



College voor Toetsen en Examens

# BIOLOGIE VWO

## SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2019

Versie 2, juli 2017

© 2017 College voor Toetsen en Examens vwo, havo, vmbo, Utrecht.

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

## Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Biologie in de tweede fase	6
1.2 Het centraal examen	6
1.3 Verdeling examinering CE/SE	7
<b>2 Specificaties</b>	<b>8</b>
2.1 Toelichting op de specificaties	8
2.1.1 Opbouw van de specificatie	8
2.1.2 Voorbeeldcontexten	8
2.1.3 Deelconcepten	9
2.1.4 Beheersingsniveau	9
2.2 Specificaties	10
Domein A. Vaardigheden	10
Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken	10
Subdomein A2. Communiceren	10
Subdomein A3. Reflecteren op leren	10
Subdomein A4. Studie en beroep	10
Subdomein A5. Onderzoeken	10
Subdomein A6. Ontwerpen	11
Subdomein A7. Modelvorming	12
Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium	12
Subdomein A9. Waarderen en oordelen	13
Subdomein A10: Beleven	13
Subdomein A11: Vorm-functie-denken	13
Subdomein A12: Ecologisch denken	13
Subdomein A13: Evolutionair denken	14
Subdomein A14: Systeendenken	14
Subdomein A15: Kennisontwikkeling en -toepassing	14
Subdomein A16: Contexten	14
Domein B. Zelfregulatie	15
Subdomein B1. Eiwitsynthese	15
Subdomein B2. Stofwisseling van de cel	16
Subdomein B3. Stofwisseling van het organisme	18
Subdomein B4. Zelfregulatie van het organisme	20
Subdomein B5. Afweer van het organisme	21
Subdomein B8. Regulatie van ecosystemen	22
Domein C. Zelforganisatie	23
Subdomein C1. Zelforganisatie van cellen	24
Subdomein C3. Zelforganisatie van ecosystemen	25
Domein D. Interactie	26
Subdomein D1. Moleculaire interactie	26
Subdomein D2. Cellulaire interactie	26
Subdomein D5. Interactie in ecosystemen	27

Domein E. Reproductie	28
Subdomein E3. Reproductie van het organisme	28
Domein F. Evolutie	30
Subdomein F1. Selectie	30
Subdomein F2. Soortvorming	31
<b>3</b>	
<b>Vereiste (voor)kennis van scheikunde en natuurkunde</b>	<b>33</b>
3.1	Scheikunde 33
3.2	Natuurkunde 33
<b>Bijlage 1: Examenprogramma biologie vwo</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 2: Conceptentabel bij het examenprogramma</b>	<b>40</b>
<b>Bijlage 3: Index begrippen domeinen B t/m F</b>	<b>41</b>

## Voorwoord

De minister heeft de examenprogramma's op hoofdlijnen vastgesteld. In het examenprogramma zijn de exameneenheden aangewezen waarover het centraal examen (CE) zich uitstrekt: het CE-deel van het examenprogramma. Het examenprogramma geldt tot nader order.

Het College voor Toetsen en Examens (CvTE) geeft in een syllabus, die in beginsel jaarlijks verschijnt, een toelichting op het CE-deel van het examenprogramma. Behalve een beschrijving van de exameneisen voor een centraal examen kan een syllabus verdere informatie over het centraal examen bevatten, bijvoorbeeld over een of meer van de volgende onderwerpen: specificaties van examenstof, begrippenlijsten, bekend veronderstelde onderdelen van domeinen of exameneenheden die verplicht zijn op het schoolexamen, bekend veronderstelde voorkennis uit de onderbouw, bijzondere vormen van examinering (zoals computerexamens), voorbeeldopgaven, toelichting op de vraagstelling, toegestane hulpmiddelen.

Ten aanzien van de syllabus is nog het volgende op te merken. De functie ervan is een leraar in staat te stellen zich een goed beeld te vormen van wat in het centraal examen wel en niet gevraagd kan worden. Naar zijn aard is een syllabus dus niet een volledig gesloten en afgebakende beschrijving van alles wat op een examen zou kunnen voorkomen. Het is mogelijk, al zal dat maar in beperkte mate voorkomen, dat op een CE ook iets aan de orde komt dat niet met zo veel woorden in deze syllabus staat, maar dat naar het algemeen gevoelen in het verlengde daarvan ligt.

Een syllabus is zodoende een hulpmiddel voor degenen die anderen of zichzelf op een centraal examen voorbereiden. Een syllabus kan ook behulpzaam zijn voor de producenten van leermiddelen en voor nascholingsinstanties. De syllabus is niet van belang voor het schoolexamen. Daarvoor zijn door de SLO handreikingen geproduceerd die niet in deze uitgave zijn opgenomen.

Deze syllabus geldt voor het examenjaar 2019. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2020 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld.

Het CvTE publiceert uitsluitend digitale versies van de syllabi. Dit gebeurt via Examenblad.nl ([www.examenblad.nl](http://www.examenblad.nl)), de officiële website voor de examens in het voortgezet onderwijs.

Een syllabus kan zo nodig ook tussentijds worden aangepast, bijvoorbeeld als een in de syllabus beschreven situatie feitelijk veranderd is. De aan een centraal examen voorafgaande Septembermededeling is dan het moment waarop dergelijke veranderingen bekendgemaakt worden. Kijkt u voor alle zekerheid jaarlijks in september op Examenblad.nl. In de syllabi 2019 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2018 duidelijk zichtbaar. Inhoudelijke wijzigingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2019 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Voor opmerkingen over syllabi houdt het CvTE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan [info@cvte.nl](mailto:info@cvte.nl) of aan CvTE, Postbus 315, 3500 AH Utrecht.

De voorzitter van het College voor Toetsen en Examens,  
Drs. P.J.J. Hendrikse

## 1 Inleiding

Het examenprogramma biologie bestaat uit een gedeelte dat getoetst wordt in het centraal examen (CE) en een deel dat afgesloten wordt in het schoolexamen (SE). De syllabus geeft een specificatie van het CE-deel van het examenprogramma.

### 1.1 Biologie in de tweede fase

Biologie is een verplicht profielvak in het profiel Natuur en Gezondheid. Het neemt daar een plaats in naast de verplichte profielvakken wiskunde A (of B) en scheikunde en één profielkeuzevak te kiezen uit wiskunde D, natuurkunde, informatica en NLT. In het profiel Natuur en Techniek is biologie een profielkeuzevak. In de profielen Economie en Maatschappij en Cultuur en Maatschappij is biologie een keuze-examenvak. Het is een school toegestaan om het vak biologie (of gedeelten ervan, bijvoorbeeld in de vorm van modules) in het vrije deel aan te bieden.

De omvang van het vak biologie is voor vwo 480 SLU. Hiervan beslaat het in de syllabus gespecificeerde CE-deel ongeveer 60%.

### 1.2 Het centraal examen

De zitting en de zittingsduur van het centraal examen worden gepubliceerd op [www.examenblad.nl](http://www.examenblad.nl). Ook wordt daar dan een lijst gepubliceerd met hulpmiddelen die bij het examen zijn toegestaan.

### 1.3 Verdeling examinering CE/SE

Het examenprogramma staat in bijlage 1. Het betreft hier het programma met globale eindtermen, waarvan het CE-deel in hoofdstuk 2 van deze syllabus nader wordt gespecificeerd. Het SE-deel is nader gespecificeerd in een [handreiking](#) van SLO. In de handreiking zijn suggesties opgenomen voor het SE-deel welke dus niet bindend zijn.

In de onderstaande tabel staat vermeld welke domeinen en subdomeinen op het centraal examen geëxamineerd kunnen worden:

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
A	Vaardigheden			X	X	
B	Zelfregulatie	B1	Eiwitsynthese	X		X
		B2	Stofwisseling van de cel	X		X
		B3	Stofwisseling van het organisme	X		X
		B4	Zelfregulatie van het organisme	X		X
		B5	Afweer van het organisme	X		X
		B6	Beweging van het organisme		X	
		B7	Waarneming door het organisme		X	
		B8	Regulatie van ecosystemen	X		X
C	Zelforganisatie	C1	Zelforganisatie van cellen	X		X
		C2	Zelforganisatie van het organisme		X	
		C3	Zelforganisatie van ecosystemen	X		X
D	Interactie	D1	Moleculaire interactie	X		X
		D2	Cellulaire interactie	X		X
		D3	Gedrag en interactie		X	
		D4	Seksualiteit		X	
		D5	Interactie in ecosystemen	X		X
E	Reproductie	E1	DNA-replicatie		X	
		E2	Levenscyclus van de cel		X	
		E3	Reproductie van het organisme	X		X
F	Evolutie	F1	Selectie	X		X
		F2	Soortvorming	X		X
		F3	Biodiversiteit		X	
		F4	Ontstaan van het leven		X	

## 2 Specificaties

### 2.1 Toelichting op de specificaties

#### 2.1.1 *Opbouw van de specificatie*

De concepten die voorkomen in het examenprogramma zijn voor de biologie gestructureerd in een systeemmatrix (zie systeemmatrix CVBO in bijlage 2). In deze matrix is te zien op welk organisatieniveau en in het kader van welk biologisch systeemconcept (zelfregulatie, zelforganisatie, interactie, reproductie, evolutie) de concepten aan de orde komen.

De domeinen in het examenprogramma zijn benoemd op basis van de systeemconcepten. De subdomeinen zijn gebaseerd op de cellen in de matrix en de eindtermen zijn uitwerkingen van concepten die per subdomein in de systeemmatrix zijn opgenomen. Binnen de domeinen hebben de subdomeinen een naam die gebaseerd is op het biologische proces en/of het organisatieniveau ofwel de biologische eenheid waarbinnen dit subdomein zich afspeelt.

De specificaties in de syllabus kennen de volgende opbouw:

Per domein:

- Een omschrijving van het domein en een uitwerking van wat de kandidaat binnen dit domein op hoofdlijnen moet kennen en kunnen.

Per subdomein:

- De eindterm waarin de te hanteren biologische concepten en de contextgebieden waarin die biologische concepten in de maatschappelijke werkelijkheid van belang zijn, worden genoemd.
- Voorbeelden van contexten binnen de contextgebieden die in het examenprogramma voor dit subdomein genoemd zijn. Zie voor een nadere toelichting paragraaf 2.1.2.

Per concept:

- Een nadere specificatie van de wijze waarop de kandidaat de concepten in de genoemde contextgebieden moet kunnen hanteren. Hierin geeft een handelingswerkwoord de aanduiding van het beheersingsniveau waarop de kandidaat de concepten moet kunnen hanteren. Zie voor een nadere toelichting paragraaf 2.1.3.
- Een opsomming van deelconcepten waarop dit subdomein betrekking heeft.

In bijlage 3 is een index opgenomen van begrippen die in deze syllabus voorkomen.

#### 2.1.2 *Voorbeeldcontexten*

In de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs zijn keuzes gemaakt ten aanzien van de concepten uit de biologie die in het onderwijs behandeld moeten worden en de contextgebieden waarin die concepten worden gebruikt. De keuze voor de te behandelen concepten voor biologie is gemaakt op basis van actuele en veel voorkomende biologische praktijken in Nederland. Dat vergroot de kans dat leerlingen relevantie ervaren en het perspectief van vooropleiding voor vervolgstudie of beroep wordt verbeterd. De contextgebieden zijn, in overleg met de andere bètavakken, gestructureerd aan de hand van maatschappelijke thema's waarin bèta-kennis wordt gebruikt.



Om een nader beeld te geven van de contexten waarin de te bevragen concepten worden gebruikt, zijn er in deze syllabus voorbeelden opgenomen. In de vorm van de voorbeelden in deze syllabus zijn veelal de volgende aspecten te herkennen:

- de deelnemers met hun expertise;
- de plaats waar de deelnemers binnen deze context handelen;
- de activiteiten die de deelnemers uitvoeren;
- het doel van deze activiteit.

Deze complete opbouw is voorbeeldmatig, in het onderwijs of in een examen kunnen contexten ook op een andere manier beschreven worden. Iedere voorbeeldcontext wordt voorafgegaan door een letter die verwijst naar de contextgebieden die in het examenprogramma genoemd zijn, te weten:

E	energie	VP	voedselproductie
G	gezondheid of gezondheidszorg	S	sport
D	duurzaamheid	W	wereldbeeld
V	voeding	VH	veiligheid

Om de samenhang te benadrukken komen sommige voorbeeldcontexten bij meerdere (sub)domeinen voor.

### 2.1.3 *Deelconcepten*

Bij ieder subdomein is per concept een opsomming van deelconcepten opgenomen waarop dit subdomein betrekking heeft. Deze deelconcepten geven aan tot op welk niveau en in welke mate van detail de kandidaat de stof moet beheersen. De deelconcepten hebben geen ander doel dan een niveuaanduiding: ze moeten noch gezien worden als een verplichte, noch als een volledige lijst van termen waarover vragen kunnen worden gesteld. In contexten kunnen nieuwe termen worden geïntroduceerd die in de context zelf worden toegelicht.

### 2.1.4 *Beheersingsniveau*

In het examenprogramma zijn drie beheersingsniveaus onderscheiden die gekarakteriseerd zijn met de woorden *benoemen*, *verklaren* en *beargumenteren*. In de specificatie in deze syllabus zijn per niveau verschillende handelingswerkwoorden gebruikt. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Behalve de gebruikte handelingswerkwoorden geven ook de deelconcepten aan tot op welk niveau en in welke mate van detail de kandidaten de stof moeten beheersen.

Deze handelingswerkwoorden moeten niet verward worden met de woorden gebruikt in een examen, ook wel examenwerkwoorden genoemd. Deze hoeven qua niveau niet overeen te komen met de gebruikte handelingswerkwoorden. De moeilijkheidsgraad van een examenvraag wordt nader bepaald door de complexiteit van de contexten. Ook de in een vraag gebruikte examenwerkwoorden kunnen iets zeggen over het niveau van de vraag. Dit hoeft echter niet overeen te komen met de indeling in bovenstaande tabel. Zo kan een niveau 1-werkwoord binnen een complexe context een moeilijke vraag opleveren en kan een niveau 3-werkwoord in een recht toe recht aan vraag een makkelijke vraag opleveren.

## 2.2 Specificaties

### Domein A. Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau

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

Subdomeinen A10 t/m A16: Biologische vakvaardigheden

De eerste categorie met algemene profieloverstijgende vaardigheden worden in deze syllabus niet verder gespecificeerd. De specificaties van de subdomeinen A5 t/m A9 zijn afgestemd met de syllabuscommissies scheikunde en natuurkunde.

Voor een aantal vaardigheden (A6 t/m A7) geldt dat de vaardigheid gedeeltelijk bestaat uit onderdelen die niet op het centraal examen getoetst zullen worden. Omwille van de volledigheid van de specificatie van de betreffende eindterm, zijn deze onderdelen wel in de specificatie opgenomen, maar *cursief en grijs* afgedrukt. *De betreffende specificaties gelden dus niet voor het centraal examen.*

### Algemene vaardigheden (profieloverstijgend niveau)

#### Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken

##### **Eindterm**

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

**Geen nadere specificatie voor het vak biologie**

#### Subdomein A2. Communiceren

##### **Eindterm**

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

**Geen nadere specificatie voor het vak biologie**

#### Subdomein A3. Reflecteren op leren

##### **Eindterm**

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

**Geen nadere specificatie voor het vak biologie**

#### Subdomein A4. Studie en beroep

##### **Eindterm**

*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.*

**Geen nadere specificatie voor het vak biologie**

### Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau)

#### Subdomein A5. Onderzoeken

##### **Eindterm**

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) onderzoeksvra(a)g(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) onderzoeksvra(a)g(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 onderzoeksvra(a)g(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*

#### **Eindterm**

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*

##### **Eindterm**

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*

##### **Eindterm**

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*

##### **Eindterm**

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.*

#### **Biologische vakvaardigheden**

##### *Subdomein A10: Beleven*

##### **Eindterm**

*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: Vorm-functie-denken*

##### **Eindterm**

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*

##### **Eindterm**

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*

**Eindterm**

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

*Subdomein A14: Systeemdenken*

**Eindterm**

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*

**Eindterm**

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

*Subdomein A16: Contexten*

**Eindterm**

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.

**Geen nadere specificatie van de vakvaardigheden**

## **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*

#### **Eindterm**

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**

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

VP: 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 DNA, 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*

#### **Eindterm**

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**

G (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.

V: 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 fotosyntheseproces 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 dissimilatie-processen, 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, aeroob, anaeroob, 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, **denaturatie**.

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

#### **Eindterm**

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**

G (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.

VP: 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, alveesklier, 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 fotosyntheseproces 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, reabsorptie/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 bloedvatenstelsel en lymfevatenstelsel;
- 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, sinusknoop, 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, oedeem.

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

#### **Eindterm**

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**

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

V: 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, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>.

**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, perifere 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, rustpotential, actiepotential, prikkelrempel, refractaire periode, exciterend, inhiberend, prikkels, mechanische, chemische, temperatuur-, licht-, tast- en pijnreceptoren

*Subdomein B5. Afweer van het organisme*

**Eindterm**

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**

G: 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.

VP: 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.

G (leefwereldcontext): Leerlingen bediscussiëren aan de hand van berichten uit de krant het antibioticagebruik in de veeteelt 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, **resistentie**.

### **Subdomein B8. Regulatie van ecosystemen**

#### **Eindterm**

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**

D: 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, broeikaseffect, broeikasgassen.

**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*

#### **Eindterm**

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**

G: 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.

VP: 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, omnipotent, **kanker**.

### *Subdomein C3. Zelforganisatie van ecosystemen*

#### **Eindterm**

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**

D: 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.

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

W: 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, **groeicurves**.

## **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*

#### **Eindterm**

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**

G: 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.

VP: 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/**RNAi**, promotor, operator, repressor, suppressor, epigenetisch, cisgeen, transgeen.

### *Subdomein D2. Cellulaire interactie*

#### **Eindterm**

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**

G: 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 D5. Interactie in ecosystemen*

#### **Eindterm**

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**

VP: 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.

D : 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, **habitat**.

## **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 E3. Reproductie van het organisme*

#### **Eindterm**

De kandidaat kan met behulp van de concepten voortplanting en erfelijke eigenschappen 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**

E: 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.

G: 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.

VP: 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*

#### **Eindterm**

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**

G: 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.

VP: De plantenveredelaar en de taxonomen van een Instituut Genetische Bronnen ontwikkelen nieuwe rassen van voedingsgewassen met behulp van kennis van taxonomie en veredelingsstechnieken 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, leesraamverschuiving/frame shift mutatie.

## **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, genenpoel/gene pool, genetische modificatie.

## *Subdomein F2. Soortvorming*

### **Eindterm**

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**

G: De bacterioloog in het ziekenhuis doet voortdurend onderzoek naar veranderende populaties van resistente bacteriën in het kader van infectiepreventie.

W: 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 allelfrequenties/genfrequenties in een populatie kunnen veranderen door random mutaties, genetic drift en gene flow;
- 3 verbanden kwantificeren tussen allelfrequenties/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, stichter effect/founder effect, flessenhalseffect/bottleneck effect, inteelt

## **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.



### 3 Vereiste (voor)kennis van scheikunde en natuurkunde

In dit hoofdstuk is aangegeven wat bekend verondersteld wordt uit andere vakken, te weten scheikunde en natuurkunde.<sup>1</sup> Deze 'nevenkennis' kan leerstof uit de onderbouw of uit de bovenbouw betreffen. Het gaat dan om onderdelen die nodig kunnen zijn bij de bevraging van het CE-deel van het examenprogramma, maar die niet expliciet in de specificaties vermeld worden. Deze nevenkennis kan dan ook altijd aan de specificaties gerelateerd worden.

#### 3.1 Scheikunde

- Begrippen:
  - 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.

#### 3.2 Natuurkunde

- Begrippen:
  - massa, dichtheid, gewicht
  - vaste, vloeibare en gasvormige fase
  - snelheden, frequenties
  - vormen van energie
  - (radioactieve) isotopen, halveringstijd
  - elektromagnetisch spectrum;

---

<sup>1</sup> Leerlingen die geen scheikunde en/of natuurkunde volgen, missen bepaalde kennis van deze vakken die bekend verondersteld wordt bij het volgen van het biologieprogramma in de tweede fase. De docent kan, indien nodig, de leerling de benodigde kennis aanreiken.

## Bijlage 1: Examenprogramma biologie vwo

### Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Zelfregulatie
Domein C	Zelforganisatie
Domein D	Interactie
Domein E	Reproductie
Domein F	Evolutie

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, B3, B4, B5, B8, C1, C3, D1, D2, D5, E3, F1 en F2, in combinatie met de vaardigheden uit domein A.

Het CvE kan bepalen dat het centraal examen ten dele betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen tezamen dezelfde studielast hebben als de in de vorige zin genoemde.

Het CvE stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast.

Het CvE maakt indien nodig een specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- de domeinen en subdomeinen waarop het centraal examen geen betrekking heeft;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: een of meerdere domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: andere vakonderdelen die per kandidaat kunnen verschillen.

### De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Algemene vaardigheden (profieloverstijgend niveau)

#### **Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken**

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

#### **Subdomein A2: Communiceren**

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

#### **Subdomein A3: Reflecteren op leren**

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

#### **Subdomein A4: Studie en beroep**

4. 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.

Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau)

#### **Subdomein A5: Onderzoeken**

5. 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.

#### **Subdomein A6: Ontwerpen**

6. 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.

#### **Subdomein A7: Modelvorming**

7. 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.

#### **Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium**

8. 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.

#### **Subdomein A9: Waarderen en oordelen**

9. 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.

Biologie – specifieke vaardigheden

#### **Subdomein A10: Beleven**

10. 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: Vorm-functie-denken**

11. 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**

12. 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**

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

**Subdomein A14: Systeemdenken**

14. 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**

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

**Subdomein A16: Contexten**

16. 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

**Subdomein B1: Eiwitsynthese**

17. 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.

**Subdomein B2: Stofwisseling van de cel**

18. 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.

**Subdomein B3: Stofwisseling van het organisme**

19. 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.

**Subdomein B4: Zelfregulatie van het organisme**

20. 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.

**Subdomein B5: Afweer van het organisme**

21. 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.

**Subdomein B6: Beweging van het organisme**

22. 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.

**Subdomein B7: Waarneming door het organisme**

23. 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.

**Subdomein B8: Regulatie van ecosystemen**

24. 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.

## Domein C: Zelforganisatie

### **Subdomein C1: Zelforganisatie van cellen**

25. 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.

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

26. 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.

### **Subdomein C3: Zelforganisatie van ecosystemen**

27. 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.

## Domein D: Interactie

### **Subdomein D1: Moleculaire interactie**

28. 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.

### **Subdomein D2: Cellulaire interactie**

29. 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.

### **Subdomein D3: Gedrag en interactie**

30. 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.

### **Subdomein D4: Seksualiteit**

31. 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.

**Subdomein D5: Interactie in ecosystemen**

32. 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.

Domein E: Reproductie

**Subdomein E1: DNA-replicatie**

33. 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.

**Subdomein E2: Levenscyclus van de cel**

34. 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.

**Subdomein E3: Reproductie van het organisme**

35. 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.

Domein F: Evolutie

**Subdomein F1: Selectie**

36. 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.

**Subdomein F2: Soortvorming**

37. 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.

**Subdomein F3: Biodiversiteit**

38. 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.

**Subdomein F4: Ontstaan van het leven**

39. 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.

## Bijlage 2: Conceptentabel bij het examenprogramma

Systeemmatrix van biologische concepten die in het examenprogramma vwo zijn opgenomen. (gebaseerd op Tabel 1, pagina 26 en 27, eindrapportage CVBO 2010)

Systeemconcept	Biologische eenheid	Zelfregulatie	Zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Organisatieniveau						
Molecuul	DNA	Eiwitsynthese	Genexpressie	Genregulatie Interactie met (a)biotische factoren	DNA-replicatie	Mutatie Recombinatie Variatie
Cel	Cel	Homeostase Transport Assimilatie Dissimilatie	Celdifferentiatie	Celcommunicatie Interactie met (a)biotische factoren	Celcyclus	Ontstaan van het leven
Orgaan (-systeem)	Orgaan	Ademhaling Vertering Uitscheiding Transport				
Organisme	Prokaryoot Eukaryoot Virus	Homeostase Fotosynthese Ademhaling Vertering Uitscheiding Transport Afweer Beweging Hormonale regulatie Neurale regulatie Waarneming	Levenscyclus	Gedrag Interactie met (a)biotische factoren	Voortplanting Erfelijke eigenschap	
Populatie	Populatie			Gedrag Interactie met (a)biotische factoren		Variatie Selectie Soortvorming
Ecosysteem	Ecosysteem	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht	Dynamiek Evenwicht	Voedselrelatie Interactie met (a)biotische factoren		
Systeem Aarde	Systeem Aarde	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht	Dynamiek Evenwicht			Biodiversiteit Ontstaan van het leven



## Bijlage 3: Index begrippen domeinen B t/m F

Deze index is bedoeld als hulpmiddel bij het maken van de transmissie van de oude vakindeling naar de nieuwe. Het bevat zowel concepten als deelconcepten die in de syllabus voorkomen, maar ook begrippen die alleen in specificaties worden genoemd. De index bevat echter niet alle begrippen die in de syllabus voorkomen. De index is dus niet uitputtend.

### A

AB0-systeem			
B5.1 .....	22		
abiotisch milieu			
D 26			
abiotische factoren			
B8.3 .....	23		
C3.1 .....	25		
D1.1 .....	26		
D2.1 .....	27		
D5.2 .....	28		
acceptor			
B5.1 .....	22		
accumulatie			
D5.1 .....	27		
D5.2 .....	28		
actief en passief transport			
B2.2 .....	17		
actief transport			
B2.2 .....	17		
actiepotentiaal			
B4.3 .....	21		
actieve en passieve immuniteit			
B5.1 .....	22		
activator			
C1.1 .....	24		
adaptatie			
F2.2.....	32		
F2.3.....	32		
adaptaties			
F 30			
ademhaling			
B3.1 .....	18		
B3.3 .....	19		
ader			
B3.1 .....	18		
ADH			
B3.5 .....	20		
adhesie			
B3.6 .....	20		
ADP			
B2.3.....	18		
adrenaline			
B4.2.....	21		
aerobe dissimilatie			
B2.3.....	17		
aeroob			
B2.3.....	18		
afgifte			
B 15			
afleesrichting			
B1.2.....	16		
afstamming			
F2.4.....	32		
afweer			
B5 .....	21		
B5.1.....	22		
afweermechanismen			
B5.1.....	22		
alcohol			
B2.3.....	18		
allel			
E3.2.....	29		
F1.2.....	31		
allelfrequentie			
F2.2.....	32		
alvleesklier			
B3.1.....	18		
aminozuren			
B2.3.....	18		
aminozuur			
B1.2.....	16		
aminozuurvolgorde			
B1.2.....	16		
ammonificatie			
B8.2.....	23		
anaerobe			
B2.3.....	17		
anaeroob			
B2.3.....	18		
analogie			
F2.4.....	32		
animaal zenuwstelsel			
B4.3.....	21		
anorganische stof			
B3.2.....	19		
B8.1.....	23		
anticodon			
B1.2.....	16		
anticonceptie			
E3.1.....	29		
antigenen			
B5.1.....	22		
antistoffen			
B5.1.....	22		
aorta			
B4.1.....	21		
apoptose			
C1.2.....	25		
aspecifieke afweer			
B5.1.....	22		
assimilatie			
B2.3.....	17		
B3.3.....	19		
B3.6.....	20		
ATP			
B2.3.....	17, 18		
autonoom (vegetatief) zenuwstelsel			
B4.3.....	21		
autosomale			
E3.2.....	29		
autosomen			
E3.2.....	29		
F1.3.....	31		
autotroof			
B2.3.....	18		
B3.2.....	18, 19		
AV-knoop			
B3.6.....	20		
<b>B</b>			
bacterie			
B2.1.....	17		
bacteriën			
B2.1.....	16		

basenparing	B3.6..... 20	cellen	C1.2..... 24
B1.1 ..... 16	Bohr-effect	cellen van Schwann	B4.3..... 21
basenvolgorde	B3.6..... 20	cellulaire interactie	D2 ..... 26
B1.1 ..... 15	<b>bottleneck effect</b>	cellulose	B2.3..... 18
beenmerg	F2.3 ..... 32	celmembraan	B2.1..... 17
B3.6 ..... 20	bouwstoffen	B4.1..... 21	celplasma
beperkende factor	B2.3..... 17, 18	D2.1..... 27	celtype
B3.3 ..... 19	BPP	C1.2..... 25	celwand
D5.2 ..... 28	B8.1..... 23	B2.1..... 17	B2.1..... 17
beperkende factoren	brandstoffen	B4.1..... 21	centra in de
B3.2 ..... 19	B2.3..... 17, 18	centraal zenuwstelsel	B4.3..... 21
bevruchting	broeikaseneffect	B4.3..... 21	centriolen
E3.1 ..... 29	B8.2..... 23	B2.1..... 17	chemische en
bijnieren	<b>broeikasgassen</b>	chemische en	drukreceptoren
B4.2 ..... 21	B8.2 ..... 23	B4.1..... 21	chemische energie
biobrandstof	bronchiën	B2.3..... 17	chemische receptoren
B8.1 ..... 23	B3.1..... 18	B4.3..... 21	B4.3..... 21
biodiversiteit	bufferende stoffen	chemosynthese	verbranding
B8.3 ..... 23	B3.6..... 20	B2.3..... 18	chlorofyl
C3.1 ..... 25	buffers	B2.1..... 17	B2.1..... 17
F 30	B4.1..... 21	chemische samenstelling	B2.3..... 18
biologisch afbreekbaar	buffers van HCO <sub>3</sub>	B4.1..... 21	B3.2..... 19
D5.2 ..... 28	B3.5..... 20	chemosynthese	chloroplasten
biomassa	buffers van	verbranding	B2.3..... 17
B8.1 ..... 23	hemoglobine en HCO <sub>3</sub>	B2.3..... 18	cholesterol
biotechnologie	B3.3..... 19	cholesterol	B3.6..... 20
B2.3 ..... 17	bundel van His	chromosomen	B1.1..... 16
biotische	B3.6..... 20	F1.3 ..... 31	chromosoom
B8.3 ..... 23	<b>C</b>	B2.1..... 17	B2.1..... 17
biotische factoren	cascade	B4.3..... 21	
C3.1 ..... 25	B2.1..... 17	chemische samenstelling	
D1.1 ..... 26	C-assimilatie	B4.1..... 21	
D2.1 ..... 27	B2.3..... 18	chemosynthese	
D5.2 ..... 28	cel	verbranding	
bloed	B 15	B2.3..... 18	
B3.6 ..... 20	B2 ..... 16	chlorofyl	
B5.1 ..... 22	B3.1..... 18	B2.1..... 17	
bloeddruk	B5.1..... 22	chloroplast	
B3.6 ..... 20	C1 ..... 24	B2.1..... 17	
bloedplaatjes	C1.1..... 24	B2.3..... 18	
B3.6 ..... 20	C1.2..... 24	B3.2..... 19	
bloedplasma	D1.1 ..... 26	chloroplasten	
B3.6 ..... 20	D2.1 ..... 27	B2.3..... 17	
bloedsamenstelling	celcommunicatie	cholesterol	
B3.6 ..... 20	D2.1 ..... 27	B3.6..... 20	
bloedsomloop	celdifferentiatie	chromosomen	
B3.6 ..... 20	C1.2..... 24, 25	B1.1..... 16	
bloedstolling	celkern	F1.3 ..... 31	
B3.6 ..... 20	B2.1..... 17	chromosoom	
bloedtransfusie	cell junctions	B2.1..... 17	
B5.1 ..... 22	D2.1 ..... 27		
bloedvaten			

C1.1	24
F1.2	31
ciliën	
B2.1	17
cisgeen	
D1.1	26
citroenzuurcyclus	
B2.3	18
clade	
F2.4	32
cladogram	
F2.4	32
climaxecosysteem	
C3.1	25
CO <sub>2</sub>	
B3.3	19
CO <sub>2</sub> -concentratie	
B3.3	19
B4.1	21
coderende streng	
B1.2	16
codon	
B1.2	16
coevolutie	
F2.4	32
cohesie	
B3.6	20
colloïd-osmotische druk	
B3.6	20
commensalisme	
D5.1	28
concurrentie	
B8.3	23
C3.1	25
D5.2	28
consument	
B8.1	23
consumenten	
B8.2	23
crossing-over	
F1.3	31
cytoplasma	
B1.2	16
B2.1	17
B4.1	21
cytoplasmastroming	
B2.2	17
cytoskelet	
B2.1	17
B2.2	17

## D

darmbacteriën	
B3.4	19
darmperistaltiek	
B3.4	19
darmvlokken	
B3.1	18
deletie	
F1.2	31
denaturatie	
B2.3	18
denitrificatie	
B8.2	23
diastole	
B3.6	20
differentiatie	
C1.2	24
diffusie	
B2.2	17
B3.3	19
dikke darm	
B3.1	18
diploïd	
E3.1	29
dissimilatie	
B2.3	17
B3.2	19
B3.3	19
B3.6	20
B8.2	23
DNA	
B1.1	15
B2.3	18
C1.1	24
F1.1	30
DNA-analyse	
F1.1	30
DNA-polymerase	
B1.2	16
DNA-repairsysteem	
F1.2	31
dode ruimte	
B3.3	19
doelwitorganen	
B4.2	21
dominant	
E3.2	29
donor	
B5.1	22
draagkracht	
C3.1	25

dunne darm	
B3.1	18
duurzame energie	
D5.2	28
duurzame ontwikkeling	
D5.2	28
dynamiek	
B8.3	23
C3.1	25
dynamisch evenwicht	
B2.1	16, 17
B4.1	21

## E

ecosysteem	
B 15	
B8.1	23
B8.2	23
B8.3	23
C3.1	25
D5.2	28
ecosystemen	
B8	22
B8.3	23
C3	25
D5	27
effector	
B2.1	17
eicel	
E3.1	29
Eilandjes van Langerhans	
B4.2	21
eilandtheorie	
F2.3	32
eiwit	
B1.2	16
B2.3	18
C1.1	24
D1.1	26
eiwitsynthese	
B1	15
B1.2	16
C1.1	24
eiwitten	
B3.4	19
C1.1	24
elementen	
B8.2	23
embryo	
E3.1	29

embryonale bloedsomloop B3.6 .....20	eukaryoten B3.3..... 19 B3.4..... 19 B3.5..... 19 B3.6..... 20 C1.1..... 24 E3.1..... 29	B2.3..... 18 fossiele brandstof B8.1..... 23 foto- en chemo- autotroof B8.1..... 23 fotosynthese B2.3.....17, 18 B3.2..... 18 B3.6..... 20 B8.2..... 23 founder effect F2.3 ..... 32 frame shift mutatie F1.2 ..... 31 FSH E3.1 ..... 29
embryonale ontwikkeling E3.1 .....29	eutrofiering B8.2..... 23	
emergente eigenschap F2.1.....32	evenwicht B8.3..... 23 C3.1..... 25	
emergente eigenschappen C 24 F2.1.....32	evenwichtssituaties C3.1..... 25	
emulgeren B3.4 ..... 19	evolutie F 30	
endeldarm B3.1 ..... 18	evolutietheorie F 30	
endo- en exocytose B2.2 ..... 17	exciterend B4.3..... 21	
endocrien B4.2 .....21	exocrien B4.2..... 21	
endoplasmatisch reticulum B1.2 ..... 16 B2.1 ..... 17	exons C1.1..... 24	
energiestroom B8.1 ..... 22, 23	exoot B8.3..... 23 C3.1..... 25	
enkele en dubbele bloedsomloop B3.6 .....20		
enkelstrengs en dubbelstrengs DNA B1.1 ..... 16	<b>F</b>	
enzymen B2.3 ..... 17, 18 D1.1 .....26	fenotype C1.1..... 24 E3.2..... 29 F1.1 ..... 30 F1.2 ..... 31 F1.4 ..... 31 F2.1 ..... 32	
epigenetica E3.2 .....29	fenotypen E3.2..... 29 F2.1 ..... 32	
epigenetisch D1.1 .....26	filtratiedruk B3.6..... 20	
epigenetische overerving E3.2 .....29	fitness F2.2 ..... 32 F2.3 ..... 32	
EPO B4.2 .....21	flagellen B2.1..... 17	
erfelijke eigenschap E3.2 .....29	flessenhalseffect F2.3 ..... 32	
eukaryoot B2.1 ..... 17	follikel E3.1 ..... 29	
eukaryote cel B2.1 ..... 16	fosfolipiden B2.2..... 17	
		gele lichaam E3.1 ..... 29 gen C1.1..... 24 E3.2 ..... 29 F1.2 ..... 31 gene flow F2.2 ..... 32 gene pool F1.4 ..... 31 genen

C1.2 .....	25	E3.1 .....	29	B3.1 .....	18
F1.3 .....	31	F1.3 .....	31	hartslagfrequentie	
<b>genenpoel</b>		geslachtschromosomen		B3.6 .....	20
<b>F1.4</b> .....	31	E3.2 .....	29	HCG	
genenpool		F1.3 .....	31	E3.1 .....	29
C3.1 .....	25	geslachtshormonen		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
genetic drift		E3.1 .....	29	B3.6 .....	20
F2.2 .....	32	giftige stoffen		B4.1 .....	21
F2.4 .....	32	D5.1 .....	27	helixstructuur	
genetische code		gisting		B1.1 .....	16
B1.1 .....	16	B2.3 .....	18	hemoglobine	
C1.1 .....	24	glucagon		B3.3 .....	19
F1.1 .....	30	B4.2 .....	21	B3.6 .....	20
genetische informatie		glucoseconcentratie		B4.1 .....	21
F1.1 .....	30	B4.1 .....	21	hersenstam	
genetische modificatie		glycerol		B4.3 .....	21
F1.4 .....	31	B2.3 .....	18	heterotroof	
genetische variatie		glycogeen		B2.3 .....	18
E3.1 .....	29	B2.3 .....	18	B3.2 .....	19
F1.4 .....	31	glycolyse		B8.1 .....	23
F2.2 .....	32	B2.3 .....	18	histonen	
genexpressie		golgi-systeem		B1.1 .....	16
C1.1 .....	24	B1.2 .....	16	homeostase	
D1.1 .....	26	B2.1 .....	17	B2.1 .....	16
D2.1 .....	27	gradiëntecosysteem		B4.1 .....	20
genfrequenties		C3.1 .....	25	B4.2 .....	21
F2.2 .....	32	grijze stof		homologe	
genoom		B4.3 .....	21	chromosomen	
C1.2 .....	24, 25	<b>groeicurves</b>		F1.3 .....	31
D1.1 .....	26	C3.1 .....	25	homologie	
E3.2 .....	29	grondplasma		F2.4 .....	32
genoommutatie		B2.1 .....	17	hormonale regulatie	
F1.2 .....	31	grote bloedsomloop		B4.2 .....	21
genotype		B3.6 .....	20	hormonen	
E3.2 .....	29	grote hersenen		B4.2 .....	21
F1.1 .....	30	B4.3 .....	21	D2.1 .....	27
F1.4 .....	31	<b>H</b>		E3.1 .....	29
F2.1 .....	32	haarvat		hormoonconcentratie	
genotypen		B3.1 .....	18	B4.2 .....	21
E3.2 .....	29	<b>habitat</b>		hormoonklieren	
F2.1 .....	32	D5.2 .....	28	B4.2 .....	21
genregulatie		haploïd		hormoonstelsel	
D1.1 .....	26	E3.1 .....	29	B4.1 .....	21
geslacht		haplotype		B4.2 .....	21
E3.2 .....	29	F1.3 .....	31	hout- en bastvaten	
F2.4 .....	32	Hardy-Weinberg		B3.1 .....	18
geslachtelijke en		F2.2 .....	32	huid	
ongeslachtelijke		hart		B3.5 .....	19
voortplanting		B3.1 .....	18	B4.1 .....	20
E3.1 .....	29	B3.6 .....	20	huid en slijmvliezen	
geslachtelijke		hartkleppen		B5.1 .....	22
voortplanting				huidmondjes	

B3.1 .....	18	ionentransport	E3.1 .....	29
humorale en cellulaire respons		B2.2.....	kunstmatige selectie	
B5.1 .....	22	iRNA	F2.3 .....	32
hydrofiel		D1.1 .....		
B2.2 .....	17	isotonisch		
hydrofoob		B2.2.....		
B2.2 .....	17			
hypertonisch		<b>K</b>	<b>L</b>	
B2.2 .....	17	<b>kanker</b>	<b>leesraamverschuiving</b>	
hypofyse		C1.2.....	F1.2 .....	31
B4.2 .....	21	karyotype	lethale factor	
hypothalamus		F1.3 .....	E3.2 .....	29
B4.2 .....	21	kernDNA	lethale factoren	
hypotonisch		B1.1.....	E3.2 .....	29
B2.2 .....	17	kernlichaampje	leven	
		B2.1.....	F 30	
<b>I</b>		kernporie	levenscyclus	
immuniteit		B2.1.....	E3.1 .....	29
B5.1 .....	22	kieuwen	lever	
impulsgeleiding		B3.1.....	B3.1.....	18
B4.3 .....	21	kinetische energie	B4.1.....	20
in vitro fertilisatie		B2.3.....	LH	
E3.1 .....	29	kleine bloedsomloop	E3.1 .....	29
indicatorsoort		B3.6.....	lichaamseigen	
C3.1 .....	25	kleine hersenen	B5.1.....	22
D5.2 .....	28	B4.3.....	lichaamseigen stoffen	
inhiberend		klievingsdeling	B5.1.....	22
B4.3 .....	21	E3.1 .....	lichaamsvreemd	
insertie		klonen	B5.1.....	22
F1.2.....	31	E3.1 .....	lichaamsvreemde stoffen	
insuline		knock-out-gen	B5.1.....	22
B4.2 .....	21	C1.1.....	licht- en donkerreactie	
<b>inteelt</b>		koolhydraten	B2.3.....	18
F2.3.....	32	B2.3.....	B2.3.....	17
interactie		B3.4.....	lichtreceptoren	
D 26		koolstof	B4.3.....	21
D 26		B8.2.....	longblaasjes	
D1.1 .....	26	koolstofassimilatie	B3.1.....	18
D2.1 .....	27	B2.3.....	longcapaciteit	
D5.....	27	koolstofdioxidetranspor t	B3.3.....	19
D5.2 .....	28	B3.6.....	longen	
intermediaire		kring- en lengtespieren	B3.1.....	18
E3.2 .....	29	B3.1.....	B3.5.....	19
introns		kringloop	B4.1.....	20
C1.1 .....	24	B8.2.....	longventilatie	
inwendig en uitwendig milieu		kringlopen	B3.3.....	19
B4.1 .....	21	B8.2.....	luchtpijp	
ionenpomp		kruisingschema's	B3.1.....	18
B2.1 .....	17	E3.2 .....	lymfe	
B2.2 .....	17	kunstmatige inseminatie	B3.6.....	20
			B5.1.....	22
			lymfe systeem	
			B3.1.....	18

lymfeknopen	
B5.1	22
lymfevatenstelsel	
B3.6	20
lysosoom	
B2.1	17
C1.2	25

## M

maag		B8.3	23
B3.1	18	D5.2	28
macrofagen		migratie	
B5.1	22	B8.3	23
materie		milieufactoren	
B 15		E3.2	29
matrijsstreng		milt	
B1.2	16	B5.1	22
mechanische en chemische afweer		mitochondriaal DNA	
B5.1	22	E3.2	29
mechanische en chemische vertering		mitose	
B3.4	19	E3.1	29
mechanische receptoren		moleculaire interactie	
B4.3	21	D1	26
mediatoren		moleculen	
B5.1	22	B 15	
meiose		mono- en dihybride kruising	
E3.1	29	E3.2	29
F1.3	31	mono-, di- en polysachariden	
melkzuur		B2.3	18
B2.3	18	motoreiwit	
membranen		B2.2	17
B2.2	17	motorische neuronen	
mens		B4.3	21
C3.1	25	mRNA	
E3.1	29	B1.1	15
E3.2	29	B1.2	16
menstruatiecyclus		mtDNA	
E3.1	29	B1.1	16
metabolisme		mutagene factoren	
B2.3	17	D1.1	26
methaan		mutagene stof	
B2.3	18	F1.2	31
methylering		mutagene straling	
E3.2	29	puntmutatie	
MHCI		F1.2	31
B5.1	22	F1.2	30
MHCII		F1.4	31
B5.1	22	F2.4	32
microklimaat		mutaties	
		F2.2	32
		mutualisme	
		D5.1	28
		myelineschede	
		B4.3	21
		myoglobine	
		B3.3	19
		B3.6	20

## N

Na/K pomp	
B4.3	21
Na/K-pomp	
D2.1	27
NAD	
B2.3	18
NADP	
B2.3	18
natuurlijke en kunstmatige immuniteit	
B5.1	22
natuurlijke selectie	
F2.2	32
F2.3	32
nefron	
B3.1	18
negatieve terugkoppeling	
B4.1	21
netto fotosynthesereactie	
B3.2	19
neurale regulatie	
B4.3	21
neurotransmitter	
B4.3	21
niche	
B8.3	23
D5.2	28
nieren	
B3.1	18
B3.5	19
B4.1	20
B4.2	21
niet-coderend DNA	
C1.1	24
nitrificatie	
B8.2	23
NPP	
B8.1	23
nucleïnezuren	
B1.1	16
nucleosomen	
B1.1	16
C1.1	24
nucleotide	
B1.1	16
nutriëntenkringlopen	
B8.2	23

## O

O <sub>2</sub>	
B3.3	19
O <sub>2</sub> -concentratie	
B3.3	19
B4.1	21
oedeem	
B3.6	20
oestrogeen	
E3.1	29
omnipotent	
C1.2	25
omslagpunt	
C3.1	25
onafhankelijke overerving	
E3.2	29
ongeslachtelijke voortplanting	
E3.1	29
onvolledig dominant	
E3.2	29
open en gesloten bloedsomloop	
B3.6	20
operator	
D1.1	26
opname	
B 15	
B3.1	18
B3.3	19
opslag	
B3.6	20
optimum	
D5.2	28
orgaan	
B 15	
B3.1	18
B5.1	22
orgaanstelsel	
B3.1	18
orgaanstelsels	
B3.1	18
organische stof	
B3.2	19
B8.1	23
B8.2	23
organisme	
B3	18
B4	20
B5	21

C1.1	24
C1.2	24, 25
D5.1	27
E3	28
E3.1	29
F1.1	30
F1.2	31
F2.3	32
orthosympatisch	
B4.3	21
osmose	
B2.2	17
osmotische druk	
B2.2	17
osmotische waarde	
B2.2	17
B3.5	20
B4.1	21
osmotische werking	
B2.2	17
ovaria	
B4.2	21
oxidatieve fosforylering	
B2.3	18
<b>P</b>	
parasitisme	
D5.1	28
parasympatisch	
B4.3	21
passief transport	
B2.2	17
pCO <sub>2</sub> /pO <sub>2</sub>	
B4.1	21
PCR	
B1.1	16
peptidebinding	
B1.2	16
perifeer zenuwstelsel	
B4.3	21
persistent	
D5.2	28
pH	
B2.3	17, 18
B3.4	19
B4.1	21
pijnreceptoren	
B4.3	21
pioniersoort	
C3.1	25
placenta	
E3.1	29

planten	
B3.1	18
B3.3	19
B3.6	20
B5.1	22
plasmide	
B1.1	16
B1.2	16
B2.1	17
plasmolyse	
B2.2	17
plastide	
B2.1	17
pluripotent	
C1.2	25
polyplloid	
E3.1	29
poollichaampje	
E3.1	29
populatie	
B 15	
C 24	
F1.4	31
F2.1	31, 32
F2.2	32
Populatie	
F2.1	32
populaties	
B8.3	23
C3.1	25
D5.2	28
F2.3	32
F2.4	32
positieve terugkoppeling	
B4.1	21
predatie	
D5.1	28
prikkeldrempel	
B4.3	21
prikkels	
B4.3	21
primaire structuur	
B1.2	16
primer	
B1.1	16
pro- en eukaryote organismen	
E3.2	29
producent	
B8.1	23
producenten	



B8.2 .....	23	refractaire periode		schakelneuronen	
productiviteit		B4.3 .....	21	B4.3 .....	21
B8.1 .....	23	regelkring		schildklier	
progesteron		B4.1 .....	21	B4.2 .....	21
E3.1 .....	29	B4.2 .....	21	schildklierhormoon	
prokaryoot		B4.3 .....	21	B4.2 .....	21
B2.1 .....	17	regulatie		second messenger	
B3.1 .....	18	B8 .....	22	D2.1 .....	27
E3.1 .....	29	regulatorgenen		secundaire structuur	
promotor		D1.1 .....	26	B1.2 .....	16
D1.1 .....	26	repetitief DNA		seksuele selectie	
proteïne		B1.1 .....	16	F2.3 .....	32
B1.2 .....	16	repressor		selectie	
proto-oncogenen		D1.1 .....	26	F1 .....	30
D1.1 .....	26	reproductie		F2.3 .....	32
		E 28		F2.4 .....	32
		E3 .....	28	selectiedruk	
		reservestoffen		F2.3 .....	32
		B2.3 .....	17, 18	selectief doorlaatbaar	
		<b>resistentie</b>		celmembraan	
		B5.1 .....	22	B2.2 .....	17
		resorptie		selectief permeabel	
		B3.4 .....	19	B2.2 .....	17
		respons		semi-permeabel	
		D2.1 .....	27	membraan	
		restrictie-enzym		B2.2 .....	17
		B1.1 .....	16	sensorische	
		resusfactor		B4.3 .....	21
		B5.1 .....	22	sequenzen	
		ribosoom		B1.1 .....	16
		B1.2 .....	16	signaalcascade	
		B2.1 .....	17	D2.1 .....	27
		RNA		signaalsstoffen	
		B1.1 .....	15, 16	D5.1 .....	28
		C1.1 .....	24	signaalstoffen	
		<b>RNAi</b>		D2.1 .....	27
		D1.1 .....	26	signaalverwerking	
		RNA-polymerase		B4.3 .....	21
		C1.1 .....	24	sinusknoop	
		rode bloedcellen		B3.6 .....	20
		B3.6 .....	20	slagader	
		rRNA		B3.1 .....	18
		B1.1 .....	15	slagvolume	
		B1.2 .....	16	B3.6 .....	20
		ruggenmerg		slokdarm	
		B4.3 .....	21	B3.1 .....	18
		rustpotentiaal		soort	
		B4.3 .....	21	F2.3 .....	32
				F2.4 .....	32
		<b>S</b>		soorten	
		saltatoire geleiding		F2.4 .....	32
		B4.3 .....	21	soortvorming	

F2	31
F2.4	32
specifieke afweer	
B5.1	22
spermacel	
E3.1	29
spijsverteringshormonen	
B4.2	21
spijsverteringsorganen	
B3.4	19
splicing	
C1.1	24
spore	
E3.1	29
stambomen	
E3.2	29
stamboom	
E3.2	29
stamcellen	
C1.2	25
startcodon	
B1.2	16
C1.1	24
<b>stichter effect</b>	
F2.3	32
stikstof	
B8.2	23
stikstofbinding	
B8.2	23
stofwisseling	
B2	16
B3	18
stopcodon	
B1.2	16
C1.1	24
structuurgenen	
D1.1	26
successie	
C3.1	25
suppressor	
D1.1	26
symbiose	
D5.1	28
synaps	
B4.3	21
D2.1	27
systeem Aarde	
B8.2	23
C3.1	25
systole	
B3.6	20

## T

T- en B-cellen	
B5.1	22
tastreceptoren	
B4.3	21
taxon	
F2.4	32
tegenstroomprincipe	
B3.6	20
temperatuur	
B2.3	17
B3.4	19
B4.1	21
temperatuurreceptoren	
B4.3	21
template streng	
B1.2	16
tertiaire structuur	
B1.2	16
terugkoppeling	
B2.1	17
B4.1	21
terugresorptie	
B3.5	20
testes	
B4.2	21
testosteron	
E3.1	29
tolerantie	
D5.2	28
tolerantiegrenzen	
C3.1	25
tracheeën	
B3.1	18
transcriptie	
B1.2	16
transcriptiefactor	
C1.1	24
transgeen	
D1.1	26
translatie	
B1.2	16
transplantatie	
B5.1	22
transport	
B2.2	17
B3.1	18
B3.3	19
B3.6	20
tripletcode	
B1.2	16

tRNA	
B1.1	15
B1.2	16
trofische niveaus	
B8.1	23
D5.1	28
turgor	
B2.2	17
tussencelstof	
B2.3	18
C1.2	25
twalfvingerige darm	
B3.1	18

## U

uitscheiding	
B3.1	18
B3.5	19
uitscheidingprocessen	
B3.5	19
uitscheidingsorganen	
B3.5	19
uitspoeling	
B8.2	23
ultrafiltratie	
B3.5	20
universele genetische code	
F 30	
ureum	
B3.5	20
urine	
B3.5	20

## V

vaccinatie	
B5.1	22
vacuole	
B2.1	17
variatie	
F2.2	32
ventilatiebewegingen	
B3.3	19
verdampingsstroom	
B3.6	20
<b>veredeling</b>	
F2.3	32
vertering	
B3.4	19
verteringsenzymen	
B3.4	19



