en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
3. uitleggen op welke wijze longventilatie tot stand komt en geregeld wordt;
4. uitleggen hoe opname, transport en afgifte van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> plaatsvindt en wat de rol van hemoglobine en myoglobine daarbij is;
5. de relatie tussen de gaswisseling van planten en fotosynthese en dissimilatie beschrijven.

Deelconcepten:

gaswisseling, ventilatiebewegingen, longcapaciteit, vitale capaciteit, dode ruimte, diffusie, wet van Fick, CO<sub>2</sub>-concentratie, O<sub>2</sub>-concentratie, buffers van hemoglobine en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dissimilatie, assimilatie, beperkende factor.

### **B3.4 - Vertering**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw, werking en functie van spijsverteringsorganen van eukaryoten, in het bijzonder van de mens, beschrijven;
2. de relatie tussen de bouw van spijsverteringsorganen en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
3. beschrijven waar en op welke wijze voedingsstoffen verteerd en opgenomen worden en verklaren op welke wijze factoren dit kunnen beïnvloeden.

Deelconcepten:

mechanische en chemische vertering, darmperistaltiek, voedingsstoffen, verteringssappen, gal, verteringsenzymen voor koolhydraten, eiwitten, vetten, vitamines, pH, temperatuur, verteringsproducten, emulgeren, resorptie, darmbacteriën.

### **B3.5 - Uitscheiding**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw, werking en functie van uitscheidingsorganen van eukaryoten, in het bijzonder van de mens beschrijven;
2. de relatie tussen de bouw van uitscheidingsorganen en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
3. de rol van de lever, de nieren, de longen en de huid bij uitscheidingprocessen toelichten.

Deelconcepten:

waterhuishouding, ultrafiltratie, terugresorptie, voorurine, osmotische waarde, ADH, ureum, urine, buffers van  $\text{HCO}_3^-$ , galzouten, galkleurstoffen, zweet.

### **B3.6 - Transport**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw, werking en functie van de bloedsomloop met hart en bloedvaten van eukaryoten, in het bijzonder van de mens beschrijven;
2. de relatie tussen de bouw van hart en bloedvaten en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
3. de embryonale bloedsomloop van de mens toelichten en verschillen en overeenkomsten benoemen met de bloedsomloop na de geboorte;
4. de functie van bestanddelen van bloed, bloedplasma, weefselvloeistof en lymfe beschrijven en de vorming van weefselvloeistof en lymfe toelichten;
5. het verband beschrijven tussen bloedvatstelsel en lymfevatstelsel;
6. het transport van water, zouten en assimilatieproducten in planten beschrijven en de relatie met fotosynthese, dissimilatie en opslag van stoffen beargumenteren.

Deelconcepten:

open en gesloten bloedsomloop, enkele en dubbele bloedsomloop, grote bloedsomloop, kleine bloedsomloop, embryonale bloedsomloop, bloedplasma, weefselvloeistof, lymfe, beenmerg, bloedsamenstelling, rode bloedcellen, witte bloedcellen, bloedplaatjes, hartslagfrequentie, slagvolume, sinusknop, AV-knoop, bundel van His, bloeddruk, diastole, systole, zuurstoftransport en koolstofdioxidetransport, voedings- en afvalstoffen, Bohr-effect, bufferende stoffen,  $\text{HCO}_3^-$ , hemoglobine, myoglobine, bloedstolling, cholesterol, tegenstroomprincipe, filtratiedruk, colloïd-osmotische druk, verdampingsstroom, cohesie, adhesie, worteldruk.

### **Subdomein B4 - Zelfregulatie van het organisme**

De kandidaat kan met behulp van de concepten homeostase, hormonale regulatie en neurale regulatie ten minste in contexten op het gebied van sport en voeding verklaren op welke wijze zelfregulatie bij eukaryoten verloopt en beargumenteren op welke wijze daarin stoornissen kunnen ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

Voorbeeldcontexten:

*Sport:* De inspanningsfysioloog in een nationaal trainingscentrum onderzoekt bloedwaarden om samen met de sporter te komen tot optimalisatie van de sportprestatie.

*Voeding:* Artsen en medisch biologen en psychobiologen doen in een trial gedragsonderzoek om de mogelijke invloed van voedingsmiddelen op neurale en hormonale regulatie bij ADHD vast te stellen.

### **B4.1 - Homeostase**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. het belang van de longen, lever, nieren, huid, zenuw- en hormoonstelsel voor de homeostase bij de mens beschrijven;
2. de relatie tussen de bouw van de lever, longen, huid en nieren en de homeostase beschrijven
3. een regelkring afleiden uit een beschrijving van de regulatie van lichaamsprocessen en de principes van een regelkring toelichten;
4. de samenhang van de regeling van lichaamsprocessen beschrijven;
5. beargumenteren op welke wijze verstoring van het dynamisch evenwicht kan ontstaan en hoe deze gereguleerd kan worden.

Deelconcepten:

zenuwstelsel, hormoonstelsel, receptoren, inwendig en uitwendig milieu, regelkring, positieve

en negatieve terugkoppeling, dynamisch evenwicht, receptoren in celmembranen en cytoplasma, osmotische waarde, pH, temperatuur, chemische samenstelling, O<sub>2</sub>-concentratie, CO<sub>2</sub>-concentratie, buffers van hemoglobine en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, glucoseconcentratie, waterhuishouding, chemische en drukreceptoren in de aorta.

## **B4.2 - Hormonale regulatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de werking van een regelkring in het hormoonstelsel voorspellen;
2. de werking van hormoonklieren en de specifieke werking van hun hormonen beschrijven en afleiden hoe de doelorganen daarop reageren;
3. het verband beschrijven tussen hormonale regulatie en het handhaven van homeostase;
4. de relatie tussen het hormoonstelsel en het zintuig-, spier- en zenuwstelsel toelichten.

Deelconcepten:

hormoonklieren, hypofyse, hypothalamus, schildklier, nieren, bijnieren, ovaria, testes, eilandjes van Langerhans, exocrien, endocrien, doelwitorganen, receptor, hormoonconcentratie, insuline, glucagon, adrenaline, schildklierhormoon, spijsverteringshormonen, EPO.

## **B4.3 - Neurale regulatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw en werking van het zenuwstelsel en de signaalverwerking beschrijven;
2. de werking van een regelkring in het zenuwstelsel uitleggen;
3. het verband beschrijven tussen de werking van het zenuwstelsel en het functioneren van een organisme;
4. de relatie tussen het zenuwstelsel en het zintuig-, spier- en hormoonstelsel toelichten.

Deelconcepten:

centraal zenuwstelsel, perifeer zenuwstelsel, grote en kleine hersenen, centra in de hersenschors, witte stof, grijze stof, hersenstam, ruggenmerg, autonoom (vegetatief) zenuwstelsel, animaal zenuwstelsel, ortho- en parasympatisch, sensorische, schakel- en motorische neuronen, cellen van Schwann, myelineschede, synaps, Na/K-pomp, impulsgeleiding, saltatoire geleiding, reflexboog, neurotransmitter, rustpotentiaal, actiepotentiaal, prikkelrempel, refractaire periode, exciterend, inhiberend, prikkels, mechanische, chemische, temperatuur-, licht-, tast- en pijnreceptoren.

## **Subdomein B5 - Afweer van het organisme**

De kandidaat kan met behulp van het concept afweer ten minste in contexten op het gebied van gezondheidszorg en voedselproductie benoemen op welke wijze organismen zich te weer stellen tegen andere organismen, virussen en allergenen en beargumenteren welke problemen daarbij kunnen optreden en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid en gezondheidszorg:* Virologen van het RIVM doen jaarlijks onderzoek naar de te verwachten typen van griepvirussen om een advies geven over de samenstelling van het griepvaccin met als doel het voorkomen van griep bij mensen met een verlaagde weerstand.

*Voedselproductie:* Microbiologen van de Voedsel en Waren Autoriteit bestuderen of groenten in Nederland zijn besmet met de darmbacterie EHEC, een variant van de E-coli-bacterie, om een epidemie van voedselvergiftiging te voorkomen.

*Gezondheid en gezondheidszorg (leefwereldcontext):* aan de hand van berichten uit de krant het antibioticagebruik in de veeteelt bediscussiëren om tot een afgewogen oordeel over dat gebruik te komen.

## **B5.1 - Afweer**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw, werking en functie van organen en cellen betrokken bij de afweer van de mens beschrijven en hun onderlinge relatie toelichten;
2. de werking van de specifieke en aspecifieke afweer beschrijven en de reactie op lichaamseigen en lichaamsvreemde stoffen en cellen te verklaren;
3. de afweermechanismen van planten herkennen.

Deelconcepten:

huid en slijmvliezen, bloed, lymfe, milt, lymfeknopen, humorale en cellulaire respons, macrofagen, T- en B-cellen, mediators, antigenen en antistoffen, lichaamseigen, lichaamsvreemd, MHC I en MHC II receptoren, natuurlijke en kunstmatige immuniteit, actieve en passieve immuniteit, vaccinatie, transplantatie, bloedtransfusie, ABO-systeem, resusfactor, donor, acceptor, mechanische en chemische afweer van planten.

### **Subdomein B6 - Beweging van het organisme**

De kandidaat kan met behulp van de concepten beweging, neurale regulatie en waarneming ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en sport verklaren op welke wijze mens en dier bewegen en op welke wijze dit kan worden geoptimaliseerd.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid:* Ziektekostenverzekeraars bieden activiteitenprogramma's aan om de kans op hart- en vaatziekten te verminderen.

*Sport:* Analyse van de schaatsbeweging heeft geleid tot een efficiënt chaatsontwerp, te weten de klapschaats.

De kandidaat kan in contexten:

1. de bouw, werking en functie van de belangrijkste, bij beweging betrokken, organen (spieren, zintuigen en zenuwen) van mens en dier benoemen en daarbij de relatie tussen vorm en functie verklaren;
2. opzet en effecten van trainings- en revalidatieprogramma's voor mens en dier uitleggen.

Deelconcepten:

Dwarsgestreepte en gladde spieren, spiervezel, spiercel, pees, reflexboog, antagonist, tonus, krachttraining, duurtraining, warming-up, cooling-down, uithoudingsvermogen, doping, motoreiwit, spierspanning, actine, myosine, neurale regulatie, spierspoeltje, peesspoeltje.

### **Subdomein B7 - Waarneming door het organisme**

De kandidaat kan met behulp van de concepten orgaan, waarneming en neurale regulatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en sport verklaren op welke wijze organismen waarnemen.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* De opticien verzamelt in de eigen praktijk informatie over diverse soorten lenzen om een goed advies te kunnen geven aan klanten die hun bijziendheid gecorrigeerd willen zien.

*Sport:* Trainers en fysiotherapeuten in een landelijk trainingscentrum onderzoeken het effect van diverse soorten starttrainingen bij sporters met het doel het aantal valse starten in de wedstrijd te verminderen.

De kandidaat kan in contexten:

1. de werking van een zintuig in het algemeen beschrijven en toelichten wat daarbij de rol van de hersencentra is;
2. de bouw van het oog beschrijven en toelichten;
3. het verband tussen adequate prikkel en reactie beschrijven;
4. de principes van een regelkring herkennen bij de werking van het zintuigstelsel;
5. de relatie van het zintuigstelsel met het spier-, zenuw- en hormoonstelsel beschrijven;

6. verbanden beschrijven tussen het gebruik van de zintuigen en het functioneren van een organisme.

Deelconcepten:

Centraal zenuwstelsel, perifere, grote en kleine hersenen, centra voor gevoel, beweging, en voor zien in de hersenschors, hersenstam, ruggenmerg, optisch chiasma, gevoels-, schakel- en bewegingszenuwcellen, impulsgeleiding, adaptatie, gewenning reflexboog, pupil, netvlies, staafjes, kegeltjes, gele vlek, blinde vlek, adequate prikkel, mechanische, chemische, licht-, temperatuur-, tast- en pijnreceptoren.

### **Subdomein B8 - Regulatie van ecosystemen**

De kandidaat kan met behulp van de concepten energiestroom, kringloop, dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid verklaren op welke wijze ecosystemen zichzelf reguleren; de kandidaat kan beargumenteren welke effecten op kunnen treden als zelfregulatie van ecosystemen en het systeem Aarde wordt verstoord, en kan beargumenteren met welke maatregelen de mens zelfregulatie van ecosystemen en het systeem Aarde kan beïnvloeden.

Voorbeeldcontexten:

*Duurzaamheid:* Milieubiologen en ecologen in een Commissie Duurzaamheid informeren de minister over milieuaspecten van import uit Brazilië van soja als varkensvoer met het doel de duurzaamheid te bevorderen.

#### **B8.1 - Energiestroom**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. energiestromen in een ecosysteem beschrijven, toelichten welke factoren daarop van invloed zijn en uitleggen wat oorzaken en gevolgen zijn van verstoring;
2. modellen van energiestromen beschrijven en uitleggen welke processen en organismen daarin een rol spelen;
3. beargumenteren met welke maatregelen de mens energiestromen kan beïnvloeden.

Deelconcepten:

producent, consument, reductent, trofische niveaus, foto- en chemo-autotroof, heterotroof, (an)organische stoffen, BPP, NPP, productiviteit, fossiele brandstof, biobrandstof, biomassa.

#### **B8.2 - Kringloop**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de rol uitleggen van producenten, consumenten en reductenten in de kringlopen van koolstof en stikstof en de verbanden kwantificeren;
2. kringlopen van elementen in een ecosysteem weergeven, toelichten welke factoren van invloed zijn op de verschillende stappen daarin en uitleggen wat oorzaken en gevolgen zijn van verstoring;
3. beargumenteren met welke maatregelen de mens nutriëntenkringlopen en daarmee het systeem Aarde kan beïnvloeden.

Deelconcepten:

fotosynthese, dissimilatie, (de)nitrificatie, ammonificatie, stikstofbinding, (an)organische stof, uitspoeling, eutrofiering, biomassa, broeikas effect.

#### **B8.3 - Dynamiek en evenwicht**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven wat onder een ecosysteem wordt verstaan en welke componenten daarvan deel uitmaken;
2. uitleggen welke rol concurrentie binnen en tussen populaties speelt bij de dynamiek (instandhouding en ontwikkeling) van een ecosysteem;
3. uitleggen welke rol biotische en abiotische factoren spelen bij de dynamiek binnen een ecosysteem;
4. beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelfregulatie van ecosystemen kan beïnvloeden.

Deelconcepten:

niche, microklimaat, biodiversiteit, migratie, exoot.

## **Domein C - Zelforganisatie**

Biologische eenheden kunnen beschouwd worden als systemen met een organisatie.

Biologische eenheden onderscheiden zich van de niet levende systemen doordat zijzelf het enige product van hun organisatie zijn, dat wil zeggen: er bestaat geen scheiding tussen producent en product. Ze organiseren zichzelf.

Door zelforganisatie kunnen nieuwe structuren `biologische eenheden van een hogere orde' ontstaan. Op het hogere organisatieniveau zijn nieuwe eigenschappen te zien, die de biologische eenheid van het lagere organisatieniveau niet heeft, de zogenoemde emergente eigenschappen.

Een voorbeeld is de biologische klok bij de mens: sommige klokcellen zijn overdag actief, andere klokcellen juist 's nachts, weer anderen pieken juist 's morgens. De optelsom hiervan heeft een eigenschap die de afzonderlijke cellen niet hebben: de biologische klok kan de daglengte en de tijd van het jaar registreren. Het geheel is dus meer dan de som van de delen. De kandidaat kan in een context:

- toelichten dat biologische eenheden van cellulair niveau tot en met het niveau van een populatie een zelforganiserend vermogen hebben;
- beargumenteren dat biologische eenheden nieuwe, emergente eigenschappen hebben vergeleken met de biologische eenheden van een niveau lager.

### **Subdomein C1 - Zelforganisatie van cellen**

De kandidaat kan met behulp van de concepten genexpressie en celdifferentiatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze de ontwikkeling van cellen verloopt en beargumenteren op welke wijze stoornissen in de ontwikkeling kunnen ontstaan en worden aangepakt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Biologen in een transplantatiecentrum kweken stamcellen en laten die differentiëren tot gespecialiseerde cellen met het doel aangetast weefsel in het menselijk lichaam te vervangen en daardoor mensen te genezen.

*Voedselproductie:* Biologen en plantenwetenschappers in publiek private samenwerkingsverbanden realiseren plantenveredeling gericht op veranderen van verhoudingen inhoudsstoffen (amylopectine aardappel) met het doel om het verwerkingsproces energiezuiniger en eenvoudiger te maken.

#### **C1.1 - Genexpressie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. weergeven dat DNA bij eukaryoten voor het grootste deel niet coderend is en dat genen voor een groot gedeelte uit introns bestaan;
2. het proces van genexpressie tot en met eiwitsynthese omschrijven;
3. beschrijven dat genen afhankelijk van de omstandigheden tot expressie komen;
4. uitleggen dat in verschillende typen cellen verschillende eiwitten gemaakt worden;
5. verklaren hoe genexpressie en het functioneren van een organisme samenhangen.

Deelconcepten:

chromosoom, gen, DNA, RNA, eiwit, fenotype, genetische code, startcodon, stopcodon, transcriptiefactor, activator, RNA-polymerase, splicing, introns, exons, nucleosomen, niet-coderend DNA, cDNA, knock-out-gen.

### **C1.2 - Celdifferentiatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven dat vrijwel alle cellen van een meercellig organisme hetzelfde genoom hebben;
2. beschrijven hoe door differentiatie cellen ontstaan met een verschillende vorm en functie;
3. beschrijven dat celdifferentiatie tot stand komt door het aan- en/of uitschakelen van genen;
4. eigenschappen van stamcellen beschrijven en toelichten voor welke doelen stamcellen gebruikt kunnen worden;
5. toelichten dat een cel in staat is tot apoptose en dat deze een rol kan spelen tijdens de ontwikkeling van een meercellig organisme.

Deelconcepten:

genoom, stamcellen, celtype, tussencelstof, apoptose, lysosoom, pluripotent, onipototent.

### **Subdomein C2 - Zelforganisatie van het organisme**

De kandidaat kan met behulp van het concept levenscyclus ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze de ontwikkeling van organismen verloopt, verklaren op welke wijze verstoringen van de ontwikkeling ontstaan en beargumenteren op welke wijze deze kunnen worden voorkomen of worden aangepakt.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten:

1. de levenscycli van planten, insecten en zoogdieren in globale termen beschrijven;
2. de fases in de ontwikkeling van zygote tot aan de geboorte van een baby herkennen;
3. de invloed van voeding, gebruik van genotmiddelen en van stress op de prenatale ontwikkeling toelichten;
4. een relatie leggen tussen inwendige en uitwendige factoren en de lichamelijke ontwikkeling van een mens gedurende zijn levensloop;
5. de invloed van (a-)biotische factoren op de ontwikkeling van gewassen toelichten.

Voorbeeldcontexten:

*Voedselproductie:* Groentekwekers grijpen in verschillende stadia van de levenscyclus van voedingsgewassen in om een zo hoog mogelijke productie te verkrijgen.

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Onderzoekers hebben onder andere bij mensen die tijdens de hongervinter van 1944/1945 in de baarmoeder zaten, aangetoond dat er verband is tussen ondervoeding tijdens de embryonale ontwikkeling, en de glucosehuishouding op latere leeftijd.

Deelconcepten:

Geslachtscellen, bevruchting, zaad, kiem, ei, larve, pop, imago, volledige en onvolledige metamorfose, morula, blastula, amnion, chorion, embryo, foetus, placenta, vruchtwater, navelstreng, aangeboren afwijking, erfelijke ziekte, (oorzaken van) kanker, preventie.

### **Subdomein C3 - Zelforganisatie van ecosystemen**

De kandidaat kan met behulp van de concepten dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld benoemen op welke wijze ecosystemen zich kunnen ontwikkelen en beargumenteren met welke maatregelen de mens de

zelforganisatie van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.

Voorbeeldcontexten:

*Duurzaamheid:* Biologen, landschapsarchitecten en ingenieurs bij Rijkswaterstaat doen onderzoek naar ontwikkeling van natuur en de mogelijkheden om te bouwen met natuur met het doel om de kust te beschermen.

*Duurzaamheid:* De aquatisch ecooloog van een onderzoeksinstituut onderzoekt de voedselrelaties in de Oostvaardersplassen met het doel om tot een duurzaam beheersplan te komen.

*Wereldbeeld:* Biologen in dienst van de afdeling Ruimtelijke Ordening van een gemeente doen onderzoek naar de natuurbeleving van burgers met het doel om in bestemmingsplannen daar rekening mee te houden.

### **C3.1 - Dynamiek en evenwicht**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de ontwikkeling van een ecosysteem beschrijven;
2. opeenvolgende veranderingen in een ecosysteem beschrijven en verklaren hoe daarbij overgangen tot stand komen;
3. verschillen tussen ecosystemen benoemen op basis van verschillen in populaties (biotische) en abiotische factoren;
4. de dynamiek in een ecosysteem beschrijven;
5. herkennen dat een ecosysteem in verschillende evenwichtssituaties kan verkeren;
6. beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelforganisatie van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.

Deelconcepten:

successie, pioniersoort, climaxecosysteem, gradiëntecosysteem, indicatorsoort, biodiversiteit, genenpool, concurrentie, draagkracht, tolerantiegrenzen, exoot, omslagpunt.

### **Domein D - Interactie**

Biologische eenheden worden beïnvloed door hun omgeving, die zowel biotisch als abiotisch van aard kan zijn. Op deze beïnvloeding kunnen de biologische eenheden reageren door zich aan te passen, te verplaatsen of andere reacties te vertonen. Omgekeerd hebben biologische eenheden ook invloed op hun biotische en abiotische omgeving.

Interactie verwijst naar het open karakter van de biologische systemen.

De kandidaat kan in een context:

- beargumenteren dat een biologische eenheid, van welk organisatieniveau dan ook, voortdurend in interactie is met de omgeving waaronder andere biologische eenheden;
- redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat interne of externe veranderingen in een biologische eenheid voor gevolgen hebben voor die biologische eenheid en voor de biologische eenheden op een hoger en lager organisatieniveau;
- de complexiteit van relaties in en tussen biologische eenheden en van biologische eenheden met hun abiotisch milieu beschrijven.

### **Subdomein D1 - Moleculaire interactie**

De kandidaat kan met behulp van de concepten genregulatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze de moleculaire regulatie plaatsvindt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Biologen, chemici en artsen in een academisch samenwerkingsverband onderzoeken genexpressie om zo gericht mogelijk chemotherapie in te kunnen zetten bij kankerpatiënten met het doel deze te genezen.

*Voedselproductie* Plantenveredelaars bij een veredelingsbedrijf veranderen met behulp van GMO moleculaire processen waardoor bij planten droogteresistentie of zouttolerantie optreedt



met het doel ook teelten in de randen van woestijnen en in brakke delta's mogelijk te maken en daardoor het hongerprobleem te lijf te gaan.

### **D1.1 - Genregulatie en interactie met (a)biotische factoren**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. mechanismen voor genregulatie noemen en het belang ervan toelichten;
2. uitleggen dat cellen voor hun functioneren gebruik maken van eiwitten;
3. uitleggen dat (a)biotische factoren de variatie aan eiwitten beïnvloeden;
4. uitleggen dat genexpressie een dynamisch proces is dat geregeld wordt door verschillende factoren waaronder epigenetische;
5. uitleggen dat mutagene factoren de genregulatie verstoren.

Deelconcepten:

genoom, structuurgenen, regulatorgenen, recombinant DNA, proto-oncogenen, enzymen, virus, iRNA, promotor, operator, repressor, suppressor, epigenetisch, cisgeen, transgeen.

### **Subdomein D2 - Cellulaire interactie**

De kandidaat kan met behulp van de concepten celcommunicatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid de wijze waarop cellulaire interactie verloopt benoemen.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Biologen doen in een onderzoeksinstituut onderzoek aan *C. elegans* naar celcommunicatie en effecten van (a)biotische factoren daarop, om vanuit onderzoek aan dit modelorganisme tot kennis over celcommunicatie te komen in het kader van het mogelijk genezen van mensen met een afwijking in celcommunicatie.

### **D2.1 - Celcommunicatie en interactie met (a)biotische factoren**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven hoe cellen signalen ontvangen en verwerken, hoe cellen op signalen reageren, en deze processen aan elkaar relateren;
2. herkennen hoe cellen met elkaar communiceren over korte en over lange afstand via zenuwcellen en via hormonen;
3. onderscheiden dat er responsen in het celplasma zijn en dat er responsen zijn die genexpressie bevorderen;
4. afleiden welke effecten celcommunicatie op andere organisatieniveaus teweegbrengt.

Deelconcepten:

signaalstoffen, second messenger, synaps, cell junctions, receptor, respons, signaalcascade, Na/K-pomp.

### **Subdomein D3 - Gedrag en interactie**

De kandidaat kan met behulp van de concepten gedrag en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van communicatie, gezondheid en veiligheid verklaren op welke wijze gedrag van organismen en populaties ontstaat, benoemen wat de functie van het gedrag is en benoemen op welke wijze het zich ontwikkelt.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten:

1. verklaren hoe gedrag verwijst naar acties en reacties;
2. de dynamische relatie beschrijven tussen een organisme en zijn omgeving;
3. factoren uit de interne omgeving beschrijven zoals: hormonen, biologische klok, stofwisselingsveranderingen, impulsen vanuit hersengebieden;

4. toelichten dat gedrag deels erfelijk is bepaald;
5. omschrijven hoe het gedrag van een individueel organisme de verschillende levensfasen van het organisme weerspiegelt;
6. imponeergedrag, territoriumgedrag, sociaal gedrag, voedingsgedrag en voortplantingsgedrag uitleggen als voorbeelden van functioneel gedrag en de relatie leggen tussen deze vormen en overlevingskansen;
7. uitleggen hoe gedrag evolueert onder invloed van selectiedruk;
8. gedrag beschrijven door gedragselementen te benoemen, en uit te werken in een handelingsprotocol en/of in een ethogram;
9. verklaren waardoor populaties zoals een school vissen of een zwerm vogels, gedrag vertonen dat een meerwaarde heeft ten opzichte van het gedrag van de afzonderlijke organismen;
10. gedragsbiologie omschrijven als een tak van de biologie die zich bezig houdt met de verschillen en overeenkomsten in gedrag tussen soorten en de evolutionaire achtergrond daarvan;
11. verschillen en overeenkomsten beschrijven tussen mensapen en mensen, in het bijzonder wat communicatie, moreel bewustzijn en empathie betreft;
12. De relatie toelichten tussen gedragsonderzoek en andere onderzoeksgebieden op het terrein van: moleculaire biologie, neurofysiologie, gedragsecologie, cognitieve psychologie, evolutionair onderzoek, (epi)genetisch onderzoek;
13. de resultaten van gedragsonderzoek toepassen en de implicaties voor de maatschappij toelichten.

Voorbeeldcontexten:

*Communicatie:* Voorlichters zoeken naar de mogelijkheden om supranormale prikkels in te passen in voorlichtingscampagnes.

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Psychologen zoeken met behulp van tweelingenonderzoek naar de erfelijke component van gedrag.

*Veiligheid:* Onderzoekers tonen aan dat er een verband is tussen drugsgebruik en verkeersgedrag.

Deelconcepten:

Interne factoren, externe factoren, gedragssysteem, ethogram, genen, aangeboren, erfelijk, aangeleerd, klassiek en operant conditioneren, gewenning, inprenting, imitatie, reflex, overleven, communicatie, sociaal gedrag, imponeergedrag, territoriumgedrag, instinct, nature/nurture.

### **Subdomein D4 - Seksualiteit**

De kandidaat kan met behulp van de concepten gedrag en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en communicatie beargumenteren op welke wijze vraagstukken met betrekking tot seksualiteit van de mens kunnen worden benaderd.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten bijvoorbeeld:

1. beargumenteren wat de rol is van seksualiteit bij voortplanting en bij het onderhouden van relaties;
2. de rol van seksualiteit in verschillende levensfasen toelichten;
3. relaties leggen tussen seksueel gedrag en voortplantingsgedrag;
4. keuzes maken voor de juiste voorbehoedmiddelen en effectief gebruik daarvan beschrijven;
5. diversiteit in seksuele geaardheid toelichten;
6. acceptatie van seksuele diversiteit relateren aan eigen opvattingen en culturele aspecten;
7. de relatie tussen seksueel gedrag en seksueel overdraagbare aandoeningen toelichten.
8. omschrijven hoe je wensen kenbaar kunt maken en grenzen kunt bewaken en

respecteren;

9. de rol van hormonen en zenuwstelsel bij aspecten van relaties en seksualiteit verklaren.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Epidemiologen van het RIVM doen een chlamydiascreening bij honderdduizenden jongeren tussen 16 en 29 jaar om te kunnen bepalen of landelijke invoering nodig is.

*Communicatie:* Medewerkers van een voorlichtingsorganisatie bedenken een campagne met als doel grensoverschrijdend seksueel gedrag bij jongeren te verminderen. Ze richten zich niet alleen op kennis maar ook op houding en vaardigheden.

Deelconcepten:

Seksualiteit, biseksueel, homoseksueel, heteroseksueel, coming out, voorbehoedmiddelen, opwinding, orgasme, gender, seksueel overdraagbare aandoeningen, aids, transseksualiteit, voortplantingsprikkel, adolescentie, hormonale regulatie, levensfase.

### **Subdomein D5 - Interactie in ecosystemen**

De kandidaat kan met behulp van de concepten voedselrelatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en voedselproductie benoemen welke relaties tussen populaties en ecosystemen bestaan en beargumenteren op welke wijze vraagstukken die daar betrekking op hebben, kunnen worden benaderd.

Voorbeeldcontexten:

*Voedselproductie:* Landbouwkundigen en kassenbouwtechnologen onderzoeken voor een tomatenkweker de mogelijkheden tot kringloopmanagement in de kas met het doel het energiegebruik te verminderen en de productdiversiteit te verhogen waardoor de teelten concurrerend worden en de afhankelijkheid van een product vermindert.

*Duurzaamheid:* Leerlingen bepalen de eigen ecologische footprint en bediscussiëren onderling hoe ieder voor zich de ecologische footprint daadwerkelijk kan verkleinen.

#### **D5.1 - Voedselrelatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. voedselrelaties tussen organismen beschrijven;
2. relaties in een voedselketen benoemen;
3. in een voedselweb voedselketens herkennen;
4. de accumulatie van giftige stoffen in een voedselketen uitleggen.

Deelconcepten:

trofische niveaus, predatie, vraat, signaalstoffen, symbiose, parasitisme, mutualisme, commensalisme.

#### **D5.2 - Interactie met (a)biotische factoren**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. veranderingen van abiotische en biotische factoren en hun onderlinge wisselwerking in een ecosysteem beschrijven;
2. beschrijven welke rol abiotische en biotische factoren spelen bij de instandhouding en ontwikkeling van een ecosysteem;
3. de accumulatie van giftig stoffen in een voedselketen uitleggen;
4. de rol van concurrentie binnen en tussen de populaties in een ecosysteem beschrijven;
5. beschrijven wat onder duurzame ontwikkeling wordt verstaan, in het bijzonder duurzame energie- en voedselproductie;
6. beargumenteren op welke wijze vraagstukken die betrekking hebben op duurzame ontwikkeling, kunnen worden benaderd.

Deelconcepten:

microklimaat, niche, indicatorsoort, beperkende factor, tolerantie, optimum, persistent, biologisch afbreekbaar.

## **Domein E - Reproductie**

Biologische eenheden, zoals celorganellen, cellen en organismen, repliceren zich.

De kandidaat kan in een context:

- relaties beschrijven tussen replicatie die plaatsvindt op de verschillende organisatieniveaus.

### **Subdomein E1 - DNA-replicatie**

De kandidaat kan met behulp van het concept DNA-replicatie ten minste in contexten op het gebied van veiligheid en gezondheid benoemen op welke wijze erfelijk materiaal wordt gereproduceerd.

Voorbeelcontexten:

*Veiligheid:* Forensisch onderzoekers doen sporenonderzoek met behulp van DNA ten behoeve van strafrechtelijk onderzoek.

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Onderzoekers van de Mauritsklinieken in Nederland hebben aangetoond dat verbranding van de huid door zonlicht op jonge leeftijd een direct verband heeft met het ontstaan van huidkanker op latere leeftijd.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten bijvoorbeeld:

1. het proces van DNA-replicatie toelichten en daarbij de continue en discontinue replicatie, leidende en volgende streng beschrijven;
2. uitleggen wat er fout kan gaan bij DNA-replicatie en de gevolgen daarvan beschrijven;
3. beschrijven hoe DNA (van dezelfde soort of andere soorten) ingebouwd kan worden (natuurlijk, kunstmatig) en de gevolgen van deze inbouw beschrijven;
4. uitleggen dat aan de voortplanting van mens, dier en plant het proces van DNA-replicatie ten grondslag ligt.

Deelconcepten:

Nucleotiden, dubbelstreng, basenparen, vrije DNA-nucleotiden, chromatiden, DNA-polymerase, S-fase, Okazaki-fragment, operonmodel, coderende streng, template streng, 3' en 5'kant.

### **Subdomein E2 - Levenscyclus van de cel**

De kandidaat kan met behulp van het concept celcyclus ten minste in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze reproductie van cellen verloopt en beargumenteren op welke wijze daarbij optredende verstoringen kunnen worden voorkomen of aangepakt.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten bijvoorbeeld:

1. de betekenis van celdeling voor groei, herstel en reproductie benoemen;
2. beschrijven dat de deling gebeurt onder invloed van de buurcellen;
3. beschrijven hoe cellen zich op een gecontroleerde manier delen en hoe zij daarbij verschillende fasen van de celcyclus doorlopen;
4. benoemen in welke fase de gewone celdeling verschilt van de reductiedeling en dat relateren aan de functie van elk type deling;
5. de regulatie van de fasen van de celcyclus beschrijven en aangeven wat in die regulatie verkeerd kan gaan;
6. beschrijven hoe dochtercellen na de deling groeien en zich ontwikkelen;
7. relaties leggen tussen cellen die zich ongecontroleerd gaan delen en het ontstaan van tumoren;
8. uitleggen dat tumoren goedaardig of kwaadaardig kunnen zijn;

9. beargumenteren dat bij ongecontroleerde celdeling fouten in het DNA in stand kunnen blijven;
10. omschrijven hoe normale cellen verouderen en toelichten dat ze ongeveer 50 keer kunnen delen voor ze afsterven;
11. de rol van telomeren toelichten bij de veroudering van cellen;
12. de rol van weefselkweek bij voedselproductie en medisch onderzoek herkennen.

Voorbeeldcontexten:

*Energie:* Medewerkers van Wageningen Universiteit proberen in proefopstellingen een algenkweek te realiseren waarmee algen als grondstof voor energieproductie gebruikt kunnen worden.

*Gezondheid of de gezondheidszorg:* Medewerkers van een kankeronderzoekscentrum gebruiken celkweken om de kankerverwekkende eigenschappen van verschillende stoffen vast te stellen.

*Voedselproductie:* Medewerkers van een laboratorium van een zaadproducent onderzoeken hoe zij de zaadopbrengst van cultuurgewassen kunnen optimaliseren.

Deelconcepten:

Eencellig, meercellig, geslachtscellen, somatische cel, chromosoom, mitose, reductiedeling (meiose), chromatide, replicatie, spiralisatie, kernspoel, trekdraden, meiose I, meiose II, diploid, haploid, telomeren, cytoskelet, profase, metafase, anafase, telofase, celcyclus, rna-interferentie, g0-fase, micro dna, telomerase, apoptose.

### **Subdomein E3 - Reproductie van het organisme**

De kandidaat kan met behulp van de concepten voortplanting en erfelijke eigenschap ten minste in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze eigenschappen worden overgedragen en benoemen op welke wijze de reproductie van eukaryoten en prokaryoten verloopt.

Voorbeeldcontexten:

*Energie:* Biologen en biofysici in een algentestfaciliteit doen celbiologisch en fysisch onderzoek naar reproductiebeïnvloeding van algen ten behoeve van de teeltoptimalisatie in het kader van energie opwekking en olieproductie.

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Leerlingen in een klas maken een eigen voorlichtingsbrochure over seksualiteit en soa's, gericht op het verminderen van soa's en de vroege detectie daarvan.

*Voedselproductie:* Biologen die werken bij Greenpeace maken informatiemateriaal om het publiek te wijzen op mogelijke nadelen van Genetisch gemodificeerde organismen met het doel om het publiek voor te lichten.

#### **E3.1 - Voortplanting**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. de geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting beschrijven en de daarmee de genetische variatie bij prokaryoten en eukaryoten verklaren;
2. bouw, vorming, ontwikkeling en functie beschrijven van gameten en de zygote;
3. bouw en werking van de voortplantingsorganen van de mens beschrijven en de rol van hormonen daarbij toelichten;
4. standpunten over het ingrijpen in het voortplantingsproces van organismen toelichten met ethische en biologische argumenten.

Deelconcepten:

levenscyclus, geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting, voortplantingsorganen van eukaryoten, gameten, spore, mitose, meiose, haploïd, diploïd, polyploïd, bevruchting, eicel, spermacel, follikel, gele lichaam, zygote, klievingsdeling, poollichaampje, embryo, placenta, geslachtshormonen, FSH, LH, oestrogeen, progesteron, testosteron, HCG, menstruatiecyclus, anticonceptie, kunstmatige inseminatie, in vitro fertilisatie, embryonale ontwikkeling, klonen.

## E3.2 - Erfelijke eigenschap

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. uitleggen dat een fenotype tot stand komt door de combinatie van genotype en de invloed van milieufactoren, en verschillen herkennen met de epigenetische overerving;
2. verschillen tussen autosomen en geslachtschromosomen benoemen en toelichten dat bij de mens de geslachtschromosomen het geslacht bepalen;
3. de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen afleiden uit stambomen of kruisingsschema's bij monohybride en dihybride kruisingen, zowel voor onafhankelijke als gekoppelde overerving, voor autosomale en X-chromosomale genen, multiële allelen en lethale factoren;
4. verklaren dat mitochondriale overerving en epigenetica kunnen leiden tot een ander overervingspatroon dan volgens de wetten van Mendel;
5. standpunten over het ingrijpen in de erfelijkheid van pro- en eukaryote organismen toelichten met ethische en biologische argumenten.

Deelconcepten:

genoom, autosomen, X- en Y-chromosomen genotype, fenotype, allel, gen, mono- en dihybride kruising, (onvolledig) dominant, recessief, intermediair, multiële allelen, lethale factor, gekoppelde genen, stamboom, mitochondriaal DNA, epigenetica, methylering.

## Domein F - Evolutie

Biologische eenheden zijn op alle organisatieniveaus met elkaar in interactie, beïnvloed door biotische en abiotische factoren. Daarbij is er concurrentie om ruimte, licht, voedsel enzovoorts. De kans om te overleven en nakomelingen te krijgen is het grootst voor biologische eenheden die het best passen bij de omstandigheden, die de omstandigheden kunnen aanpassen of die de beste omstandigheden kunnen opzoeken.

Evolutie laat zien hoe toeval, mutatie, recombinatie, variatie, adaptatie en selectiedruk hebben geleid tot de nu aanwezige biodiversiteit.

De kandidaat kan in een context:

- toelichten hoe biodiversiteit van leven ontstaan is;
- toelichten dat het bestaan van de universele genetische code opgevat wordt als een natuurwetenschappelijk argument voor een gemeenschappelijke oorsprong en verwantschap van al het leven;
- redeneringen hanteren waarbij de rol van adaptaties in biologische eenheden wordt uiteengezet;
- redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht en toelichten dat een bepaalde functionaliteit langs verschillende wegen in de evolutie ontstaan kan zijn;
- toelichten hoe evolutietheorie tot stand gekomen is en argumenteren over de wisselwerking van de evolutietheorie met wetenschap, maatschappij en levensovertuiging.

## Subdomein F1 - Selectie

De kandidaat kan met behulp van de concepten DNA, mutatie, genetische variatie, recombinatie en populatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze variatie in populaties tot stand komt.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* Artsen in Japan onderzoeken met behulp van sequencing door verschillende doses straling veroorzaakte mutaties met het doel een optimaal beschermingsadvies te geven bij het werken met straling.

*Voedselproductie:* De plantenveredelaar en de taxonomen van een Instituut Genetische Bronnen ontwikkelen nieuwe rassen van voedingsgewassen met behulp van kennis van taxonomie en veredelings technieken en gaan op speurtocht naar genetische bronnen die de

voedselgewassen plaagresistent maken of beter laten smaken.

### **F1.1 - DNA**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. benoemen dat DNA functioneert als universele drager van genetische informatie;
2. uitleggen dat dezelfde genetische informatie in verschillende organismen voor kan komen;
3. uitleggen hoe met gegevens verkregen door DNA-analyse de graad van verwantschap van soorten kan worden vastgesteld.

Deelconcepten:

DNA, genetische code, genotype, fenotype.

### **F1.2 - Mutatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven welke typen mutatie er zijn;
2. uitleggen waardoor mutatie veroorzaakt kan worden;
3. uitleggen dat mutatie het fenotype kan beïnvloeden;
4. uitleggen dat mutatie plaatsvindt onafhankelijk van het mogelijke effect ervan op overlevingskansen of voortplanting van de cel of het organisme.

Deelconcepten:

chromosoom, mutagene stof, mutagene straling puntmutatie, deletie, insertie, genoommutatie, gen, allel, genetische modificatie, DNA-repairsysteem.

### **F1.3 - Recombinatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. uitleggen hoe bij geslachtelijke voortplanting voortplantingscellen met een unieke combinatie van genen ontstaan door recombinatie van chromosomen en delen daarvan.

Deelconcepten:

meiose, homologe chromosomen, autosomen, geslachtschromosomen, karyotype, haplotype, genoom, gekoppelde genen, crossing-over.

### **F1.4 - Genetische variatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. uitleggen hoe genetische variatie in een populatie vergroot wordt door mutatie en recombinatie;
2. uitleggen hoe door de mens gewenste genencombinaties verkregen worden door genetische modificatie.

Deelconcepten:

mutatie, recombinatie, fenotype, genotype, genenpool, genetische modificatie.

## **Subdomein F2 - Soortvorming**

De kandidaat kan met behulp van de concepten populatie, variatie, selectie en soortvorming ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en wereldbeeld verklaren op welke wijze nieuwe soorten kunnen ontstaan.

Voorbeeldcontexten:

*Gezondheid of gezondheidszorg:* De bacterioloog in het ziekenhuis doet voortdurend onderzoek naar veranderende populaties van resistente bacteriën in het kader van

infectiepreventie.

*Wereldbeeld:* Evolutiebiologen in het Nationaal Centrum voor Biodiversiteit onderzoeken met behulp van kenmerk analyses van planten aangevuld met DNA/RNA analyses genetische verwantschap en construeren met behulp van de gegevens fylogenetische stambomen met het doel de evolutie van planten beter te begrijpen.

## **F2.1 - Populatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. omschrijven wat onder een populatie wordt verstaan;
2. uitleggen hoe frequenties van genotypen en fenotypen in populaties in tijd en ruimte veranderen;
3. uitleggen dat populaties emergente eigenschappen hebben.

Deelconcepten:

populatie, genotype, fenotype, emergente eigenschap.

## **F2.2 - Variatie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven wat onder genetische variatie in een populatie wordt verstaan;
2. uitleggen hoe genfrequenties in een populatie kunnen veranderen door random mutaties, genetic drift en gene flow;
3. verbanden kwantificeren tussen genfrequenties en frequenties van genotypen van opeenvolgende generaties met gebruik van de regel van Hardy-Weinberg.

Deelconcepten:

adaptatie, fitness, natuurlijke selectie, genetic drift, gene flow, allelfrequentie, Hardy-Weinberg.

## **F2.3 - Selectie**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. uitleggen dat adaptatie van populaties door selectie van organismen tot stand komen;
2. uitleggen dat selectiedruk adaptaties bijeen brengt die het voortplantingssucces van de soort vergroten;
3. overeenkomsten en verschillen tussen natuurlijke en kunstmatige selectie beschrijven.

Deelconcepten:

adaptatie, fitness, selectiedruk, soort, natuurlijke selectie, seksuele selectie, eilandtheorie, founder effect, flessenhalseffect.

## **F2.4 - Soortvorming**

Specificatie:

De kandidaat kan in een context:

1. beschrijven dat soorten groepen individuen zijn die reproductief van elkaar geïsoleerd zijn;
2. uitleggen dat populaties divergeren door genetic drift, mutatie en selectie;
3. uitleggen dat soorten ontstaan door reproductieve isolatie;
4. uitleggen hoe de verwantschap en afstamming van soorten weergegeven kan worden in de vorm van een cladogram.

Deelconcepten:

soort, geslacht, cladogram, clade, taxon, homologie, analogie, genetic drift, coevolutie, sympatrische en allopatrische soortvorming.



### **Subdomein F3 - Biodiversiteit**

De kandidaat kan met behulp van het concept biodiversiteit ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld veranderingen in diversiteit van populaties en ecosystemen binnen het systeem Aarde verklaren en beargumenteren op welke wijze deze veranderingen beïnvloed worden.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten:

1. beschrijven hoe biodiversiteit kan worden benaderd op verschillende organisatieniveaus: op het niveau van soorten (organismen), van genen en van ecosystemen;
2. uitleggen hoe het bestaan van de mens afhankelijk is van de biodiversiteit: voedselvoorziening, medicijnproductie, grondstof en brandstof productie, waterzuivering, afbraak gifstoffen, bijdrage aan een stabiel klimaat;
3. uitleggen door welke oorzaken de biodiversiteit wordt bedreigd, wat de rol van de mens daarin is en welke maatregelen genomen kunnen worden voor het behoud van soorten;
4. veranderingen van de biodiversiteit in de loop van tijd uitleggen, onder ander met behulp van het begrip natuurlijke selectie.

Voorbeeldcontexten:

*Duurzaamheid:* Leden van een actiegroep voor het behoud van zeldzame zoogdieren schrijven een bezwaarschrift tegen een bouwproject dat het leefgebied van zo'n bedreigde zoogdiersoort aantast.

*Wereldbeeld:* Leden van een vereniging voor natuurbehoud discussiëren over de stelling van het boek Plastic Panda's van Bas Haring dat het uitsterven van soorten geen probleem is met als doel hun beleid te evalueren.

Deelconcepten:

soort, soortensamenstelling, versterkt broeikaseffect, rode lijst, indicatorsoort, verspreidingsgebied, versnippering, eutrofiëring, stamboom, adaptatie, verwantschap, exoot of uitheems, inheems, invasieve soort.

### **Subdomein F4 - Ontstaan van het leven**

De kandidaat kan met behulp van het concept ontstaan van het leven ten minste in contexten op het gebied van wereldbeeld benoemen met behulp van welke theorie het voorkomen van leven op Aarde wordt verklaard.

Specificatie:

De kandidaat kan in contexten:

1. aangeven uit welke periode de eerste levende organismen op Aarde stammen;
2. theorieën over het eerste ontstaan van de organische moleculen op Aarde beschrijven;
3. theorieën over het ontstaan van de eerste levende cellen op Aarde beschrijven;
4. aangeven welke implicaties verschillende theorieën over het ontstaan van leven op Aarde kunnen hebben voor levensbeschouwelijke vragen.

Voorbeeldcontexten:

*Wereldbeeld:* Documentairemakers interviewen gerenommeerde wetenschappers die zich met onderzoek naar het ontstaan van het leven bezighouden met als doel kijkers inzicht in verschillende theorieën hierover te geven.

Deelconcepten:

zelforganisatie, oersoep, Archea, chemische evolutie, Miller-Urey-experiment, endosymbiose theorie, Black smoker.