



<i>Rodzaj dokumentu:</i>	Sprawozdanie za rok 2026
<i>Egzamin:</i>	Egzamin maturalny
<i>Przedmiot:</i>	Biologia
<i>Poziom:</i>	Poziom rozszerzony
<i>Termin egzaminu:</i>	8 maja 2026 r.
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	25 września 2026 r.

Sprawozdanie zostało opracowane przez Centralną Komisję Egzaminacyjną we współpracy z okręgowymi komisjami egzaminacyjnymi.

Centralna Komisja Egzaminacyjna

ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa
tel. 22 536 65 00
www.cke.gov.pl sekretariat@cke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Gdańsku (województwa: kujawsko-pomorskie, pomorskie)

ul. Na Stoku 49, 80-874 Gdańsk
tel. 58 320 55 90
www.oke.gda.pl komisja@oke.gda.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Jaworznie (województwo śląskie)

ul. Adama Mickiewicza 4, 43-600 Jaworzno
tel. 32 784 16 00
www.oke.jaworzno.pl sekretariat@oke.jaworzno.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Krakowie (województwa: lubelskie, małopolskie, podkarpackie)

os. Szkolne 37, 31-978 Kraków
tel. 12 683 21 01
www.oke.krakow.pl oke@oke.krakow.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łodzi (województwa: łódzkie, świętokrzyskie)

ul. Ksawerego Praussa 4, 94-203 Łódź
tel. 42 664 80 50
lodz.oke.gov.pl sekretariat@lodz.oke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łomży (województwa: podlaskie, warmińsko-mazurskie)

al. Legionów 9, 18-400 Łomża
tel. 86 473 71 20
www.oke.lomza.pl sekretariat@oke.lomza.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu (województwa: lubuskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie)

ul. Gronowa 22, 61-655 Poznań
tel. 61 854 01 60
www.oke.poznan.pl sekretariat@oke.poznan.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie (województwo mazowieckie)

ul. Józefa Bema 87, 01-233 Warszawa
tel. 22 457 03 35
www.oke.waw.pl info@oke.waw.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu (województwa: dolnośląskie, opolskie)

ul. Tadeusza Zielińskiego 57, 53-533 Wrocław
tel. 71 785 18 94
www.oke.wroc.pl sekretariat@oke.wroc.pl

Serwis Komisji Egzaminacyjnych: egzaminy.gov.pl



**Serwis
Komisji
Egzaminacyjnych**

Spis treści

Opis arkusza maturalnego	4
Dane dotyczące populacji zdających	5
Przebieg egzaminu	6
Podstawowe dane statystyczne	7
Komentarz	20
Wnioski i rekomendacje	30

Opis arkusza egzaminu maturalnego

W roku szkolnym 2025/2026 egzamin maturalny z biologii został przeprowadzony na podstawie wymagań egzaminacyjnych określonych w rozporządzeniu Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r.¹

Arkusz egzaminacyjny z biologii na poziomie rozszerzonym zawierał 23 zadania, na które składało się 56 poleceń (zadań szczegółowych), w tym: 18 zadań szczegółowych zamkniętych (32 %) i 38 zadań szczegółowych otwartych krótkiej odpowiedzi (68 %). Zadania sprawdzały wiadomości i umiejętności ujęte w pięciu obszarach wymagań ogólnych. Za rozwiązanie zadań zdający mogli łącznie uzyskać 60 pkt, w tym:

- I. Poglębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia – 23 zadania szczegółowe (24 pkt).
- II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań – 7 zadań szczegółowych (7 pkt).
- III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych – 7 zadań szczegółowych (7 pkt).
- IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych – 17 zadań szczegółowych (20 pkt).
- V. Poglębianie znajomości uwarunkowań zdrowia człowieka – 2 zadania szczegółowe (2 pkt).
- VI. Rozwijanie postawy szacunku wobec przyrody i środowiska – brak zadań w tym roku.

Większość zadań w arkuszu egzaminacyjnym składała się z kilku poleceń (2–5 zadań szczegółowych) odnoszących się do tego samego materiału źródłowego, tworząc wiązki zadań. Trzy zadania zawierały po jednym poleceniu.

Podczas rozwiązywania zadań zdający mogli korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*.

¹ Rozporządzenie Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia (Dz.U. poz. 1019).

Dane dotyczące populacji zdających

TABELA 1. ZDAJĄCY ROZWIĄZUJĄCY ZADANIA W ARKUSZU STANDARDOWYM*

Liczba zdających (Formuła 2023)		6 205
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	z liceów ogólnokształcących	5 578
	z techników	625
	z branżowych szkół II stopnia	2
	ze szkół na wsi	238
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	1 669
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	1 879
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	2 419
	ze szkół publicznych	5 647
	ze szkół niepublicznych	554
	kobiety	4 818
	mężczyźni	1 387
	bez dysleksji rozwojowej	5 185
	z dysleksją rozwojową	1 020

* Dane w tabeli dotyczą tegorocznych absolwentów.

Z egzaminu zwolniono 6 uczniów – laureatów i finalistów Olimpiady Biologicznej.

TABELA 2. ZDAJĄCY ROZWIĄZUJĄCY ZADANIA W ARKUSZACH DOSTOSOWANYCH

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	32
	słabowidzący	9
	niewidomi	0
	słabosłyszący	9
	nieśłyszący	0
	z niepełnosprawnością ruchową spowodowaną mózgowym porażeniem dziecięcym	3
	z zaburzeniem widzenia barw	6
	z niepełnosprawnościami sprzężonymi	0
	Ogółem	59

Przebieg egzaminu

TABELA 3. INFORMACJE DOTYCZĄCE PRZEBIEGU EGZAMINU

Termin egzaminu			8 maja 2026 r.
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego			180 minut
Liczba szkół			312
Liczba zespołów egzaminatorów			7
Liczba egzaminatorów-weryfikatorów			7
Liczba egzaminatorów			97
Liczba obserwatorów ² (§ 8 ust. 1)			
Liczba unieważnień ³	w przypadku:		
	art. 44zzv pkt 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	-
	art. 44zzv pkt 2	wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	-
	art. 44zzv pkt 3	zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu egzaminu	-
	art. 44zzw ust. 1	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	-
	art. 44zzy ust. 7	stwierdzenie naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu maturalnego	-
	art. 44zzy ust. 10	niemożność ustalenia wyniku (np. zaginięcie karty odpowiedzi)	-
Liczba wglądów ³ (art. 44zzz)			1504

² Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 sierpnia 2022 r. w sprawie egzaminu maturalnego (Dz.U. z 2024 r. poz. 302, z późn. zm.).

³ Ustawa z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (Dz.U. z 2025 r. poz. 881, z późn. zm.).

Podstawowe dane statystyczne

Wyniki zdających

WYKRES 1. ROZKŁAD WYNIKÓW ZDAJĄCYCH

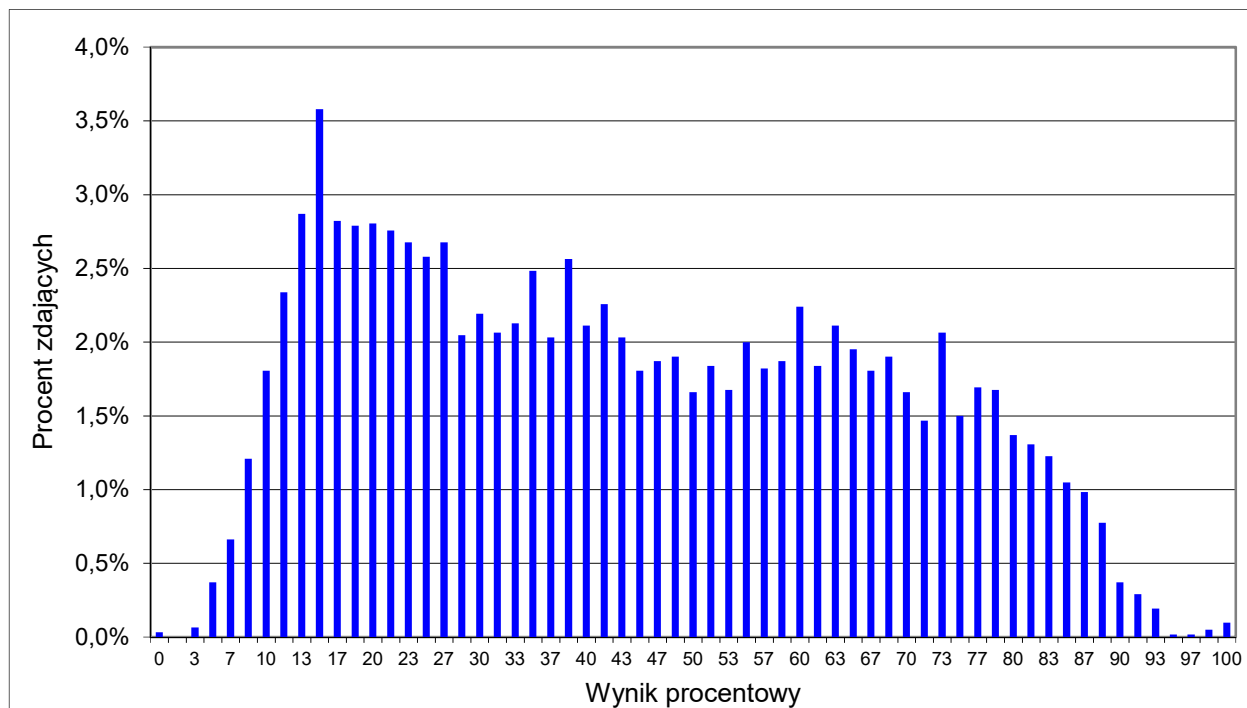


TABELA 4. WYNIKI ZDAJĄCYCH – PARAMETRY STATYSTYCZNE*

Zdający	Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
Ogółem Formuła 2023	6 205	0	100	42	15	44	23
w tym:							
z liceów ogólnokształcących	5 578	0	100	45	15	46	23
z techników	625	3	87	18	15	23	14
z branżowych szkół II stopnia	2	–	–	–	–	–	–

* Dane dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów. Parametry statystyczne są podane dla grup liczących 30 lub więcej zdających.

Poziom wykonania zadań

TABELA 5. POZIOM WYKONANIA ZADAŃ

Nr zad.	Wymagania podstawy programowej		Poziom wykonania zadania (%)
	Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe	
1.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski.	I. Chemizm życia. 2. Składniki organiczne. Zdający: 2) [...] opisuje strukturę I-, II-, III- i IV-rzędową białek [...].	33
1.2.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 2) przedstawia [...] argumenty związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi.	I. Chemizm życia. 2. Składniki organiczne. Zdający: 2) [...] określa biologiczne znaczenie białek (albuminy [...]) [...]; 3) [...] przedstawia właściwości lipidów [...].	27
2.1.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 3) wykazuje związki między strukturą a funkcją na różnych poziomach organizacji życia.	III. Energia i metabolizm. 4. Fotosynteza. Zdający: 1) wykazuje związek budowy chloroplastu z przebiegiem procesu fotosyntezy.	64
2.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...].	III. Energia i metabolizm. 4. Fotosynteza. Zdający: 2) przedstawia rolę barwników i fotosystemów w procesie fotosyntezy.	24
2.3.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...].	III. Energia i metabolizm. 2. Przenośniki energii oraz protonów i elektronów w komórce. Zdający: 2) przedstawia znaczenie NAD ⁺ , FAD, NADP ⁺ w procesach utleniania i redukcji. 4. Fotosynteza. Zdający: 3) [...] wykazuje rolę składników siły asymilacyjnej w fazie niezależnej od światła.	55
3.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski. II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania	VI. Bakterie i archeowce. Zdający: 4) wykazuje znaczenie procesów płciowych w zmienności genetycznej bakterii.	30

	i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 3) opracowuje, analizuje i interpretuje wyniki badań [...]; 4) odnosi się do wyników uzyskanych przez innych badaczy.		
3.2.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski. II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 3) opracowuje, analizuje i interpretuje wyniki badań [...]; 4) odnosi się do wyników uzyskanych przez innych badaczy.	VI. Bakterie i archeowce. Zdający: 4) wykazuje znaczenie procesów płciowych w zmienności genetycznej bakterii.	46
3.3.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 3) opracowuje, analizuje i interpretuje wyniki badań [...]; 4) odnosi się do wyników uzyskanych przez innych badaczy.	VI. Bakterie i archeowce. Zdający: 4) wykazuje znaczenie procesów płciowych w zmienności genetycznej bakterii.	67
4.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski; 2) przedstawia opinie i argumenty związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi.	II. Komórka. Zdający: 6) opisuje budowę rybosomów, ich powstawanie i pełnioną funkcję [...].	43
4.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 1) opisuje [...] i rozpoznaje organizmy.	VI. Bakterie i archeowce. Zdający: 1) przedstawia budowę komórki prokariotycznej, z uwzględnieniem różnic w budowie ściany komórkowej bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych.	31
5.1.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 3) wykazuje związki między strukturą a funkcją na różnych poziomach organizacji życia.	IX. Różnorodność roślin. 2. Rośliny lądowe i wtórnie wodne. Zdający: 5) wykazuje związek budowy morfologicznej i anatomicznej (pierwotnej i wtórnej) organów wegetatywnych roślin z pełnionymi przez nie funkcjami.	53

5.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach i w środowisku. IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski.	IX. Różnorodność roślin. 3. Gospodarka wodna i odżywianie mineralne roślin. Zdający: 1) wyjaśnia mechanizmy pobierania oraz transportu wody [...].	30
6.1.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...].	IX. Różnorodność roślin. 6. Wzrost i rozwój roślin. Zdający: 2) przedstawia wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na proces kiełkowania nasion; planuje i przeprowadza doświadczenie określające wpływ wybranych czynników (woda [...], światło) na proces kiełkowania nasion.	31
6.2.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 1) [...] planuje i przeprowadza oraz dokumentuje obserwacje i proste doświadczenia biologiczne; 5) ocenia poprawność zastosowanych procedur badawczych oraz formułuje wnioski.	I. Chemizm życia. 1. Składniki nieorganiczne. Zdający: 3) wyjaśnia rolę wody w życiu organizmów, z uwzględnieniem jej właściwości fizycznych i chemicznych.	15
6.3.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 1) [...] planuje i przeprowadza oraz dokumentuje obserwacje i proste doświadczenia biologiczne; 5) ocenia poprawność zastosowanych procedur badawczych oraz formułuje wnioski.	I. Chemizm życia. 1. Składniki nieorganiczne. Zdający: 3) wyjaśnia rolę wody w życiu organizmów, z uwzględnieniem jej właściwości fizycznych i chemicznych. III. Energia i metabolizm. 4. Fotosynteza. Zdający: 1) wykazuje związek budowy chloroplastu z przebiegiem procesu fotosyntezy. 5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Zdający: 1) wykazuje związek budowy mitochondrium z przebiegiem procesu oddychania komórkowego. IX. Różnorodność roślin. 4. Odżywianie się roślin. Zdający: 4) analizuje wpływ czynników zewnętrznych [...] na przebieg procesu fotosyntezy; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące wpływ [...] natężenia światła na intensywność fotosyntezy.	24

6.4.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...].	III. Energia i metabolizm. 4. Fotosynteza. Zdający: 3) [...] wyróżnia substraty i produkty obu faz [...]. IX. Różnorodność roślin. 4. Odżywianie się roślin. Zdający: 4) analizuje wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na przebieg procesu fotosyntezy; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące wpływ [...] natężenia światła [...] na intensywność fotosyntezy.	35
6.5.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...].	III. Energia i metabolizm. 5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Zdający: 2) analizuje na podstawie schematu przebieg glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa, wyróżnia substraty i produkty tych procesów.	56
7.1.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje [...] graficzne [...].	IX. Różnorodność roślin. 2. Rośliny lądowe i wtórnie wodne. Zdający: 5) wykazuje związek budowy morfologicznej i anatomicznej (pierwotnej i wtórnej) organów wegetatywnych roślin z pełnionymi przez nie funkcjami.	45
7.2.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje [...] graficzne [...].	IX. Różnorodność roślin. 2. Rośliny lądowe i wtórnie wodne. Zdający: 3) rozpoznaje tkanki roślinne na preparacie mikroskopowym, na schemacie, mikrofotografii [...].	60
8.1.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe [...]. IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 2) przedstawia opinie i argumenty związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi.	IV. Podziały komórkowe. Zdający: 6) przedstawia znaczenie mitozy i mejozy [...]. VIII. Protisty. Zdający: 5) przedstawia drogi zarażenia się i zasady profilaktyki chorób wywołanych przez protisty ([...] toksoplazmoza [...]).	18
8.2.	V. Pogłębianie znajomości uwarunkowań zdrowia człowieka. Zdający: 1) planuje działania prozdrowotne.	VIII. Protisty. Zdający: 5) przedstawia drogi zarażenia się i zasady profilaktyki chorób wywołanych przez protisty ([...] toksoplazmoza [...]).	46
8.3.	V. Pogłębianie znajomości uwarunkowań zdrowia człowieka. Zdający: 1) planuje działania prozdrowotne.	VIII. Protisty. Zdający: 5) przedstawia drogi zarażenia się i zasady profilaktyki chorób wywołanych przez protisty ([...] toksoplazmoza [...]).	10

9.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 3) wykazuje związki między strukturą a funkcją na różnych poziomach organizacji życia; 4) objaśnia funkcjonowanie organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności i w poszczególnych etapach ontogenezy.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 7) Poruszanie się. Zdający: k) rozpoznaje (na modelu [...], rysunku) kości szkieletu [...] obręczy [...] człowieka.	80
10.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...].	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 4) Wydalanie i osmoregulacja. Zdający: b) przedstawia istotę procesu wydalania oraz wymienia substancje, które są wydalone z organizmu; e) przedstawia związek między budową a funkcją narządów układu moczowego człowieka.	38
11.1.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...]. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	XI. Funkcjonowanie zwierząt 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 6) Regulacja nerwowa. Zdający: a) wyjaśnia istotę powstawania i przewodzenia impulsu nerwowego [...].	53
11.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...]. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	XI. Funkcjonowanie zwierząt 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 6) Regulacja nerwowa. Zdający: a) wyjaśnia istotę powstawania i przewodzenia impulsu nerwowego [...].	50
12.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający:	I. Chemizm życia. 2. Składniki organiczne. Zdający:	82

	1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	2) [...] przedstawia wpływ czynników fizycznych i chemicznych na białko (zjawisko [...] denaturacji) [...].	
12.2.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 5) [...] formułuje wnioski. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	I. Chemizm życia. 2. Składniki organiczne. Zdający: 2) przedstawia wpływ czynników fizycznych i chemicznych na białko (zjawisko [...] denaturacji); [...] przeprowadza obserwacje wpływu wybranych czynników fizycznych i chemicznych na białko.	57
12.3.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 4) odnosi się do wyników uzyskanych przez innych badaczy; 5) [...] formułuje wnioski. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Zdający: 6) przedstawia mechanizmy warunkujące homeostazę [...].	52
12.4.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 4) Wydalanie i osmoregulacja. Zdający: a) wykazuje konieczność regulacji osmotycznej u zwierząt żyjących w różnych środowiskach; c) wykazuje związek między środowiskiem życia zwierząt i rodzajem wydalanego azotowego produktu przemiany materii.	65
13.1.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 2) określa warunki doświadczenia, rozróżnia próbę kontrolną i badawczą.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 3) Wymiana gazowa i krążenie. Zdający: h) opisuje wymianę gazową [...].	51

13.2.	II. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań. Zdający: 3) [...] analizuje i interpretuje wyniki badań w oparciu o proste analizy statystyczne; 5) [...] formułuje wnioski.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 3) Wymiana gazowa i krążenie. Zdający: h) opisuje wymianę gazową [...].	47
14.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami [...]. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Zdający: 11) przedstawia ogólną zasadę działania terapii genowej. XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 2) Odporność. Zdający: a) rozróżnia odporność [...] nabytą (swoistą) oraz [...] humoralną, b) opisuje sposoby nabywania odporności swoistej (czynny i bierny), c) przedstawia [...] komórki układu odpornościowego człowieka.	53
14.2.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami [...]. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Zdający: 11) przedstawia ogólną zasadę działania terapii genowej; 12) przedstawia szanse i zagrożenia [...] biotechnologii molekularnej. XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 2) Odporność. Zdający: b) opisuje sposoby nabywania odporności swoistej (czynny i bierny), c) przedstawia [...] komórki układu odpornościowego człowieka.	35
14.3.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski.	XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Zdający: 7) przedstawia potencjalne korzyści i zagrożenia wynikające z zastosowania organizmów modyfikowanych genetycznie w [...] medycynie [...]; 11) przedstawia ogólną zasadę działania terapii genowej. XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Zdający: 7) przedstawia istotę regulacji ekspresji genów u organizmów eukariotycznych. XII. Wirusy. Zdający:	12

		5) wyjaśnia mechanizm odwrotnej transkrypcji i jego znaczenie w namnażaniu retrowirusów.	
14.4.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach i w środowisku; 4) objaśnia funkcjonowanie organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności [...].	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 2) Odporność. Zdający: a) rozróżnia odporność wrodzoną (nieswoistą) i nabytą (swoistą) oraz komórkową i humoralną; c) przedstawia [...] komórki układu odpornościowego człowieka.	44
14.5.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach i w środowisku; 4) objaśnia funkcjonowanie organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności [...].	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Zdający: 3) wykazuje związek budowy narządów z pełnioną przez nie funkcją. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 2) Odporność. Zdający: a) rozróżnia odporność wrodzoną (nieswoistą) i nabytą (swoistą) oraz komórkową i humoralną; c) przedstawia [...] komórki układu odpornościowego człowieka.	41
15.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski. I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 4) objaśnia funkcjonowanie organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności i w poszczególnych etapach ontogenezy.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 2) Odporność. Zdający: b) opisuje sposoby nabywania odporności swoistej (czynny i bierny).	58
15.2.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami [...]. 2) przedstawia [...] argumenty związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi.	XII. Wirusy. Zdający: 5) wyjaśnia mechanizm odwrotnej transkrypcji i jego znaczenie w namnażaniu retrowirusów. XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Zdający: 3) przedstawia narzędzia wykorzystywane w biotechnologii molekularnej (enzymy: polimerazy [...]) i określa ich zastosowania;	28

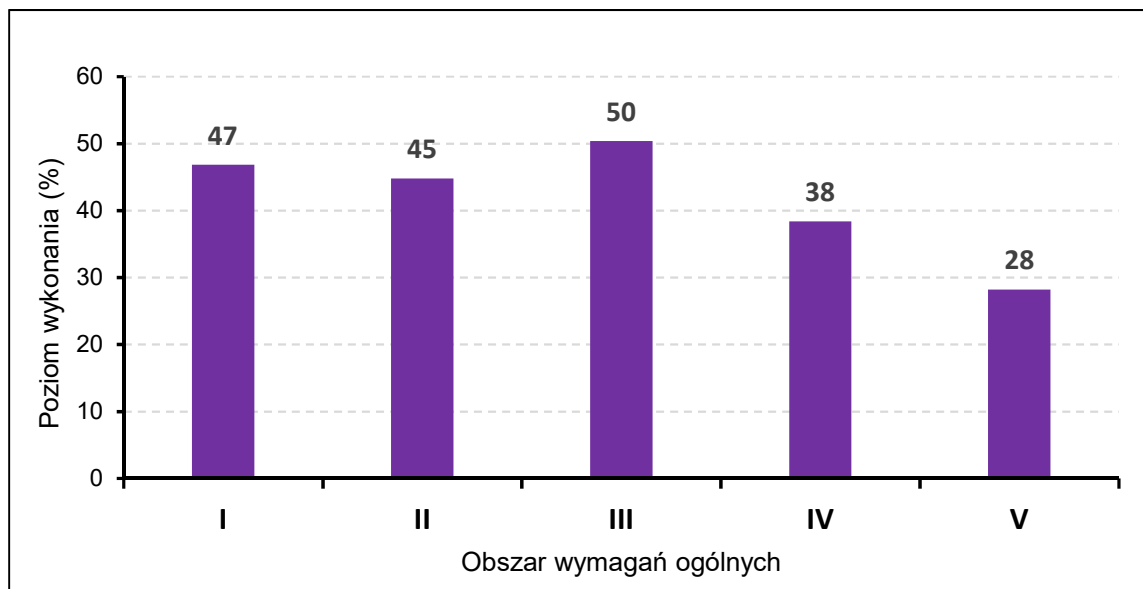
		4) przedstawia istotę technik stosowanych w inżynierii genetycznej ([...] metoda PCR [...]); 5) przedstawia zastosowania wybranych technik inżynierii genetycznej w [...] diagnostyce chorób.	
16.1.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach i w środowisku.	XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Zdający: 1) porównuje strukturę genu organizmu prokariotycznego i eukariotycznego; 3) opisuje proces obróbki potranskrypcyjnej u organizmów eukariotycznych.	56
16.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach i w środowisku.	XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Zdający: 2) opisuje proces transkrypcji [...]; 5) opisuje proces translacji [...].	43
17.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe [...].	I. Chemizm życia. 2. Składniki organiczne. Zdający: 2) [...] opisuje strukturę I-, II-, III- i IV-rzędową białek [...].	32
17.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 2) wyjaśnia zjawiska i procesy biologiczne zachodzące w wybranych organizmach [...]. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne [...].	IV. Podziały komórkowe. Zdający: 3) opisuje cykl komórkowy, z uwzględnieniem zmian ilości DNA w poszczególnych jego etapach [...]; 4) opisuje przebieg kariokinezy podczas mitozy [...]; 5) rozpoznaje ([...] na rysunku [...]) poszczególne etapy mitozy [...].	40
17.3.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 1) opisuje [...] organizmy.	IV. Podziały komórkowe. Zdający: 1) przedstawia organizację materiału genetycznego w komórce; 3) opisuje cykl komórkowy, z uwzględnieniem zmian ilości DNA w poszczególnych jego etapach [...].	47

18.1.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe. I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 4) objaśnia funkcjonowanie organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności i w poszczególnych etapach ontogenezy.	XIV. Genetyka klasyczna. 1. Dziedziczenie cech. Zdający: 2) przedstawia dziedziczenie jednogenowe [...]; 7) przedstawia dziedziczenie cech sprzężonych z płcią; 8) analizuje rodowody i na ich podstawie ustala sposób dziedziczenia danej cechy.	42
18.2.	I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 4) objaśnia funkcjonowanie organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności i w poszczególnych etapach ontogenezy. III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje [...].	XIV. Genetyka klasyczna. 1. Dziedziczenie cech. Zdający: 5) wyjaśnia istotę dziedziczenia pozajądrowego.	80
19.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski.	XIV. Genetyka klasyczna. 1. Dziedziczenie cech. Zdający: 4) analizuje dziedziczenie cech sprzężonych [...].	23
20.1.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe. IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 2) przedstawia opinie i argumenty związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi.	XVI. Ewolucja. Zdający: 12) opisuje warunki, w jakich zachodzi radiacja adaptacyjna oraz ewolucja zbieżna; 13) rozpoznaje, na podstawie opisu, schematu, rysunku, konwergencję i dywergencję.	51
20.2.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe.	V. Zasady klasyfikacji i sposoby identyfikacji organizmów. Zdający: 1) wnioskuje na podstawie analizy kladogramów o pokrewieństwie ewolucyjnym organizmów. XVI. Ewolucja. Zdający:	71

		2) określa pokrewieństwo ewolucyjne gatunków na podstawie analizy drzewa filogenetycznego.	
21.1.	I. Poglębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 5) przedstawia i wyjaśnia zależności między organizmami [...].	XVII. Ekologia. 3. Ekologia ekosystemu. Ochrona i gospodarka ekosystemami. Zdający: 1) wyjaśnia znaczenie zależności nieantagonistycznych (mutualizm [...]) fakultatywny [...] w ekosystemie i podaje ich przykłady.	48
21.2.	I. Poglębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia. Zdający: 1) opisuje [...] organizmy.	X. Różnorodność zwierząt. Zdający: 3) wymienia cechy pozwalające na rozróżnienie [...] pajęczaków [...]; 4) wymienia cechy pozwalające na rozróżnienie [...] płazów [...].	37
22.1.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe [...].	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 9) Rozmnażanie i rozwój. Zdający: f) [...] rozróżnia żywicieli pośrednich i ostatecznych.	52
22.2.	III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Zdający: 2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe; 5) objaśnia i komentuje informacje, posługując się terminologią biologiczną.	XI. Funkcjonowanie zwierząt. 2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie. 9) Rozmnażanie i rozwój. Zdający: f) analizuje na podstawie schematu cykle rozwojowe zwierząt pasożytniczych [...].	64
23.1.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami [...].	XVII. Ekologia. 1. Ekologia organizmów. Zdający: 2) przedstawia elementy niszy ekologicznej organizmu; rozróżnia niszę ekologiczną od siedliska; 3) wyjaśnia, czym jest tolerancja ekologiczna.	74
23.2.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający: 1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami [...].	XVII. Ekologia. 1. Ekologia organizmów. Zdający: 2) przedstawia elementy niszy ekologicznej organizmu; rozróżnia niszę ekologiczną od siedliska. XVIII. Różnorodność biologiczna, jej zagrożenia i ochrona. Zdający: 2) wymienia główne czynniki geograficzne kształtujące różnorodność gatunkową [...] Ziemi [...].	7
23.3.	IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Zdający:	XVII. Ekologia. 1. Ekologia organizmów. Zdający: 2) przedstawia elementy niszy	59

	1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami [...].	ekologicznej organizmu; rozróżnia niszę ekologiczną od siedliska; 3) wyjaśnia, czym jest tolerancja ekologiczna.	
--	---	---	--

WYKRES 2. POZIOM WYKONANIA ZADAŃ W OBSZARZE WYMAGAŃ OGÓLNYCH



Komentarz

Komentarz

W tegorocznym arkuszu znalazło się 56 poleceń – zadań szczegółowych, ułożonych z reguły w wiązki tematyczne. Za poprawne rozwiązanie 53 zadań można było otrzymać po 1 pkt, za poprawne rozwiązanie 2 zadań można było otrzymać po 2 pkt, a za poprawne rozwiązanie 1 zadania można było otrzymać 3 pkt. Większość zadań stanowiły zadania otwarte – 38 poleceń, za których rozwiązanie można było zdobyć łącznie 42 pkt. Pozostałe zadania – 18 poleceń, za których rozwiązanie można było zdobyć łącznie 18 pkt, stanowiły zadania zamknięte.

Średni wynik egzaminu maturalnego z biologii wyniósł 41 %, przy czym zadania zamknięte okazały się łatwiejsze od zadań otwartych. Średni poziom wykonania zadań zamkniętych wyniósł 56 %, a otwartych – 42 %. Zadania zamknięte miały niższą moc różnicującą (0,36) niż zadania otwarte (0,59). Wśród zadań otwartych jedynie trzy miały moc różnicującą mniejszą niż 0,35.

Poziom wykonania zadań był podobny we wszystkich pięciu obszarach wymagań ogólnych i wahał się w granicach od 31 % do 47 %. Najliczniej w arkuszu były reprezentowane obszary I (22 zadania szczegółowe) i IV (17 zadań szczegółowych), a najmniej liczne były zadania z obszarów V (2 zadania szczegółowe) i VI (brak zadań szczegółowych).

W skali całego arkusza najtrudniejsze okazało się zadanie 23.2. o poziomie wykonania 6 %, a najłatwiejsze było zadanie 12.1. o poziomie wykonania 80 %. Znalazło się zatem w arkuszu jedno zadanie o poziomie wykonania < 10 % oraz nie było zadań o poziomie wykonania > 90 %.

1. Analiza jakościowa.

I. Pogłębianie wiedzy z zakresu różnorodności biologicznej oraz zjawisk i procesów biologicznych zachodzących na różnych poziomach organizacji życia

W arkuszu egzaminacyjnym znajdowały się 22 zadania (12 otwartych i 10 zamkniętych) z obszaru I wymagania ogólnego, za których rozwiązanie można było uzyskać łącznie 23 punkty, co stanowi około 38 % maksymalnej liczby punktów możliwych do zdobycia.

Zadania z tego obszaru sprawdzały umiejętności:

- opisywania, porządkowania i rozpoznawania organizmów (zadania: 4.2., 17.3., 21.2.)
- wykazywania związków między strukturą a funkcją na różnych poziomach organizacji życia (zadania: 2.1., 5.1., 9.)
- wyjaśniania zjawisk i procesów biologicznych zachodzących w wybranych organizmach i w środowisku (zadania: 2.2., 2.3., 5.2., 6.1., 6.4., 6.5., 10., 11.1., 11.2., 14.4., 14.5., 16.1., 16.2., 17.2.)
- objaśniania funkcjonowania organizmu człowieka na różnych poziomach złożoności (zadanie 18.2.)
- przedstawiania i wyjaśniania zależności między organizmami oraz między organizmem a środowiskiem (zadanie 21.1.)

Poziom wykonania poszczególnych zadań w tym obszarze umiejętności był bardzo zróżnicowany i wahał się od 20 % do 78 % możliwych do uzyskania punktów przy średniej równej 44 %:

- czternaście zadań było trudnych – zadania 2.2., 4.2., 5.2., 6.1., 6.4., 10., 11.2., 14.4., 14.5., 16.2., 17.2., 17.3., 21.1., 21.2. o poziomie wykonania w zakresie 20–49 %
- sześć zadań było umiarkowanie trudnych – zadania 2.1., 2.3., 5.1., 6.5., 11.1., 16.1. o poziomie wykonania w zakresie 51–61 %
- dwa zadania były łatwe – zadania 9. oraz 18.2. o poziomie wykonania – odpowiednio – 77 % oraz 78 %.

II. Rozwijanie myślenia naukowego. Doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań.

Opanowanie umiejętności z II obszaru wymagań ogólnych sprawdzało sześć zadań typu otwartego i jedno zadanie typu zamkniętego, za których poprawne rozwiązanie można było otrzymać łącznie 7 punktów, co stanowi około 12 % maksymalnej liczby punktów możliwych do zdobycia.

Zadania sprawdzały umiejętności:

- opracowania, analizy i interpretacji wyników badań (3.3., 13.2.)
- planowania i przeprowadzania oraz dokumentowania obserwacji i prostych doświadczeń biologicznych (6.2., 6.3.)
- określania warunków doświadczenia, rozróżniania próby kontrolnej i badawczej (13.1.)
- formułowania wniosków (12.2.)

- właściwego odniesienia się do wyników uzyskanych przez innych badaczy (12.3.).

Pod względem trudności te zadania należały do:

- bardzo trudnych – zadanie 6.2. o poziomie wykonania 16 % oraz
- trudnych – zadania 6.3., 12.3., 13.1., 13.2. o poziomie wykonania 21–47 % oraz
- umiarkowanie trudnych – zadania 12.2. oraz 3.3. – o poziomie wykonania – odpowiednio – 52 % i 65 %.

III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych

W III obszarze wymagań ogólnych znajdowało się 8 zadań, za których poprawne rozwiązanie można było uzyskać łącznie 8 pkt. Wśród tych zadań 3 miały formę zamkniętą, a pozostałe 5 miały formę otwartą.

Zadania sprawdzały opanowanie umiejętności odczytywania, analizowania, interpretowania i przetwarzania informacji tekstowych, graficznych i liczbowych.

Zadania charakteryzowały się następującym stopniem trudności:

- bardzo trudne było zadanie 8.1. o poziomie wykonania 17 %
- cztery zadania były trudne – zadania 7.1., 18.1., 20.1., 22.1. o poziomie wykonania w zakresie 42–48 %
- trzy – umiarkowanie trudne – zadania 7.2., 20.2., 22.2., o poziomie wykonania – odpowiednio – 54–69 %.

IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych

Tegoroczny arkusz zawierał 17 zadań z tego obszaru wymagań ogólnych, za których poprawne rozwiązanie można było otrzymać łącznie 20 punktów, co stanowi około 33 % maksymalnej liczby punktów możliwych do zdobycia. Większość stanowiły zadania otwarte, których było 14, a pozostałe 3 zadania miały formę zamkniętą.

Większość zadań w tym obszarze sprawdzała opanowanie umiejętności interpretacji informacji i wyjaśniania związków przyczynowo-skutkowych między procesami i zjawiskami oraz formułowania wniosków.

Zadania charakteryzowały się zróżnicowanym poziomem trudności:

- zadaniami bardzo trudnymi były zadania 14.3. oraz 23.2. o poziomie wykonania – odpowiednio – 11 % oraz 6 %
- dziesięć zadań było trudnych – zadania 1.1., 1.2., 3.1., 3.2., 4.1., 14.1., 14.2., 15.2., 17.1., 19. o poziomie wykonania 21–49 %
- trzy zadania były umiarkowanie trudne – zadania 12.4., 15.1., 23.3. o poziomie wykonania 51–69 %
- dwa zadania były łatwe – zadania 12.1. oraz 23.1. o poziomie wykonania – odpowiednio – 80 % i 70 %.

V. Pogłębianie znajomości uwarunkowań zdrowia człowieka

W tegorocznym arkuszu maturalnym 2 zadania dotyczyły tego obszaru wymagań ogólnych. Za ich poprawne rozwiązanie można było otrzymać łącznie 2 pkt. Zadania te sprawdzały pogłębioną znajomość uwarunkowań zdrowia człowieka poprzez planowanie właściwych działań prozdrowotnych. Zadanie 8.2. miało charakter zamknięty o poziomie wykonania równym 50 %. Zadanie 8.3. miało charakter otwarty o poziomie wykonania równym 12 %.

VI. Rozwijanie postawy szacunku wobec przyrody i środowiska

Ten obszar wymagań ogólnych nie został ujęty w zadaniach maturalnych w maju 2026 r.

2. Zadania, z którymi zdający poradzili sobie najłabiej.

Pięć zadań w tegorocznym arkuszu maturalnym osiągnęło poziom wykonania nie wyższy niż 19 % i zostało zakwalifikowanych jako zadania bardzo trudne. Dotyczyły one różnych treści biologicznych, jednak w każdym przypadku poprawne rozwiązanie wymagało czegoś więcej niż przywołania pojedynczej wiadomości. Zdający musieli rozpoznać znaczenie określonej informacji dla rozpatrywanego problemu, powiązać ją z innymi danymi lub wiadomościami oraz wykorzystać do sformułowania trafnego uzasadnienia albo wyjaśnienia.

Analiza odpowiedzi pokazuje, że trudności pojawiały się na różnych etapach tego rozumowania. Niekiedy wykorzystywana przesłanka była błędna merytorycznie. W innych rozwiązaniach przywoływano informację poprawną, lecz nieadekwatną do rozpatrywanego problemu, nie wskazywano wynikającej z niej konsekwencji albo łączono ją z innymi informacjami w sposób, który nie prowadził do wymaganego uzasadnienia lub wyjaśnienia. Zdarzało się również, że na podstawie poprawnej informacji formułowano wniosek wykraczający poza zakres, na jaki pozwalały przedstawione w zadaniach informacje.

Istotne znaczenie miał także sposób sformułowania rozwiązania. W zadaniach otwartych odpowiedź musi nie tylko zawierać wymagane informacje, lecz także jednoznacznie przedstawiać związki między nimi. Analizowane rozwiązania pokazują, że nieprecyzyjne użycie pojęć, niewłaściwe powiązanie przesłanki z wnioskiem, pominięcie istotnego ogniwa rozumowania albo wprowadzenie informacji sprzecznej z pozostałą częścią odpowiedzi mogły zmieniać jej znaczenie biologiczne i sprawiać, że nie spełniała warunków określonych w zasadach oceniania.

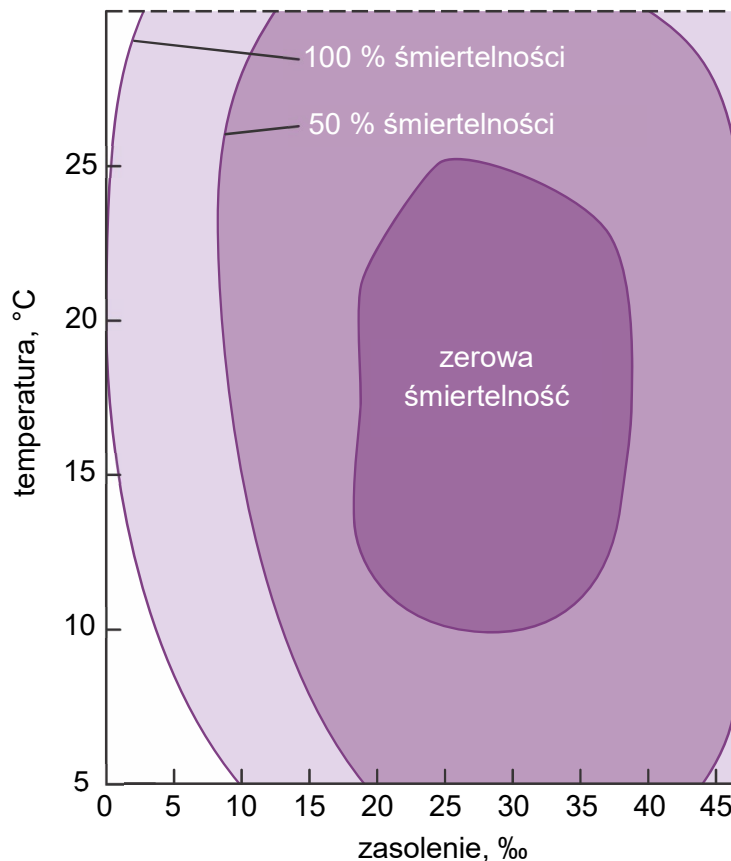
Poniższa analiza przedstawia zarówno sposoby poprawnego rozwiązywania tych zadań, jak i charakterystyczne problemy ujawniające się w odpowiedziach zdających.

Najtrudniejszym zadaniem w arkuszu było zadanie 23.2. (poziom wykonania – 6 %).

Zadanie 23.

Podstawową niszę ekologiczną gatunku można przedstawić na wielowymiarowym wykresie, w którym wymiarami są różne czynniki środowiska.

Na poniższym wykresie przedstawiono śmiertelność samic krewetki piaskowej (*Crangon septemspinosa*) w różnych temperaturach i przy różnym stopniu zasolenia. Krewetka piaskowa występuje u zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego, od Nowej Fundlandii do Florydy.



Na podstawie: M. Begon i C.R. Townsend, *Ecology: From Individuals to Ecosystems*, Hoboken 2021.

Zadanie 23.2. (0–1)

Oceń prawdziwość stwierdzenia: *Podstawowa nisza ekologiczna krewetki piaskowej to zachodnie wybrzeża Oceanu Atlantyckiego*. Wpisz odpowiedź wybraną spośród podanych w nawiasie. Odpowiedź uzasadnij, odnosząc się do definicji podstawowej niszy ekologicznej.

Ocena stwierdzenia (*prawda / fałsz*):

Uzasadnienie:

Zadanie 23.2. sprawdzało umiejętność zastosowania pojęcia niszy podstawowej do oceny informacji dotyczącej zasięgu geograficznego gatunku. Miało ono charakter zadania sprawdzającego umiejętność złożoną – rozwiązanie nie sprowadzało się do odtworzenia definicji niszy podstawowej, lecz wymagało powiązania wiadomości dotyczących tego pojęcia z informacjami przedstawionymi w materiale źródłowym, rozpoznania charakteru tych informacji oraz wykorzystania ich do oceny stwierdzenia i uzasadnienia rozstrzygnięcia.

Materiał źródłowy zestawiał dwie różne kategorie informacji o krewetce piaskowej.

Na wykresie przedstawiono śmiertelność samic przy różnych kombinacjach temperatury i zasolenia – czynników środowiskowych, które stanowią dwa wymiary niszy podstawowej. Jednocześnie podano informację o występowaniu gatunku u zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego, od Nowej Fundlandii do Florydy, czyli informację o jego zasięgu geograficznym. Poprawne rozwiązanie wymagało rozpoznania tej różnicy: nisza podstawowa opisuje zakres warunków środowiskowych umożliwiających funkcjonowanie gatunku – odnosi się do jego tolerancji ekologicznej, natomiast zasięg geograficzny – przestrzeń, gdzie gatunek występuje. Dopiero takie rozróżnienie pozwalało poprawnie ocenić stwierdzenie i uzasadnić, dlaczego wskazany obszar występowania nie jest niszą podstawową krewetki.

Na charakter trudności zadania 23.2. wskazuje także zestawienie jego wyniku z wynikami pozostałych zadań z tej samej wiązki. Poziom wykonania zadania 23.1. wyniósł 70 %, a zadania 23.3. – 55 %, podczas gdy zadanie 23.2. poprawnie rozwiązało 6 % zdających. Choć te zadania sprawdzają różne umiejętności, wszystkie odnosiły się do tego samego materiału źródłowego i zagadnień z zakresu ekologii organizmów. Tak duża różnica wyników jest zgodna z wnioskiem płynącym z analizy odpowiedzi zdających – szczególną trudność w zadaniu 23.2. stanowiło nie samo odczytanie informacji przedstawionych w materiale, lecz zastosowanie pojęcia niszy podstawowej do rozpoznania charakteru informacji o występowaniu gatunku i wykorzystanie tego rozróżnienia w uzasadnieniu oceny stwierdzenia.

W poprawnych odpowiedziach zdający odwoływali się bezpośrednio do znaczenia pojęcia niszy podstawowej i na tej podstawie odróżniali ją od zasięgu geograficznego krewetki piaskowej. Wskazywali, że nisza podstawowa odnosi się do zakresu warunków środowiskowych, w których populacja gatunku może się utrzymywać, natomiast informacja o występowaniu krewetki u zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego opisuje jej zasięg geograficzny, np.:

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): Fałsz

Uzasadnienie: Niska ekologicznie to zespół ^{zasobów, czynników} ~~czynników~~ niebedący do przetrwania ^{donoszą} organizmu. Nie można mieć miejsca użycia z niskie, ~~z niskie~~ ~~z niskie~~

oraz

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): Fałsz.....

Uzasadnienie: Jest to fałsz, ponieważ podstawowa nisza ekologiczna nie odnosi się do geograficznego miejsca występowania, ale do warunków środowiska, które są niezbędne do przetrwania krewetki piskowej.

Te rozwiązania, mimo niekiedy skrótowego, uproszczonego ujęcia pojęcia niszy podstawowej, prawidłowo rozdzielały dwie kategorie informacji: warunki środowiskowe istotne dla funkcjonowania populacji oraz obszar geograficzny, gdzie gatunek występuje. Pozwalało to poprawnie uzasadnić ocenę stwierdzenia przedstawionego w poleceniu.

W wielu odpowiedziach niepoprawnych granica między tymi kategoriami była natomiast zacierana: pojęcia niszy podstawowej i zrealizowanej stosowano do opisu potencjalnego lub rzeczywistego obszaru występowania gatunku.

Jednym z wyraźnie powtarzających się przejawów tego problemu było utożsamianie zasięgu geograficznego krewetki z jej niszą zrealizowaną. W ten sposób rozróżnienie między niszą podstawową a zrealizowaną, odnoszące się do zakresu warunków i zasobów dostępnych dla gatunku, przenoszono na różnicę między potencjalnym a rzeczywistym obszarem jego występowania, np.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): Fałsz.....

Uzasadnienie: Obecność krewetki piskowej na zachodnich wybrzeżach Oceanu Atlantyckiego, jest zrealizowaną niszą ekologiczną. Nisza podstawowa czyli potencjalna jest szersza niż zrealizowana (rzeczywista)

W przedstawionej odpowiedzi rzeczywiste występowanie krewetki na określonym obszarze zostało powiązane z niszą zrealizowaną, natomiast niszę podstawową przedstawiono jako szerszy zakres możliwości jej występowania.

Innym przejawem tej samej trudności było określanie zasięgu geograficznego krewetki jako jej siedliska, np.:

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): Fałsz.....

Uzasadnienie: Nisza podstawowa ekologiczna to ^{Optymalny} zakres ~~stosunku~~ wymagań danego gatunku względem środowiska i biotycznych wymagań. Wybrzeża Oceanu Atlantyckiego to siedlisko, a nie zakres wymagań.

Informacja o występowaniu gatunku od Nowej Fundlandii do Florydy określa jego zasięg geograficzny; nie stanowi charakterystyki siedliska.

Jeszcze inny wariant tego problemu występował w odpowiedziach, w których znaczenie czynników środowiskowych zostało uwzględnione, ale miejsce występowania nadal traktowano jako element niszy. Pojawiały się stwierdzenia, że nisza ekologiczna to „nie tylko miejsce występowania, ale także warunki środowiskowe” albo że składa się na nią „wiele czynników, nie tylko miejsce występowania”. Takie sformułowania nie rozdzielały jednoznacznie fizycznej przestrzeni geograficznej od abstrakcyjnej przestrzeni warunków środowiskowych: miejsce występowania zostaje przedstawione jako element opisu niszy obok czynników środowiskowych.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): fałsz.....

Uzasadnienie: Nisza ekologiczna stwierdzenie to opisuje nie opisuje niszy ekologicznej, tylko ścisłego. Nisza ekologiczna to nie tylko miejsce ale również są inne organizmy żyjące występujące na terenie występowania lunetki piaskowej oraz jej stanowisko względem środowiska np. temperatura, zasolenie wody.

W przedstawionej odpowiedzi wskazano temperaturę i zasolenie jako czynniki środowiskowe istotne dla niszy gatunku, ale jednocześnie miejsce występowania nadal traktowano jako jeden z jej elementów. Problem nie polegał więc na całkowitym pominięciu znaczenia warunków środowiskowych, lecz na niepełnym rozdzieleniu dwóch kategorii: miejsca występowania gatunku oraz zakresu warunków środowiskowych określających jego niszę.

W części odpowiedzi ujawniał się ponadto inny aspekt błędnego rozumienia pojęcia niszy podstawowej – zawężanie jej do warunków najbardziej korzystnych dla gatunku. Odnoszono ją np. do wartości temperatury i zasolenia związanych z najmniejszą śmiertelnością samic.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): fałsz.....

Uzasadnienie: to lunetka występuje nieśnie u zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego. Jeśli tam występuje to oznacza że warunki środowiska tam panujące są dla niej optymalne i nie grozi jej duża śmierć ze względnie nie nieodpowiednie warunki środowiska.

W przedstawionym rozwiązaniu nisza podstawowa została powiązana z warunkami określanymi jako „optymalne” i z małą śmiertelnością krewetki. Zakres warunków tworzących niszę podstawową został więc zawężony do warunków najbardziej korzystnych, podczas gdy obejmuje on także takie wartości czynników środowiska, przy których populacja może się utrzymywać mimo tego, że nie są one optymalne. Ponadto wykres przedstawiał wyłącznie zależność śmiertelności samic od temperatury i zasolenia, dlatego nie pozwalał na wyznaczenie pełnego optimum ekologicznego oraz zakresu tolerancji ekologicznej gatunku.

Inny problem, który pojawił się w wielu rozwiązaniach, dotyczył kierunku wnioskowania. W części odpowiedzi rzeczywiste występowanie krewetki piaskowej u zachodnich wybrzeży

Atlantyku traktowano jako przesłankę pozwalającą uznać ten obszar za niszę podstawową.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz):prawda.....

Uzasadnienie: ...zachodnie...wybrzeża...Oceanu Atlantyckiego...stanowią...
...podstawową...niszę ekologiczną...krewetki...piaskowej...ponieważ...
...występuje...ona...tam...naturalnie...więc...panują...tam...warunki...
...odpowiednie...dla...niej...do...przetrwania...mnożenia...się...i...wydania...rodnego...
...potomstwa

W przedstawionej odpowiedzi fakt naturalnego występowania krewetki na określonym obszarze wykorzystano jako podstawę do uznania tego obszaru za niszę podstawową. Z rzeczywistego występowania gatunku można wprowadzić wnioskować, że w miejscach, gdzie jego populacje się utrzymują, występują warunki umożliwiające jego funkcjonowanie. Nie wynika z tego jednak, że sam obszar występowania jest niszą podstawową ani że informacja o zasięgu pozwala określić pełny zakres warunków środowiskowych tworzących tę niszę.

Analiza odpowiedzi do zadania 23.2. wskazuje, że istotna trudność dotyczyła nie tylko znajomości pojęć ekologicznych, lecz przede wszystkim ich zastosowania. W części rozwiązań pojawiały się właściwe terminy i poprawne wiadomości dotyczące niszy podstawowej, warunków środowiskowych czy relacji między niszą podstawową a zrealizowaną, jednak nie zawsze były one łączone zgodnie z ich znaczeniem. Pojęcia odnoszące się do abstrakcyjnej przestrzeni warunków środowiskowych przenoszono na fizyczną przestrzeń geograficzną, niszę podstawową zawężano do warunków optymalnych, a z poprawnych informacji o występowaniu gatunku wyprowadzano nieuprawnione wnioski. Samo posługiwanie się terminologią ekologiczną nie było więc równoznaczne z poprawnym zastosowaniem pojęć do rozwiązania problemu. Trudność dotyczyła zatem realizacji umiejętności złożonej – łączenia wiadomości, przetwarzania informacji, kontrolowania zakresu wnioskowania oraz wykorzystywania wiedzy do rozstrzygnięcia problemu biologicznego.

Zadanie 14.3. było jednym z najtrudniejszych zadań w arkuszu – poziom jego wykonania wyniósł 11 %.

Zadanie 14.

Naturalny receptor limfocytów T rozpoznaje i wiąże antygeny peptydowe prezentowane przez cząsteczki MHC na powierzchni komórek własnego organizmu. Komórki nowotworowe mają jednak często obniżoną ilość białek MHC – głównego układu zgodności tkankowej.

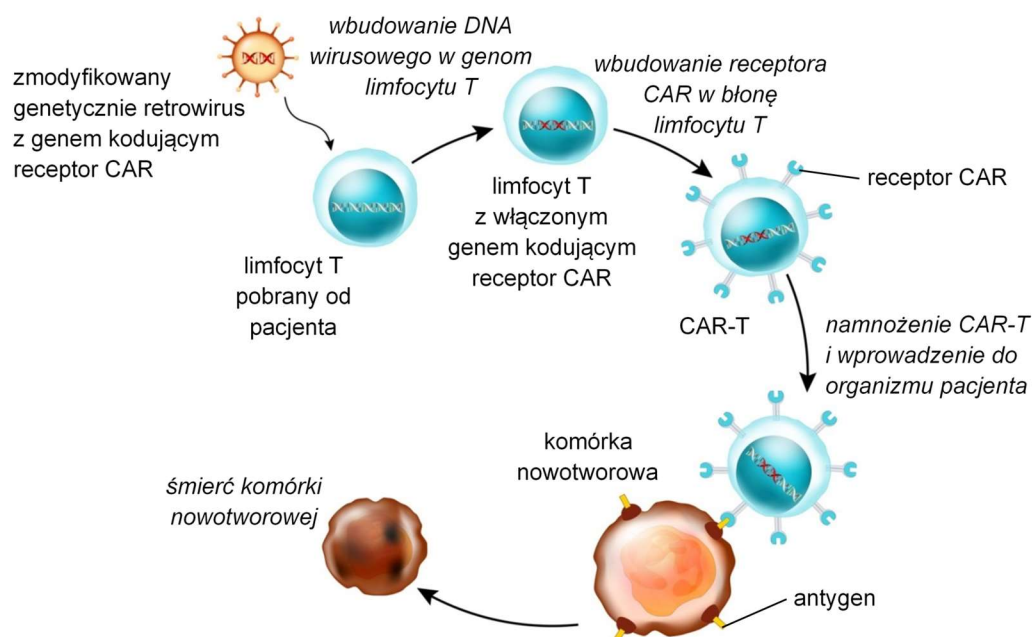
Jedną z nowoczesnych metod leczenia niektórych nowotworów jest terapia CAR-T, polegająca na modyfikacji genetycznej limfocytów T pacjenta tak, aby wytwarzały one tzw. chimeryczny receptor antygenowy (CAR, ang. *chimeric antigen receptor*). Funkcją zmodyfikowanych limfocytów T (CAR-T) jest rozpoznawanie specyficznych białek – występujących tylko na powierzchni komórek nowotworowych. CAR-T mają możliwość bezpośredniego wiązania antygenów komórek nowotworowych w sposób niezależny od powierzchniowego występowania MHC. Antygeny występujące na powierzchni komórek nowotworowych dzieli się na:

- specyficzne – występujące tylko na powierzchni komórek nowotworowych
- niespecyficzne – występujące zarówno na powierzchni komórek nowotworowych, jak i na powierzchni komórek zdrowych.

W terapii CAR-T najpierw izoluje się z krwi pacjenta leukocyty, w tym – limfocyty T. Następnie limfocyty T zostają poddane modyfikacjom genetycznym. Stosuje się do tego jedną z metod:

- do limfocytów T wprowadza się za pomocą impulsu elektrycznego (elektroporacja) mRNA kodujący receptor CAR
- limfocyty T infekuje się genetycznie zmodyfikowanym retrowirusem, zawierającym gen kodujący receptor CAR.

Na koniec CAR-T są namnażane, aktywowane, a następnie wstrzykiwane do krwiobiegu pacjenta. Na schemacie przedstawiono istotę terapii CAR-T z wykorzystaniem retrowirusa.



Na podstawie: National Cancer Institute, *CAR T Cells: Engineering Patients' Immune Cells to Treat Their Cancers*, 2025. Schemat: cytologicsbio.com

Zadanie 14.3. (0–2)

Wyjaśnij, dlaczego w przypadku terapii CAR-T z użyciem retrowirusów otrzymuje się limfocyty T z wyższą zawartością receptora CAR w porównaniu do terapii CAR-T z użyciem elektroporacji. W odpowiedzi uwzględnij mechanizmy ekspresji informacji genetycznej w obu metodach.

Zadanie 14.3. sprawdzało umiejętność zastosowania wiedzy dotyczącej ekspresji informacji genetycznej, mechanizmu działania retrowirusów jako wektorów materiału genetycznego oraz podstaw inżynierii genetycznej do wyjaśnienia różnicy w efekcie dwóch metod modyfikacji limfocytów T stosowanych w terapii CAR-T. Poprawne rozwiązanie wymagało powiązania informacji przedstawionych w materiale źródłowym z wiadomościami z kilku zakresów biologii oraz wykorzystania ich do zbudowania związku przyczynowo-skutkowego między sposobem wprowadzenia informacji genetycznej a zawartością receptora CAR. Zastosowany w poleceniu czasownik „wyjaśnij” wymagał nie tylko wskazania różnicy między obiema metodami, lecz także przedstawienia mechanizmu prowadzącego od tej różnicy do obserwowanego efektu.

Materiał źródłowy dostarczał informacji stanowiących punkt wyjścia do tego wyjaśnienia. Wskazano w nim, że podczas elektroporacji do limfocytów wprowadzany jest mRNA kodujący receptor CAR, natomiast w drugiej metodzie limfocyty infekuje się zmodyfikowanym retrowirusem zawierającym gen kodujący ten receptor. Schemat przedstawiał ponadto wbudowanie DNA wirusowego do genomu limfocyty T, a materiał informował, że zmodyfikowane komórki są następnie namnażane. Samo odczytanie tych informacji nie prowadziło jednak do rozwiązania zadania. Należało określić konsekwencje odmiennego losu informacji genetycznej w obu metodach i powiązać je z procesami ekspresji genu: integracja DNA wektora retrowirusowego zawierającego gen kodujący receptor CAR z genomem limfocyty umożliwia stabilne utrzymanie tego genu w komórce i jego długotrwałą ekspresję, w tym wytwarzanie kolejnych cząsteczek mRNA, natomiast pula mRNA wprowadzona podczas elektroporacji jest ograniczona w czasie, ponieważ degraduje i może ulegać rozcieńczeniu podczas podziałów komórek.

Poziom wykonania zadania 14.3. wyraźnie odbiegał od wyników pozostałych zadań z tej samej wiązki. Zadanie 14.1. osiągnęło poziom wykonania 49 %, zadanie 14.2. – 30 %, zadanie 14.4. – 45 %, a zadanie 14.5. – 38 %, podczas gdy w zadaniu 14.3. wyniósł on 11 %. Te zadania osadzono we wspólnym kontekście terapii CAR-T, ale wymagały różnych operacji i odwoływały się do różnych zakresów wiedzy biologicznej. Tak niski wynik zadania 14.3. jest zgodny z analizą jakościową odpowiedzi wskazującą, że szczególnie wymagające było powiązanie sposobu wprowadzenia materiału genetycznego z jego dalszym losem w komórce, procesami ekspresji genu i różnicą w zawartości receptora CAR.

Jednym z poprawnych sposobów wyjaśnienia było powiązanie odmiennego sposobu wprowadzenia informacji genetycznej z czasem utrzymywania się ekspresji genu kodującego receptor CAR. W poprawnych odpowiedziach wskazywano, że po zastosowaniu retrowirusa DNA zawierający gen kodujący receptor CAR zostaje wbudowany do genomu limfocyty T, co umożliwia długotrwałą ekspresję tego genu. W przypadku elektroporacji do limfocyty wprowadzany jest natomiast gotowy mRNA kodujący receptor CAR, a mRNA może być bezpośrednio wykorzystane jako matryca w translacji, lecz z czasem ulega degradacji,

a podczas namnażania limfocytów jego pula jest rozdzielana między komórki potomne. Powoduje to, że ekspresja receptora CAR po elektroporacji ma charakter przejściowy. W ten sposób różnicę między obiema metodami wiążano z trwałością informacji stanowiącej podstawę ekspresji receptora CAR.

Poprawne wyjaśnienie mogło być również oparte na porównaniu możliwości wytwarzania kolejnych cząsteczek mRNA w obu metodach. Gen kodujący receptor CAR, po włączeniu do genomu limfocyta, może wielokrotnie podlegać transkrypcji, dzięki czemu powstają kolejne cząsteczki mRNA wykorzystywane następnie jako matryce w translacji. Po elektroporacji limfocyt dysponuje natomiast pulą mRNA wprowadzoną z zewnątrz i nie otrzymuje genu CAR, z którego mógłby wytwarzać kolejne cząsteczki tego mRNA. Istotą tego sposobu wyjaśnienia było zatem powiązanie obecności genu w genomie z możliwością wytwarzania kolejnych cząsteczek mRNA, a nie – samo stwierdzenie, że po zastosowaniu retrowirusa jest „więcej mRNA” lub „więcej receptorów”.

10. Powstanie mRNA ~~z pomocą~~ ^{po elektroporacji} do limfocytów T spowoduje ekspresję ~~tego~~ mRNA w mniejszej ilości białek receptora CAR, w porównaniu z ilością CAR-T przy użyciu retrowirusa. Wbudowanie białem genu kodującego CAR w genom limfocyta T umożliwi ~~to~~ powstanie w procesie transkrypcji wielu cząsteczek tego mRNA i syntezę ~~większej~~ ^{większej} liczby receptorów CAR.

Analiza rozwiązań pozwala wyróżnić dwa częściowo nakładające się wymiary trudności. Pierwszy dotyczył poprawności merytorycznej informacji biologicznych wykorzystywanych w odpowiedzi, drugi – sposobu ich powiązania i wykorzystania do skonstruowania wyjaśnienia związku między metodą modyfikacji limfocyta a zawartością receptora CAR. W części odpowiedzi błędy merytoryczne współwystępowały z nieprawidłowym konstruowaniem zależności przyczynowo-skutkowej.

Jednym z błędów merytorycznych było nieprawidłowe określenie relacji między kwasami nukleinowymi a procesami przepływu i ekspresji informacji genetycznej. Nieprawidłowo przypisywano DNA i mRNA role w poszczególnych procesach oraz mylono procesy, którym cząsteczki te podlegają.

W terapii CAR-T u ~~więziem~~ ^{więziem} retrowirusa otrzymuje się limfocyty T z wyższą zawartością receptoru CAR. ^{ponieważ} dochodzi do odwrotnej transkrypcji i gen kodujący receptor CAR jest wprowadzany w materiał genetyczny limfocyta T. ^{natomiast} w terapii CAR-T przy użyciu elektroporacji wprowadza się mRNA kodującą receptor CAR za pomocą impulsu elektrycznego, w której potem dochodzi transkrypcji, a nie dochodzi do wprowadzania się w materiał genetyczny limfocyta T, dlatego terapia CAR-T przy użyciu retrowirusa pozwala uzyskać limfocyty T z wyższą zawartością receptoru CAR.

W przedstawionej odpowiedzi mRNA wprowadzone podczas elektroporacji powiązano z transkrypcją, zamiast z jego bezpośrednim wykorzystaniem jako matrycy w translacji. W odpowiedzi pojawiają się więc terminy związane z ekspresją informacji genetycznej, ale relacje między cząsteczką a procesem zostały określone niepoprawnie.

Choć odwołanie do odwrotnej transkrypcji nie było koniecznym elementem poprawnego rozwiązania, ten proces pojawiał się w odpowiedziach w związku z wykorzystaniem retrowirusa. W części rozwiązań mechanizm charakterystyczny dla retrovirusów przenoszono jednak na metodę elektroporacji, zakładając, że także mRNA wprowadzone bezpośrednio do limfocyta musi zostać przepisane na DNA. Tymczasem w tej metodzie wprowadzone mRNA jest bezpośrednio wykorzystane jako matryca w translacji, np.

W przypadku elektroporacji będzie trzeba ^{znowa} przepisać dodatkowo ~~mRNA~~ ^{na} informację ^{na} DNA ~~znowa~~ ^{by} mogła zostać ~~użyta~~ ^{użyta} przez limfocyt. W przypadku użycia retrovirusów wykorzystujemy ich fakt, że retrovirusy mają materiał RNA który od razu (za pomocą odwrotnej transkryptazy) może być przepisany na DNA i użyty przez limfocyty a to skutkuje wyższą zawartością receptoru CAR.

Ten przykład pokazuje zarazem nakładanie się obu wymiarów trudności: odwrotną transkrypcję błędnie przypisano mRNA wprowadzonemu podczas elektroporacji, a następnie tę niepoprawną zależność wykorzystano do wyjaśnienia różnicy między obiema metodami modyfikacji limfocyta.

Inny błąd merytoryczny dotyczył sposobu wykorzystania mRNA w translacji. Ograniczoną trwałość mRNA utożsamiano z możliwością jego jednorazowego wykorzystania jako matrycy, mimo że jedna cząsteczka mRNA może wielokrotnie służyć jako matryca

w translacji. Ograniczony w czasie charakter ekspresji receptora CAR po elektroporacji wynika z degradacji wprowadzonego mRNA oraz, podczas namnażania limfocytów, z rozdzielania jego puli między komórki potomne, a nie – z jednorazowego wykorzystania każdej cząsteczki mRNA w translacji, np.:

W przypadku terapii CAR-T z użyciem retrowirusa wprowadza się do tego limfocytu gen, który ze pomocą odwrotnej transkrypcji zostaje przepisany na DNA i wbudowany (zintegrowany) z materiałem genetycznym limfocyta T. Poniżej od tej pory limfocyt ten będzie mógł samodzielnie przeprowadzać transkrypcję i translację chemicznego receptora ~~po~~ antygenu (CAR) co zwiększe ilość tego białka w limfocycie T w porównaniu z terapią z użyciem elektroporacji, a wtedy to wprowadzenie jest tylko mRNA kodującej receptor i jest to po prostu wzrost, z której syntezy CAR nie będzie zrekombinował już wydłubił ją w limfocycie po terapii retrowirusem, po której może powstać wiele wzrostów mRNA się zsygnalizować do translacji CAR.

Drugi wymiar trudności dotyczył wykorzystania poprawnych informacji biologicznych do zbudowania wyjaśnienia przyczynowo-skutkowego. W części odpowiedzi prawidłowo przedstawiano różnicę między rodzajami wprowadzonego materiału genetycznego, wbudowanie genu kodującego receptor CAR do genomu limfocyta albo udział transkrypcji i translacji, jednak te informacje nie były powiązane w sposób prowadzący do wyjaśnienia, dlaczego odmienne metody modyfikacji przekładają się na różną zawartość receptora CAR.

Czasownik operacyjny „wyjaśnij” oznacza, że samo wskazanie poprawnych informacji lub końcowego efektu nie wystarcza. Należało w tym przypadku pokazać zależność między przyczyną a skutkiem, uwzględniając procesy, które tę zależność wyjaśniają.

W analizowanych odpowiedziach można wskazać różne miejsca, w których taki tok wyjaśnienia stawał się niepełny lub był kierowany na niewłaściwą zależność.

Jednym z wariantów niepełnych odpowiedzi było ograniczenie się do podania poprawnej przesłanki. Wskazywano, że po zastosowaniu retrowirusa gen kodujący receptor CAR zostaje wbudowany do genomu limfocyta, a podczas elektroporacji do komórki wprowadzane jest mRNA, ale nie określano konsekwencji tej różnicy dla dalszej ekspresji informacji genetycznej, np.:

w terapii CAR-T z użyciem retrowirusa otrzymujemy limfocyt T z budującą receptore CAR mRNA przez które element powstaje, ponieważ po wstąpieniu retrowirusa limfocyt dostarcza swój system do odwrotnego typu na koniec nowotworowej fragment DNA z informacją o budowie receptora CAR zostaje wbudowane w DNA limfocyta T, wskazuje jego namnożenie.

W przedstawionej odpowiedzi prawidłowo wskazano wbudowanie genu kodującego receptor CAR do genomu limfocyta, ale nie powiązano tej informacji ani z możliwością długotrwałej ekspresji zintegrowanego genu, ani – w alternatywnym sposobie wyjaśnienia – z możliwością wielokrotnej transkrypcji genu i wytwarzania kolejnych cząsteczek mRNA. Poprawna przesłanka biologiczna nie została więc rozwinięta w zależność wyjaśniającą większą zawartość receptora CAR.

Inna grupa odpowiedzi ograniczała się natomiast do wskazania przewidywanego skutku bez przedstawienia mechanizmu prowadzącego do jego powstania. Stwierdzano, że po zastosowaniu retrowirusa powstaje więcej mRNA albo więcej receptorów CAR, ale nie wyjaśniano, dlaczego zastosowana metoda miałaby prowadzić do takiego efektu.

Ponieważ gen ^{zaindukowany} zmodyfikowany genetycznie retrowirusem ~~po umieszczeniu~~ do limfocyta T integruje przez odwrotną transkrypcję swój gen kodujący receptory CAR z DNA limfocyta T, wówczas limfocyt T sam zaczyna wytwarzać mRNA ~~kodującą~~ na której odbędzie się synteza receptorów CAR i będzie ich przez to więcej, a jeżeli w przypadku wprowadzenia mRNA za pomocą impulsu elektrycznego, tak więc po infekcji retrowirusem mRNA będzie również więcej, a jeżeli po ich wprowadzeniu i replikacji i w przypadku z retrowirusem odcznie na ~~mRNA~~ więcej receptorów, bo będzie więcej mRNA kodujących receptory i stwarzających jako matrycę do ich syntezy.

W odpowiedzi wskazano większą pulę mRNA po zastosowaniu retrowirusa, ale nie wyjaśniono, z czego wynika możliwość wytwarzania kolejnych cząsteczek mRNA. Samo wskazanie większej puli mRNA mogło stanowić element poprawnego sposobu rozwiązania, wymagało jednak powiązania tej różnicy z obecnością genu CAR w genomie limfocyta i możliwością wielokrotnej transkrypcji zintegrowanego genu. W odpowiedzi pominięto więc ogniwo wyjaśniające wskazaną zależność.

Odmienny problem ujawniał się w odpowiedziach, w których poprawne informacje łączono zależnością nieadekwatną do wyjaśnianego efektu. Rozpoznawano, że mRNA wprowadzony podczas elektroporacji może stanowić matrycę w translacji oraz że gen dostarczony z wykorzystaniem retrowirusa zostaje włączony do genomu limfocyta, lecz większą zawartość receptora wiązano np. z replikacją DNA.

W przypadku elektroporacji do limfocytów T wprowadza się mRNA, które koduje białko CAR. W wyniku translacji zachodzącej na rybosomach syntetyzowane jest białko CAR, a następnie wbudowywane w błonę limfocyta T. W przypadku terapii CAR-T z użyciem retrowirusa gen kodujący receptor CAR jest wbudowywany w materiał genetyczny limfocyta T, który może ulec replikacji, co zwiększy liczbę receptorów wbudowanych w błonę limfocyta T w porównaniu z elektroporacją (powstających na skutek translacji na rybosomach).

W przedstawionej odpowiedzi rozumowanie dotyczące obu metod rozpoczynało się poprawnie, ale w każdym przypadku stawało się niepełne lub błędne na innym etapie. W odniesieniu do elektroporacji prawidłowo wskazano wprowadzenie mRNA do limfocytu i jego wykorzystanie jako matrycy w translacji prowadzącej do syntezy receptora CAR. Odpowiedź nie została jednak rozwinięta o konsekwencję ograniczonej trwałości wprowadzonego mRNA – jego degradację oraz rozcieńczanie puli podczas podziałów komórkowych – która wyjaśnia krótkotrwały charakter tej metody ekspresji. W części dotyczącej retrowirusa poprawnie rozpoznano integrację genu kodującego receptor CAR z genomem limfocytu. Błąd pojawił się dopiero przy wskazaniu mechanizmu prowadzącego od obecności tego genu do większej zawartości receptora: efekt ten powiązano bezpośrednio z replikacją DNA. Replikacja DNA zapewnia przekazanie zintegrowanego genu do komórek potomnych, ale nie stanowi etapu prowadzącego bezpośrednio do syntezy receptora CAR. Do jego wytworzenia konieczna jest transkrypcja genu, a następnie translacja powstałego mRNA. Odpowiedź zawierała więc poprawne informacje o obu metodach, lecz nie przedstawiała właściwie ich konsekwencji dla ekspresji genu CAR: w przypadku elektroporacji pominięto istotne ogniwo wyjaśnienia, natomiast w przypadku retrowirusa poprawną przesłankę połączono z efektem za pomocą niewłaściwej zależności.

Analiza odpowiedzi wskazuje, że trudność zadania miała zarówno wymiar merytoryczny, jak i związany ze sposobem konstruowania wyjaśnienia. W części rozwiązań niepoprawnie określano rolę DNA i mRNA oraz procesy, którym cząsteczki te podlegają. W innych pojawiały się poprawne informacje dotyczące rodzaju wprowadzanego materiału genetycznego, integracji genu z genomem lub jego ekspresji, ale nie były one powiązane w ciąg prowadzący od sposobu modyfikacji limfocytu, przez dalszy los informacji genetycznej i jej ekspresję, do różnicy w zawartości receptora CAR. W odpowiedziach niepełnych ten ciąg był przerywany w różnych miejscach: poprawnej przesłanki nie rozwijano o jej konsekwencje, poprawne informacje łączono niewłaściwą zależnością albo wskazywano skutek bez przedstawienia procesu prowadzącego do jego powstania. Trudność dotyczyła więc nie tylko znajomości odpowiednich wiadomości biologicznych, lecz przede wszystkim ich wykorzystania do skonstruowania spójnego wyjaśnienia przyczynowo-skutkowego.

Kolejnym zadaniem należącym do kategorii zadań bardzo trudnych było zadanie 6.2.

Zadanie 6.

Aby określić wpływ głównych procesów metabolicznych – fotosyntezy i oddychania komórkowego – na bilans węgla, czyli wzrost lub spadek zawartości związków organicznych w roślinach, przeprowadzono następujące doświadczenie.

Na trzech szalkach (patrz tabela poniżej) wyścielonych bibułą wysiano po 1,5 g nasion rzodkiewki. Następnie nasiona poddano różnym warunkom nawodnienia oraz oświetlenia:

- nasiona z grupy 1. umieszczono na suchym podłożu i ich nie podlewano, natomiast nasiona z grup 2. i 3. umieszczono na wilgotnym podłożu i podlewano w miarę potrzeby
- nasiona z grup 1. i 2. oświetlano, natomiast nasiona z grupy 3. trzymano w ciemności.

Nasiona wykiełkowały jedynie w grupach 2. i 3. Po 10 dniach materiał roślinny – nasiona lub siewki – wysuszono i dla każdej z badanych grup określono zawartość suchej masy.

Numer grupy	Warunki doświadczenia		Wyniki	
	Woda	Światło	Kielkowanie	Sucha masa materiału roślinnego
1.	nie	tak	nie	1,46 g
2.	tak	tak	tak	1,63 g
3.	tak	nie	tak	1,20 g

Na podstawie: D. Ebert-May i in., *Disciplinary Research Strategies* [...], „BioScience” 53(12), 2003.

Zadanie 6.2. (0–1)

Uzasadnij, że w celu prawidłowego oszacowania bilansu węgla w roślinach należało w ostatnim dniu trwania doświadczenia wykonać pomiar suchej, a nie – świeżej, masy nasion lub siewek.

Zadanie 6.2. sprawdzało umiejętność oceny celowości elementu procedury badawczej – wyboru suchej, a nie – świeżej masy jako podstawy oszacowania bilansu węgla. Poprawne rozwiązanie wymagało powiązania celu doświadczenia ze sposobem wykonania pomiaru oraz wskazania, że zmienna lub nieokreślona zawartość wody w świeżej masie uniemożliwiałaby jednoznaczną interpretację wyniku. Zastosowany w poleceniu czasownik „uzasadnij” wymagał sformułowania argumentu pokazującego, że wybór suchej masy był uzasadniony z punktu widzenia celu badania i interpretacji uzyskanych wyników.

Celem doświadczenia było określenie wpływu fotosyntezy i oddychania komórkowego na bilans węgla, zdefiniowany w materiale źródłowym jako wzrost lub spadek zawartości związków organicznych w roślinach. Tego bilansu nie oznaczano bezpośrednio – pomiar suchej masy materiału roślinnego stanowił pośrednią podstawę jego oszacowania. Aby wynik takiego pomiaru można było odnosić przede wszystkim do zmian zawartości związków organicznych, należało ograniczyć wpływ wody, której ilość w materiale roślinnym była zmienna lub nieokreślona. Zawartość wody w nasionach i siewkach mogła się różnić m.in. ze względu na różnice w pobieraniu wody podczas kiełkowania i wzrostu, wynikające z warunków, w których znajdowały się rośliny. Różnice świeżej masy mogłyby więc wynikać zarówno ze zmian zawartości związków organicznych, jak i z różnic w zawartości wody.

Kluczowe było zauważenie, że zmienna lub nieokreślona zawartość wody stanowi źródło zmienności wyniku pomiaru świeżej masy niezależne od zmian zawartości związków organicznych. Samo stwierdzenie, że świeża masa zawiera wodę albo że sucha masa jej nie zawiera, nie uzasadniało jeszcze celowości wysuszenia materiału.

Zadanie 6.2. miało najniższy poziom wykonania spośród pięciu zadań szczegółowych 6.1.–6.5., odnoszących się do wspólnego materiału źródłowego. Stosunkowo niski był również wynik zadania 6.3. – 21 %; oba zadania sprawdzały umiejętności związane z analizą procedury badawczej. To zestawienie jest zgodne z analizą odpowiedzi wskazującą, że trudność dotyczyła m.in. rozpoznania znaczenia poszczególnych elementów doświadczenia dla możliwości interpretacji jego wyników.

W poprawnych odpowiedziach zdający nie ograniczali się do wskazania obecności wody w świeżej masie, lecz odnosili się do jej zmiennej lub nieokreślonej ilości oraz wynikających

z tego ograniczeń interpretacyjnych. W części rozwiązań znaczenie zastosowania suchej masy uzasadniano przez odwołanie do warunków doświadczenia. Wskazywano, że kiełkujące nasiona i siewki mogły pobierać różne ilości wody, dlatego różnice świeżej masy mogły wynikać również ze zróżnicowanego uwodnienia materiału.

Należało wykonać pomiar masy suchej, ponieważ w masie świeżej wyniki zakłamywałyby ilość ^{pobranej z podłoża} wody, do której nie wszystkie rośliny miały dostęp.

W przedstawionej odpowiedzi trafnie wykorzystano różnice w dostępności do wody badanych grup do uzasadnienia wyboru suchej masy. Zdający rozpoznał tym samym, że zawartość wody stanowiła dodatkowe źródło zmienności wyniku pomiaru, niezwiązane bezpośrednio z bilansem związków organicznych.

W innych poprawnych odpowiedziach akcentowano przede wszystkim konsekwencję metodologiczną zmiennego uwodnienia materiału. Wskazywano, że bez usunięcia wody nie byłoby wiadomo, w jakim stopniu obserwowana różnica masy wynika ze zmiany zawartości wody, a w jakim – ze zmiany zawartości związków organicznych.

W świeżej masie jest duża zawartość wody, ^{której nie było w suchej} aby oszacować bilans należy porównać suchą masę z pomogłą z suchą masą z ostatnim dniu tworzenie doświadczenia. ~~Porównanie świeżej~~
Trudno ocenić zawartość wody w świeżej masie, co prowadzi do nieprecyzyjności wyniku

Przedstawione rozwiązanie poprawnie ujęło metodologiczny sens zastosowanej procedury: wysuszenie ograniczało wpływ różnic w uwodnieniu materiału na wynik pomiaru, dzięki czemu zmiany suchej masy mogły być trafniej interpretowane jako związane ze zmianami zawartości materii organicznej.

Wyraźnie powtarzającym się problemem w odpowiedziach niepoprawnych było poprzestanie na prawdziwej, ale niewystarczającej informacji, że świeża masa zawiera wodę, a sucha masa jest jej pozbawiona. W tych odpowiedziach brakowało wskazania, że zawartość wody w materiale mogła się różnić między próbami, a tym samym wpływać na wartość świeżej masy niezależnie od zmian zawartości związków organicznych.

Należało wykonać pomiar suchej masy, a nie świeżej masy nasion lub siewek, ponieważ świeża masa zawiera jeszcze wodę, a celem doświadczenia było sprawdzenie zawartości związków organicznych w siewkach i nasionach, dlatego aby poprawnie zinterpretować wyniki doświadczenia, było trzeba wyparować wodę i wykonać pomiar suchej masy.

W przedstawionej odpowiedzi właściwym punktem wyjścia było zauważenie, że świeża masa obejmuje wodę i że jej usunięcie odróżnia pomiar suchej masy od pomiaru masy świeżej. Uzasadnienie stało się jednak niepełne na etapie określania znaczenia tej różnicy dla wyniku doświadczenia – nie wskazano, że ilość wody może być zmienna lub nieokreślona.

W części odpowiedzi pojawiały się jedynie ogólne stwierdzenia, że woda zwiększa świeżą masę albo że jej obecność może „zafałszować” lub „zaburzyć” wynik, np.:

Należało wykazać pomiar suchej masy, a nie świeżej, ponieważ sucha masa nie zawiera wody, a świeża masa tak, a woda może zafałszować wynik.

Takie określenia wskazywały, że obecność wody może wpływać na wynik pomiaru, ale nie wyjaśniały, dlaczego utrudnia to oszacowanie bilansu węgla. Sama obecność wody w świeżej masie nie była wystarczającym argumentem. Istotne było to, że jej ilość mogła być różna lub nieokreślona, przez co zmiana świeżej masy nie musiała wynikać ze zmiany zawartości związków organicznych, lecz mogła być skutkiem różnego uwodnienia materiału. W odpowiedzi brakowało więc wskazania tej zależności.

W innych rozwiązaniach problem dotyczył nie tyle niepełności argumentu, lecz przesłanki, na której został on oparty. Dotyczyło to odpowiedzi wskazujących na niewłaściwe rozumienie tego, co reprezentuje sucha masa, albo wykorzystujących informację biologiczną nieadekwatną do problemu metodologicznego.

Masa sucha zawiera związki organiczne – te, które są potrzebne do zbadania bilansu węgla, natomiast masa świeża może zawierać związki nieorganiczne, które zakłamałyby wynik.

W przedstawionej odpowiedzi suchą masę utożsamiono z zawartością związków organicznych istotnych dla bilansu węgla, natomiast świeżą masę powiązano ze składnikami nieorganicznymi. Taki sposób sformułowania odpowiedzi sugeruje błędne rozumienie skutku wysuszenia materiału, jak gdyby ta procedura prowadziła do oddzielenia związków organicznych od nieorganicznych. Wysuszenie usuwa z materiału przede wszystkim wodę; w suchej masie pozostają zarówno związki organiczne, jak i składniki mineralne. Sucha

masa nie jest więc masą samych związków organicznych ani bezpośrednim pomiarem zawartości węgla. Problem dotyczył w tym przypadku sposobu interpretacji mierzonej wielkości, a nie tylko pominięcia zmienności zawartości wody.

Inny rodzaj nieadekwatnej argumentacji wystąpił w odpowiedzi, w której konieczność usunięcia wody uzasadniono tym, że jest ona produktem oddychania tlenowego.

Aby nie liczyć wody w pomiar gdyż
woda też jest jednym z ~~substancji~~ produktów
oddychania tlenowego.

Informacja o powstawaniu wody podczas oddychania komórkowego jest biologicznie poprawna, ale nie stanowi argumentu uzasadniającego wybór suchej masy w przedstawionej procedurze. Dla oceny przydatności pomiaru świeżej masy istotne było nie pochodzenie wody, lecz to, że jej ilość w materiale była zmienna lub nieokreślona i mogła wpływać na wynik ważenia niezależnie od zmian zawartości związków organicznych. Odpowiedź pokazuje więc trudność w doborze informacji biologicznej adekwatnej do rozwiązywanego problemu metodologicznego.

Analiza odpowiedzi do zadania 6.2. wskazuje, że istotna trudność dotyczyła skonstruowania pełnego uzasadnienia. W wielu rozwiązaniach pojawiała się trafna informacja, że świeża masa obejmuje wodę, jednak nie była ona rozwijana w argument pokazujący, że zmienna zawartość wody przekłada się na ograniczone możliwości wykorzystania świeżej masy do oszacowania bilansu węgla. W innych odpowiedziach argument opierano na niewłaściwym rozumieniu mierzonej wielkości albo na informacji biologicznie poprawnej, lecz nieadekwatnej do rozpatrywanego problemu.

Zadanie 8.

Toksoplazmoza to występująca u człowieka choroba odzwierzęca wywoływana przez *Toxoplasma gondii* – jednokomórkowego protista o haploidalnej formie troficznej oraz o mejozie zachodzącej tuż po zapłodnieniu. *T. gondii* jest organizmem dwużywielskim: żywicielami ostatecznymi są wyłącznie kotowate, w tym – kot domowy, natomiast do żywicieli pośrednich *T. gondii* należą niektóre ptaki oraz ssaki. Człowiek może być przygodnym żywicielem tego pasożyta. U człowieka pasożyt potrafi przekraczać barierę krwi – łożysko.

Zadanie 8.1. (0–1)

Oceń prawdziwość stwierdzenia: **W organizmie człowieka *T. gondii* wytwarza gamety na drodze podziałów mitotycznych.** Wpisz odpowiedź wybraną spośród podanych w nawiasie. Odpowiedź uzasadnij.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz):

Uzasadnienie:

Zadanie 8.3. (0–1)

Rozstrzygnij, czy zgodnie z zasadami profilaktyki kobiety w ciąży powinny unikać kontaktu z osobami chorującymi na toksoplazmozę. Odpowiedź uzasadnij.

Rozstrzygnięcie:

Uzasadnienie:

Wiązka zadań 8.1.–8.3. dotyczyła *Toxoplasma gondii* – pasożytniczego protista wywołującego toksoplazmozę. W materiale źródłowym podano informacje dotyczące wybranych elementów jego cyklu rozwojowego: haploidalności formy troficznej, zachodzenia mejozy tuż po zapłodnieniu oraz roli żywicieli ostatecznych i pośrednich. Wskazano także możliwość przekraczania przez pasożyta bariery krwi – łożysko. Te informacje stanowiły punkt wyjścia do zadań sprawdzających różne umiejętności – analizę i interpretację informacji dotyczących cyklu rozwojowego pasożyta oraz zastosowanie wiedzy o drogach zarażenia i profilaktyce toksoplazmozy.

Dwa zadania z tej wiązki należały do najtrudniejszych w arkuszu. Zadanie 8.1. było zadaniem otwartym o poziomie wykonania 17 %. Wymagało oceny prawdziwości stwierdzenia dotyczącego powstawania gamet *T. gondii* w organizmie człowieka i uzasadnienia tej oceny na podstawie informacji o cyklu rozwojowym pasożyta oraz wiedzy dotyczącej podziałów komórkowych. Zadanie 8.3., również otwarte, miało poziom wykonania 12 %. W tym zadaniu należało zastosować wiedzę o drogach zarażenia i zasadach profilaktyki toksoplazmozy do oceny, czy kobiety w ciąży powinny unikać kontaktu z osobami chorującymi, oraz uzasadnić dokonane rozstrzygnięcie.

Zadanie 8.1. sprawdzało umiejętność analizy informacji dotyczących cyklu rozwojowego *Toxoplasma gondii* oraz zastosowania wiedzy o mitozie i mejozie do oceny podanego stwierdzenia i uzasadnienia tej oceny. Poprawne rozwiązanie wymagało zestawienia informacji z materiału źródłowego z wiedzą o rozmnażaniu płciowym i podziałach komórkowych oraz rozpoznania, który element ocenianego stwierdzenia przesądza o jego fałszywości.

Oceniane stwierdzenie: „W organizmie człowieka *T. gondii* wytwarza gamety na drodze podziałów mitotycznych” łączyło informację o miejscu wytwarzania gamet z informacją o rodzaju podziału komórkowego prowadzącego do ich powstania. Rozstrzygające było ustalenie, czy w organizmie człowieka zachodzi płciowy etap cyklu rozwojowego pasożyta. Z materiału źródłowego wynikało, że żywicielami ostatecznymi *T. gondii* są wyłącznie kotowate. Wykorzystanie tej informacji wymagało rozumienia znaczenia pojęcia „żywiciel ostateczny” – u *T. gondii* jest to żywiciel, w którego organizmie zachodzi płciowy etap cyklu rozwojowego. Ponieważ człowiek nie pełni tej roli, pasożyt nie wytwarza w jego organizmie gamet. Jednocześnie drugi element stwierdzenia – wskazanie mitozy jako procesu prowadzącego do powstawania gamet – był zgodny z przedstawionym cyklem rozwojowym pasożyta. Informacja o haploidalnej formie troficznej oraz o mejozie zachodzącej dopiero po zapłodnieniu, zestawiona z wiedzą o mitozie i mejozie, pozwalała ustalić, że gamety *T. gondii* powstają mitotycznie. Poprawne rozwiązanie wymagało więc rozpoznania, który element wypowiedzi przesądza o jej fałszywości, a następnie wykorzystania właśnie tej informacji do uzasadnienia dokonanej oceny.

W poprawnych odpowiedziach stwierdzenie oceniano jako fałszywe, a uzasadnienie odnosiło do roli człowieka w cyklu rozwojowym pasożyta – wskazywano, że w jego organizmie nie zachodzi rozmnażanie płciowe *T. gondii* i nie są wytwarzane gamety.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): ~~prawda~~ fałsz

Uzasadnienie: Człowiek jest żywicielem pośrednim co oznacza, że *Toxoplasma gondii* może rozmnażać się bezpłciowo w jego organizmie, a wytwarzanie gamet jest więc nie może wytworzyć gamet

W części niepoprawnych odpowiedzi właściwemu rozstrzygnięciu nie towarzyszyło poprawne uzasadnienie. Zdający koncentrowali się na rodzaju podziału komórkowego prowadzącego do powstania gamet, pomijając fakt, że w organizmie człowieka gamety *T. gondii* w ogóle nie są wytwarzane. Dodatkowo w takich odpowiedziach wytwarzanie gamet często błędnie wiązano z mejozą.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): ~~prawda~~ fałsz

Uzasadnienie: Ponieważ gamety wytwarzane są na drodze podziałów meiotycznych a nie mitotycznych

W przedstawionej odpowiedzi poprawnie oceniono stwierdzenie jako fałszywe, jednak argument odnosił się do tej części stwierdzenia, która była biologicznie poprawna. Błędnie przyjęto, że gamety *T. gondii* powstają na drodze mejozy. U tego pasożyta gamety powstają mitotycznie, natomiast mejoza zachodzi po zapłodnieniu. Poprawne rozstrzygnięcie zostało więc uzasadnione błędną przesłanką, a informacja rzeczywiście przesądzająca o fałszywości stwierdzenia – brak wytwarzania gamet w organizmie człowieka – nie została wykorzystana.

Ten typ odpowiedzi wskazuje na niewłaściwe zastosowanie ogólnego skojarzenia „gamety – mejoza” do cyklu haplobiontycznego z mejozą postgamiczną, zamiast wykorzystania informacji dotyczących konkretnego cyklu życiowego *T. gondii*.

Inny problem ujawniał się w odpowiedziach, w których nieprawidłowo określano zależność między rolą żywiciela a etapem cyklu rozwojowego pasożyta.

Ocena stwierdzenia (prawda / fałsz): fałsz

Uzasadnienie: Człowiek jest żywicielem ostatecznym tego protista, a więc protist nie będzie wytwarzał gamet w ludzkim organizmie.

W uzasadnieniu błędnie zidentyfikowano człowieka jako żywiciela ostatecznego *T. gondii*. Jednocześnie stwierdzono, że z tego powodu pasożyt nie wytwarza gamet w jego organizmie. Odpowiedź jest również wewnętrznie niespójna, ponieważ w organizmie żywiciela ostatecznego zachodzi płciowy etap cyklu rozwojowego i dochodzi do wytwarzania gamet. Z przyjętej w odpowiedzi przesłanki wynikałby zatem wniosek przeciwny do tego sformułowanego w uzasadnieniu.

w poleceniu. Drogi zarażenia określają, w jaki sposób pasożyt może przedostać się do organizmu człowieka, natomiast zasady profilaktyki wskazują działania służące ograniczeniu ryzyka wynikającego z określonego rodzaju ekspozycji.

Zastosowana w poleceniu konstrukcja „rozstrzygnij, czy zgodnie z zasadami profilaktyki [...] kobiety w ciąży powinny unikać kontaktu z osobami chorującymi [...] – odpowiedź uzasadnij” wymagała nie tylko przywołania wiadomości o transmisji pasożyta, lecz także wykorzystania jej do oceny konkretnego działania prozdrowotnego. Należało ustalić, czy zwykły kontakt z osobą chorującą może prowadzić do zarażenia kobiety, a następnie na tej podstawie ocenić zasadność jego unikania. Sama znajomość biologicznie możliwej drogi transmisji nie wystarczała – konieczne było określenie jej znaczenia w sytuacji opisanej w poleceniu. Istotne było również odróżnienie drogi zarażenia kobiety od późniejszej możliwości przeniesienia pasożyta od zarażonej matki do płodu. Informacja o przekraczaniu bariery krew – łożysko dotyczyła transmisji wertykalnej, a nie – sposobu zarażenia kobiety podczas kontaktu z inną osobą.

W poprawnych odpowiedziach rozstrzygano, że kobiety w ciąży nie powinny unikać zwykłego kontaktu z osobami chorującymi na toksoplazmozę. Uzasadnienie odnoszono do braku transmisji pasożyta podczas zwykłego kontaktu albo wskazywano faktyczne drogi zarażenia, np. drogę pokarmową – przez spożycie surowego lub niedogotowanego mięsa zawierającego cysty tkankowe albo przez przypadkowe połknięcie oocyst znajdujących się w środowisku zanieczyszczonym kałem kotowatych. Poprawne było również wskazanie, że zwykły kontakt z osobą chorującą, w tym kontakt bezpośredni – taki jak podanie ręki, nie stanowi typowej drogi zarażenia *T. gondii*, podobnie jak droga kropelkowa.

Rozstrzygnięcie: Nie.....

Uzasadnienie: Ponieważ do zarażenia toksoplazmozę dochodzi przez łożysko albo przez mleko matki, natomiast samo przebywanie kobiety w ciąży z osobą chorującą nie jest dla niej niebezpieczne, ale ważne aby nie przebywała z osobą która ma kota chorego na toksoplazmozę i w tym mieszkaniu występuję odchody tego kota, ponieważ wtedy może dojść do zarażenia.

W przedstawionej odpowiedzi prawidłowo rozstrzygnięto, że kobieta w ciąży nie musi unikać przebywania z osobą chorującą na toksoplazmozę. W uzasadnieniu odróżniono taki kontakt od sytuacji mogących prowadzić do zarażenia, odwołując się do ekspozycji związanej z odchodami kota. O poprawności odpowiedzi decydowało zauważenie, że samo przebywanie z osobą chorującą nie jest drogą zarażenia kobiety.

W części niepoprawnych odpowiedzi źródłem błędu było niewłaściwe rozpoznanie dróg zarażenia *T. gondii*. Błędnie wskazywano np., że *T. gondii* może być przenoszony między ludźmi drogą kropelkową. W takich rozwiązaniach niepoprawne rozstrzygnięcie wynikało z błędnej przesłanki biologicznej. W innych odpowiedziach informacje dotyczące roli żywicieli w cyklu rozwojowym pasożyta traktowano jako bezpośrednie informacje o sposobach jego transmisji. Z faktu, że kotowate są żywicielami ostatecznymi *T. gondii*, wyprowadzano np. błędny wniosek, że tylko od nich człowiek może się zarazić.

Inny problem polegał na wykorzystaniu poprawnej wiadomości dotyczącej transmisji pasożyta od matki do płodu do uzasadnienia rozstrzygnięcia odnoszącego się do sposobu zarażenia kobiety. W takich rozwiązaniach nie rozróżniano drogi zarażenia kobiety od możliwych następstw jej zarażenia dla płodu.

Rozstrzygnięcie:Tak.....

Uzasadnienie: Powinny unikać, aby nie zarazić się to choroba bo pasożyt potrafi przekraczać barierę krwi – łożysko i przez to może dojść do nieprawidłowości w rozwoju ciąży

W przedstawionej odpowiedzi poprawnie przywołano informację, że *T. gondii* może przekraczać barierę krwi – łożysko i stanowić zagrożenie dla płodu. Informacja ta nie pozwala jednak ustalić, czy kobieta może zarazić się podczas zwykłego kontaktu z osobą chorującą. Transmisja przez łożysko może nastąpić po zarażeniu kobiety i dotyczy przeniesienia pasożyta od matki do płodu, podczas gdy problem postawiony w zadaniu odnosił się do wcześniejszego etapu – możliwości zarażenia samej kobiety. Poprawna informacja dotycząca możliwości transmisji pasożyta od matki do płodu została więc wykorzystana jako argument dotyczący zależności innej niż ta, która była przedmiotem rozstrzygnięcia.

Odmienny problem ujawniał się w odpowiedziach, w których przywoływano szczególną możliwość transmisji między ludźmi, ale wyprowadzano z niej zbyt szeroki wniosek dotyczący profilaktyki.

Rozstrzygnięcie: ~~nie~~ tak

Uzasadnienie: ~~Głównie nie może być żywicielem ostatecznym T. gondii, więc nie przenosi pasożyta na innych ludzi. Może dojść do zarażenia krwiopłaczem, przez kontakt z krwią osoby zarażonej, ponieważ znajduje się w niej T. gondii.~~

W przedstawionej odpowiedzi możliwość przeniesienia *T. gondii* przez zakażoną krew wykorzystano jako argument za unikaniem osób chorujących. Problem nie dotyczył samego rozpoznania możliwej drogi transmisji, lecz zakresu wniosku wyprowadzonego z tej informacji. Szczególne sytuacje, w których możliwa jest transmisja pasożyta między ludźmi, np. transfuzja zakażonej krwi, nie są równoważne zwykłemu kontaktowi z osobą chorującą

i nie uzasadniają zalecenia unikania takich kontaktów. Z faktu, że przeniesienie pasożyta między ludźmi jest możliwe w szczególnych warunkach, nie wynika, że zwykły kontakt z osobą chorującą powinien być ograniczany. Konieczna była ocena konkretnej sytuacji opisanej w poleceniu i odniesienie się do zasad profilaktyki, a nie – do teoretycznych możliwości zarażenia.

Na charakter trudności zadania wskazuje także zestawienie wyników z zadaniem 8.2., odnoszącym się do tego samego wymagania szczegółowego podstawy programowej. Zadanie 8.2., w którym należało ocenić prawdziwość podanych zasad profilaktyki, miało poziom wykonania 50 %, natomiast poziom wykonania zadania 8.3. wyniósł 12 %. Zestawienie tych wyników, uzupełnione analizą odpowiedzi, wskazuje, że większe wymagania wiązały się z samodzielnym zastosowaniem wiedzy o drogach zarażenia i profilaktyce do oceny konkretnej sytuacji oraz z uzasadnieniem dokonanego rozstrzygnięcia niż z oceną poprawności gotowych zasad profilaktyki.

Analiza odpowiedzi wskazuje, że trudność zadania 8.3. dotyczyła zarówno poprawności wiadomości o sposobach transmisji *T. gondii*, jak i zakresu ich zastosowania do oceny działania profilaktycznego. W części rozwiązań wykorzystywano błędne informacje o drogach zarażenia, w innych natomiast informacje poprawne odnoszono do niewłaściwej sytuacji albo wyprowadzano z nich wnioski o zbyt szerokim zakresie. O poprawności rozwiązania decydowało więc nie samo przywołanie wiadomości związanej z transmisją pasożyta, lecz właściwa ocena jej znaczenia dla sytuacji określonej w poleceniu.

Analiza odpowiedzi do zadań 8.1. i 8.3. pokazuje, że trudności dotyczyły nie tylko poprawności wykorzystywanych wiadomości biologicznych, lecz także ich doboru i zastosowania do rozwiązania problemu określonego w poleceniu. W zadaniu 8.1. należało rozpoznać, która informacja o cyklu rozwojowym *T. gondii* przesądza o ocenie złożonego stwierdzenia, natomiast w zadaniu 8.3. – odróżnić informacje istotne dla sposobu zarażenia kobiety od informacji dotyczących innych etapów transmisji pasożyta. W obu przypadkach poprawne rozwiązanie wymagało więc nie tylko przywołania właściwej wiadomości, lecz także zachowania jej właściwego zakresu i wykorzystania jej do sformułowania spójnego uzasadnienia.

Z analizy zadań bardzo trudnych wynika, że ich niski poziom wykonania nie był związany wyłącznie z brakiem wiadomości biologicznych. W wielu odpowiedziach pojawiały się poprawne pojęcia, pojedyncze trafne informacje albo właściwie rozpoznane elementy materiału źródłowego, jednak nie były one wykorzystywane w sposób prowadzący do pełnej realizacji polecenia. Trudność ujawniała się przede wszystkim wtedy, gdy rozwiązanie wymagało wyboru informacji istotnej dla danego problemu, powiązania jej z innymi wiadomościami oraz określenia konsekwencji wynikających z tych zależności.

W zadaniach wymagających wyjaśnienia lub uzasadnienia szczególnie często brakowało jednego z ogniw rozumowania. Poprawną przesłankę pozostawiano bez wskazania jej konsekwencji, wskazywano oczekiwany skutek bez przedstawienia mechanizmu prowadzącego do jego powstania albo łączono poprawne informacje zależnością, która nie wyjaśniała obserwowanego efektu. Było to widoczne m.in. w zadaniu 14.3., w którym samo rozpoznanie różnicy między DNA wprowadzanym za pośrednictwem retrowirusa a mRNA dostarczonym podczas elektroporacji nie wystarczało bez określenia konsekwencji tej różnicy dla trwałości ekspresji receptora CAR, oraz w zadaniu 6.2., w którym stwierdzenie,

że świeża masa zawiera wodę, wymagało jeszcze powiązania zmiennej lub nieokreślonej zawartości wody z możliwością interpretacji zmian masy w odniesieniu do bilansu węgla.

Drugim wyraźnym źródłem trudności było wykorzystywanie poprawnych informacji w niewłaściwym kontekście albo wyprowadzanie z nich wniosków wykraczających poza ich znaczenie. W zadaniu 23.2. pojęcia odnoszące się do abstrakcyjnej przestrzeni warunków środowiskowych przenoszono na fizyczną przestrzeń geograficzną, utożsamiając zasięg geograficzny z ekologiczną niszą podstawową, niszą zrealizowaną lub z siedliskiem. W zadaniach 8.1. i 8.3. poprawne informacje dotyczące cyklu rozwojowego lub transmisji *Toxoplasma gondii* bywały wykorzystywane do uzasadniania zależności innych niż te, których dotyczyło polecenie. W zadaniu 8.1. należało rozpoznać, że o fałszywości stwierdzenia przesądza brak płciowego etapu cyklu w organizmie człowieka, a nie – rodzaj podziału prowadzącego do powstawania gamet. W zadaniu 8.3. należało natomiast odróżnić drogę zarażenia kobiety od późniejszej transmisji pasożyta od matki do płodu.

Analizowane odpowiedzi pokazują również, że problemem było kontrolowanie zakresu wnioskowania. Z informacji poprawnych wyprowadzano niekiedy wnioski szersze, niż pozwalała na to przesłanka: z rzeczywistego występowania gatunku wnioskowano, że ten obszar stanowi jego niszę podstawową; z możliwości transmisji *T. gondii* między ludźmi w szczególnych warunkach – że należy unikać zwykłego kontaktu z osobami chorującymi; z obecności wody w świeżej masie – że sam ten fakt czyni pomiar nieprzydatnym. W każdym z tych przypadków problem polegał nie na całkowitym braku wiedzy, lecz na niewłaściwym określeniu tego, co z danej informacji rzeczywiście wynika.

W zadaniach bardzo trudnych istotne było nie tylko przywołanie właściwych pojęć biologicznych, lecz także poprawne rozumienie ich znaczenia oraz zależności między nimi. Samo użycie poprawnej terminologii nie gwarantowało poprawnego rozwiązania, jeżeli pojęcia zostały zastosowane w niewłaściwym kontekście albo relacje między opisywanymi procesami określono błędnie. Dotyczyło to m.in. utożsamiania niszy podstawowej z optimum, wiązania powstawania gamet zawsze z mejozą, przypisywania mRNA udziału w transkrypcji czy traktowania replikacji DNA jako procesu bezpośrednio prowadzącego do zwiększenia zawartości receptora CAR. W takich odpowiedziach pojawiały się właściwe terminy biologiczne, ale nie były one wykorzystywane zgodnie z ich znaczeniem ani poprawnie łączone w opis zależności istotnych dla rozwiązania zadania.

Analiza pięciu zadań bardzo trudnych wskazuje zatem na wspólny problem: wraz ze wzrostem liczby operacji potrzebnych do rozwiązania danego zadania szczególnego znaczenia nabierała nie sama znajomość wymaganych wiadomości, lecz umiejętność ich selekcji, właściwego przyporządkowania, połączenia w logiczną zależność oraz wykorzystania w zakresie wyznaczonym przez problem. Odpowiedzi niepoprawne często zatrzymywały się na jednym poprawnym elemencie albo zawierały kilka poprawnych informacji, których nie połączono w spójne rozumowanie. Największym wyzwaniem okazywało się więc przejście od posiadanej informacji do jej celowego użycia.

3. Zadania, z którymi zdający poradzili sobie najlepiej.

Do zadań o najwyższym poziomie wykonania należały zadania 12.1. (80 %), 18.2. (78 %), 9. (77 %) oraz 23.1. (70 %). Odwoływały się one do różnych zakresów treści biologicznych i sprawdzały odmienne umiejętności – interpretację modeli struktury przestrzennej białka, rozpoznawanie struktur anatomicznych, zastosowanie wiadomości dotyczących dziedziczenia mitochondrialnego oraz odczytywanie zależności między śmiertelnością organizmu a jednoczesnym działaniem dwóch czynników środowiskowych. Wysoki poziom ich wykonania nie oznaczał więc, że wszystkie wymagały jedynie odtworzenia wiadomości.

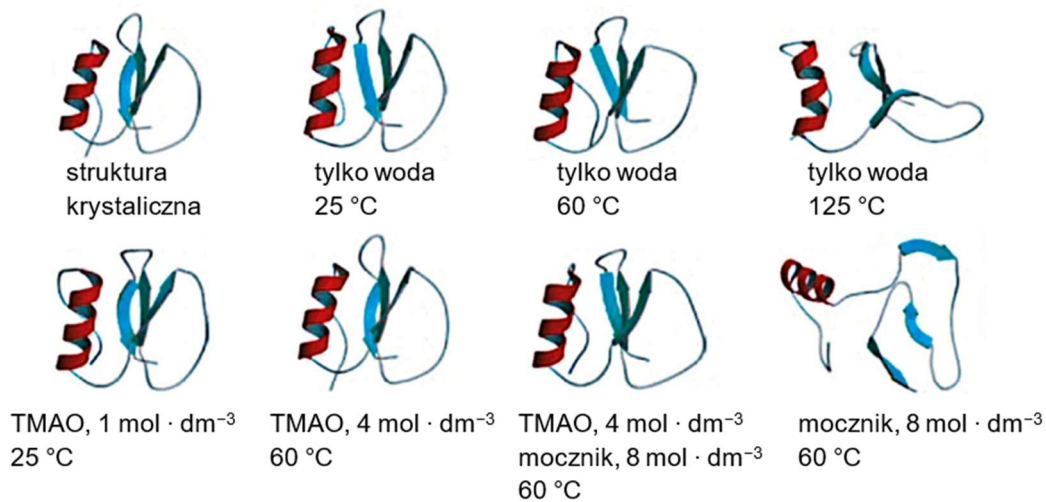
Wspólną cechą tych zadań była stosunkowo niewielka złożoność toku rozumowania prowadzącego do rozwiązania. Informacje potrzebne do rozwiązania były bezpośrednio dostępne w materiale źródłowym albo rozwiązanie wymagało wykorzystania ograniczonego i wyraźnie określonego zakresu wiedzy biologicznej. Zdający nie musieli samodzielnie konstruować wieloetapowego wyjaśnienia ani łączyć wielu przesłanek w rozbudowaną argumentację. W zadaniach opartych na materiale źródłowym rozwiązanie wymagało przede wszystkim odczytania i zestawienia wskazanych informacji, natomiast w zadaniach odwołujących się głównie do wiedzy przedmiotowej – zastosowania jednej konkretnej wiadomości, reguły lub rozpoznania określonej struktury biologicznej.

Te zadania wymagały jednak odmiennych sposobów dochodzenia do poprawnej odpowiedzi. W zadaniu 12.1. należało rozpoznać denaturację białka na podstawie zmian struktury przestrzennej cząsteczek przedstawionych na modelach, w zadaniu 18.2. – zastosować regułę matczynego dziedziczenia genomu mitochondrialnego, w zadaniu 9. – zidentyfikować i nazwać elementy szkieletu obręczy kończyny górnej, a w zadaniu 23.1. – odczytać z wykresu skutek jednoczesnego działania temperatury i zasolenia na śmiertelność samic krewetki.

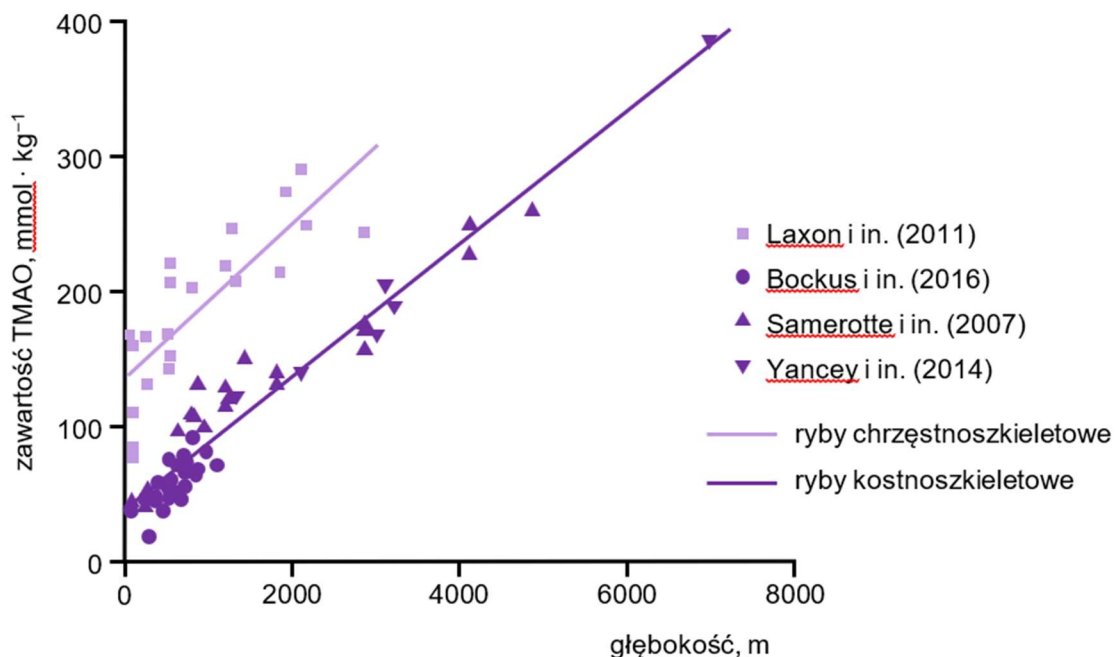
Dalsza analiza pokazuje, które cechy materiału źródłowego, polecenia i wymaganego toku rozumowania mogły sprzyjać poprawnemu rozwiązaniu tych zadań.

Zadanie 12.

Ryby chrzęstnoszkieletowe gromadzą we krwi duże ilości mocznika, którego całkowite stężenie osmotyczne we krwi jest równe stężeniu wody morskiej albo nawet je przekracza. Oprócz mocznika, ważnym składnikiem krwi ryb chrzęstnoszkieletowych jest tlenek trimetyloaminy (TMAO). Poniżej przedstawiono wyniki symulacji komputerowych wpływu wysokiej temperatury, mocznika o wysokim stężeniu ($8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz TMAO o dwóch różnych stężeniach ($1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) na strukturę przestrzenną białka – inhibitora chymotrypsyny 2 (CI2).



Obecność TMAO potwierdzono także w tkance mięśniowej wielu ryb kostno- i chrzęstnoszkieletowych. Przypuszcza się, że ten związek w mięśniach stabilizuje strukturę białek w warunkach wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Na poniższym wykresie przedstawiono wyniki pomiaru zawartości TMAO w tkance mięśniowej ryb morskich żyjących na różnych głębokościach, uzyskane przez różne zespoły badawcze.



Na podstawie: B.J. Bennion i V. Daggett, *Counteraction* [...], „PNAS” 101(17), 2004; H. Laurent i in., *The Ability of Trimethylamine N-oxide* [...], „Communications Chemistry” 5(116), 2022.

Zadanie 12.1. (0–1)

Na podstawie przedstawionych wyników symulacji oceń, czy w warunkach podanych w poniższej tabeli dochodzi do denaturacji Cl2. Wybierz T, jeśli dochodzi do denaturacji, albo N – jeśli do niej nie dochodzi.

Temperatura 60 °C przy stężeniu TMAO równym $4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, bez mocznika.	T	N
Temperatura 60 °C przy stężeniu mocznika równym $8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, bez TMAO.	T	N

Zadanie 12.1. było najłatwiejszym zadaniem w arkuszu (poziom wykonania – 80 %). Do poprawnego rozwiązania zadania konieczne było zinterpretowanie wyników symulacji komputerowych przedstawiających wpływ wysokiej temperatury, mocznika i TMAO na strukturę przestrzenną Cl2 oraz zastosowanie wiedzy o denaturacji białek. Zdający mieli rozstrzygnąć, czy w dwóch wskazanych zestawach warunków dochodzi do denaturacji Cl2.

Kontekst dotyczący wpływu TMAO i mocznika na strukturę Cl2 nie wymagał znajomości molekularnego mechanizmu działania tych związków. Informacje potrzebne do rozstrzygnięcia przedstawiono w materiale źródłowym w postaci modeli struktury przestrzennej Cl2 uzyskanych w różnych warunkach. Ich porównanie ze strukturą krystaliczną białka pozwalało ocenić, czy prawidłowa konformacja została zachowana. W warunkach temperatury 60 °C i stężenia TMAO $4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, bez mocznika, struktura przestrzenna Cl2 pozostawała zachowana, dlatego należało wskazać, że denaturacja nie zachodzi. Natomiast przy tej samej temperaturze, w obecności mocznika o stężeniu $8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i bez TMAO, struktura białka była wyraźnie zmieniona, co wskazywało na denaturację. A więc poprawna odpowiedź to NT.

Poziom wykonania równy 80 % wskazuje, że większość zdających poprawnie interpretowała przedstawione modele struktury Cl2 w odniesieniu do pojęcia denaturacji. Rozwiązanie ułatwiała konstrukcja polecenia: warunki wymagające oceny zostały wskazane wprost, a zamknięta forma odpowiedzi ograniczała zadanie do rozpoznania skutku działania określonego zestawu czynników, bez konieczności samodzielnego formułowania mechanizmu ich wpływu na białko.

Zadanie 18.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Genom mitochondrialny u ludzi z reguły dziedziczy się

- A.** wyłącznie od matki.
- B.** wyłącznie od ojca.
- C.** w równych częściach od matki i od ojca.
- D.** w mniejszej części od matki, a w większej – od ojca.

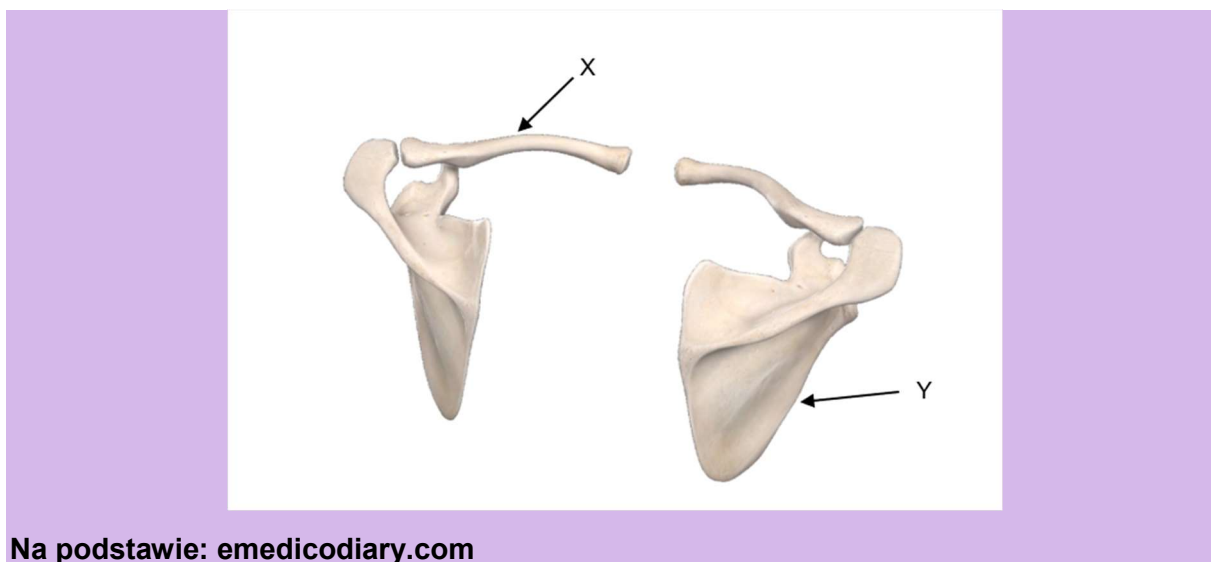
Zadanie 18.2. należało do zadań łatwych – poprawnie rozwiązało je 78 % zdających. Wymagało znajomości sposobu dziedziczenia genomu mitochondrialnego u człowieka i wskazania, że jest on z reguły przekazywany potomstwu wyłącznie przez matkę.

Zakres wiedzy potrzebnej do rozwiązania zadania był ograniczony do jednej reguły dotyczącej dziedziczenia genomu mitochondrialnego. Chociaż zadanie 18.2. należało do wiązki, której materiał źródłowy stanowił rodowód rodziny obciążonej chorobą uwarunkowaną mutacją w jednym genie, analiza rodowodu nie była potrzebna do udzielenia odpowiedzi. W przeciwieństwie do zadania 18.1., w którym należało analizować występowanie choroby w kolejnych pokoleniach i na tej podstawie oceniać możliwe sposoby dziedziczenia, tutaj wystarczyło zastosować regułę dotyczącą matczynego dziedziczenia genomu mitochondrialnego.

Poziom wykonania 78 % wskazuje, że większość zdających zna tę regułę dziedziczenia. Wysokiemu poziomowi mogła sprzyjać zamknięta forma zadania oraz fakt, że rozwiązanie nie wymagało przetwarzania kilku informacji ani budowania uzasadnienia przyczynowo-skutkowego. Łatwość zadania 18.2. była wyraźnie wyższa niż zadania 18.1., które poprawnie rozwiązało 42 % zdających. Zestawienie obu zadań uwidacznia różnicę w realizacji między zadaniem wymagającym analizy złożonych informacji w rodowodzie a zadaniem, w którym wystarczyło pamiętać i zastosować pojedynczą regułę biologiczną.

Zadanie 9. (0–1)

Na poniższym rysunku przedstawiono kości obręczy kończyn górnych człowieka widziane od tyłu. Na rysunku pominięto kości szkieletu osiowego oraz kości części wolnej kończyn górnych.



Na podstawie: emedicodiary.com

Podaj nazwy kości oznaczonych na rysunku literami X i Y.

Nazwa kości X:

Nazwa kości Y:

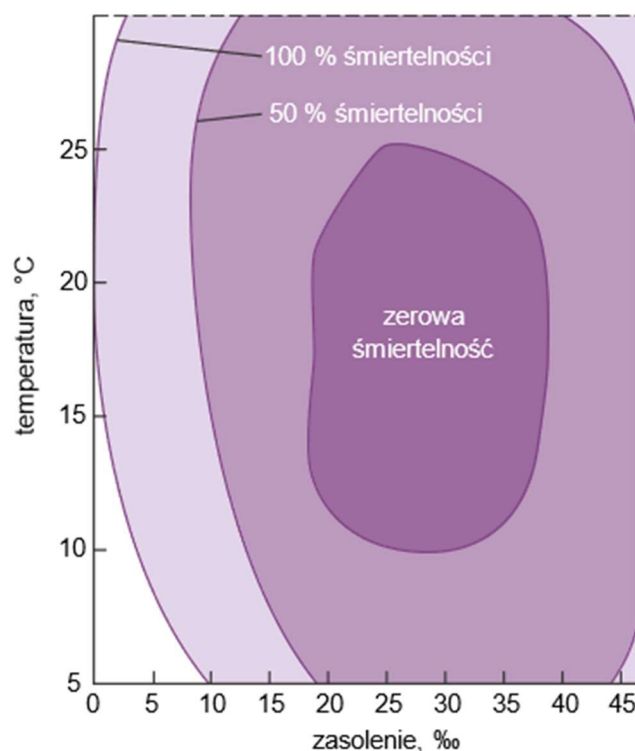
Zadanie 9. osiągnęło poziom wykonania 77 % i należało do zadań łatwych. Sprawdzało rozpoznawanie elementów obręczy kończyn górnych człowieka na materiale graficznym. Na rysunku przedstawiono wyłącznie kości obręczy widziane od tyłu, z pominięciem kości szkieletu osiowego oraz części wolnej kończyn. Przedstawienie na rysunku wyłącznie kości obręczy kończyn górnych zawężyło liczbę struktur wymagających identyfikacji i sprzyjało skupieniu uwagi na ich charakterystycznym kształcie oraz wzajemnym ułożeniu. Poprawne rozwiązanie wymagało zidentyfikowania obojczyka i łopatki oraz podania nazw obu struktur.

Było to zadanie otwarte – nazw kości nie podano do wyboru, lecz należało je samodzielnie zapisać, a punkt przyznawano za poprawne nazwanie obu struktur. W zdecydowanej większości odpowiedzi oznaczone kości identyfikowano prawidłowo. Pojawiały się również określenia „kość obojczykowa” i „kość łopatkowa”, które zgodnie z zasadami oceniania były akceptowane obok nazw „obojczyk” i „łopatka”.

Zadanie 23.

Podstawową niszę ekologiczną gatunku można przedstawić na wielowymiarowym wykresie, w którym wymiarami są różne czynniki środowiska.

Na poniższym wykresie przedstawiono śmiertelność samic krewetki piaskowej (*Crangon septemspinosa*) w różnych temperaturach i przy różnym stopniu zasolenia. Krewetka piaskowa występuje u zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego, od Nowej Fundlandii do Florydy.



Na podstawie: M. Begon i C.R. Townsend, *Ecology: From Individuals to Ecosystems*, Hoboken 2021.

Zadanie 23.1. (0–1)

Na podstawie przedstawionych danych oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących tolerancji ekologicznej krewetki piaszkowej. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

W wodzie o temperaturze 10 °C i o zasoleniu 15 ‰ śmiertelność samic krewetek jest większa niż 50 %.	P	F
Śmiertelność samic krewetek w wodzie o temperaturze 10 °C jest niezależna od zasolenia wody.	P	F

Zadanie 23.1. należało do zadań o wysokim poziomie wykonania (70 %). Aby je rozwiązać, należało odczytać z wykresu, jak jednoczesna kombinacja dwóch czynników środowiskowych – temperatury i zasolenia – wiąże się ze śmiertelnością samic krewetki piaszkowej, a następnie na tej podstawie ocenić prawdziwość dwóch podanych stwierdzeń. Zadanie odwoływało się do wymagań dotyczących interpretacji danych oraz tolerancji ekologicznej.

Odczyt danych wymagał jednoczesnego uwzględnienia wartości obu czynników oraz położenia analizowanego punktu względem linii odpowiadających zerowej, 50-procentowej i 100-procentowej śmiertelności. Zakres analizy był jednak ograniczony do warunków wskazanych w treści obu stwierdzeń, dlatego rozwiązanie nie wymagało samodzielnego wyboru danych ani formułowania ogólnego wniosku o tolerancji ekologicznej krewetki piaszkowej. Kluczowym krokiem było odniesienie każdego stwierdzenia do właściwego fragmentu wykresu. W pierwszym przypadku należało uwzględnić jednocześnie temperaturę 10 °C i zasolenie 15‰ i stwierdzić, że w tych warunkach śmiertelność samic nie przekracza 50 %, dlatego zdanie jest fałszywe. W drugim przypadku trzeba było porównać poziom śmiertelności przy stałej temperaturze 10 °C i różnych wartościach zasolenia. Z wykresu wynikało, że wraz ze zmianą zasolenia zmienia się śmiertelność, dlatego drugie stwierdzenie również było fałszywe. A więc poprawna odpowiedź to FF.

Poziom wykonania zadania mógł być związany z silnym ukierunkowaniem odczytu danych: wszystkie informacje potrzebne do oceny obu stwierdzeń znajdowały się na wykresie, a polecenie wskazywało wartości czynników, do których należało się odnieść. Zadanie sprawdzało przede wszystkim poprawne zlokalizowanie i zestawienie danych z trzech wymiarów wykresu, bez konieczności budowania własnej argumentacji lub przenoszenia pojęcia ekologicznego na informację należącą do innej kategorii opisu.

Istotnych informacji o zróżnicowaniu trudności wymaganych czynności dostarcza porównanie poziomów wykonania zadań 23.1. i 23.2. Pierwsze z nich poprawnie rozwiązało 70 % zdających, natomiast drugie – 6 %, mimo że oba opierały się na tym samym materiale źródłowym i dotyczyły zbliżonego obszaru treści ekologicznych. W zadaniu 23.1. należało ocenić gotowe stwierdzenia na podstawie danych odczytanych z wykresu, natomiast w zadaniu 23.2. – zastosować pojęcie niszy podstawowej, przedstawionej częściowo na wykresie, do informacji o zasięgu geograficznym oraz samodzielnie sformułować uzasadnienie. Tak duża różnica poziomów wykonania wskazuje, że w odniesieniu do tego samego materiału źródłowego znacznie łatwiejsza była dla zdających ukierunkowana interpretacja konkretnych danych niż zastosowanie wiedzy pojęciowej do dokonania rozstrzygnięcia wraz z jego uzasadnieniem.

Wnioski i rekomendacje

1. Od znajomości wiadomości do ich zastosowania

Analiza odpowiedzi wskazuje, że w wielu zadaniach trudność nie polegała na całkowitym braku wiedzy biologicznej. W rozwiązaniach często pojawiały się poprawne informacje, właściwe terminy lub trafnie rozpoznane elementy materiału źródłowego, które jednak nie zostały wykorzystane w sposób prowadzący do rozwiązania problemu. Dotyczyło to szczególnie zadań trudnych i bardzo trudnych, w których należało samodzielnie wybrać informacje istotne, powiązać je z wiedzą przedmiotową i zastosować do uzasadnienia, wyjaśnienia lub oceny stwierdzenia.

Wyniki pokazują więc różnicę między posiadaniem wiadomości a umiejętnością operowania nimi w określonym kontekście. Zadania o najwyższych poziomach wykonania częściej wymagały bezpośredniego wykorzystania danych albo zastosowania ograniczonego zakresu wiedzy, natomiast trudność wzrastała, gdy konieczne było integrowanie kilku informacji i rozpoznanie ich znaczenia dla konkretnego problemu.

W pracy z uczniami warto zatem częściej wykorzystywać zadania, które wymagają nie tylko odtworzenia wiedzy biologicznej, lecz także wyboru jej istotnych elementów, ich powiązania i zastosowania do rozwiązania problemu w nowym kontekście.

2. Budowanie argumentacji i wyjaśnień

Powtarzającym się problemem było konstruowanie niepełnych zależności przyczynowo-skutkowych. W odpowiedziach podawano poprawną przesłankę bez wskazania jej konsekwencji, przewidywany skutek bez przedstawienia mechanizmu prowadzącego do jego powstania albo kilka prawdziwych informacji połączonych zależnością, która nie wyjaśniała obserwowanego efektu.

Było to szczególnie widoczne w zadaniach z czasownikami operacyjnymi takimi jak „wyjaśnij”, „wykaż” czy „uzasadnij”. O poprawności rozwiązania decydowała nie sama obecność właściwych informacji, lecz sposób ich uporządkowania w ciąg rozumowania odpowiadający funkcji określonej w poleceniu. Analiza odpowiedzi pokazuje również, że użycie poprawnej terminologii nie kompensowało braku związku między kolejnymi elementami argumentacji.

W zadaniach wymagających wyjaśnienia warto więc ćwiczyć prowadzenie rozumowania od właściwej przesłanki, przez proces lub mechanizm, do wynikającego z niego skutku. Przy uzasadnianiu szczególnego znaczenia nabiera natomiast wskazanie takiej cechy lub zależności, która rzeczywiście przemawia za dokonaniem rozstrzygnięcia, a nie – jedynie opisuje wybraną możliwość.

3. Praca z danymi i metodologia badań

W zadaniach dotyczących badań biologicznych trudność sprawiało nie tylko rozpoznawanie elementów procedury, lecz przede wszystkim określanie ich funkcji i znaczenia dla interpretacji uzyskanych wyników. W odpowiedziach zdający potrafili niekiedy wskazać właściwość materiału lub element doświadczenia, ale nie wyjaśniali, dlaczego ma on znaczenie dla możliwości sformułowania określonego wniosku.

Analiza pokazała także problemy z rozróżnianiem opisu wyników, wniosku i wyjaśnienia. Wnioski bywały ograniczane do opisu pojedynczego stanu przedstawionego na wykresie

albo przeciwnie – rozszerzane o treści, których nie można było wyprowadzić z przedstawionych danych. Trudność dotyczyła zatem również kontrolowania zakresu wnioskowania.

W pracy dydaktycznej warto częściej pytać o funkcję poszczególnych elementów procedury: Co dany zabieg kontroluje? Jakie źródło zmienności ogranicza? Jakie porównanie umożliwia? Czego na podstawie uzyskanych danych nie można rozstrzygnąć? Równie istotne jest systematyczne rozróżnianie obserwacji, wyniku, wniosku i wyjaśnienia oraz dopasowywanie zakresu wnioskowania do zakresu danych.

4. Rozumienie i stosowanie pojęć biologicznych

W zadaniach trudnych i bardzo trudnych samo przywołanie właściwego pojęcia nie gwarantowało poprawnego rozwiązania. W odpowiedziach pojawiały się poprawne terminy, ale były stosowane w niewłaściwym kontekście, łączone błędnymi relacjami albo odnoszone do innej kategorii opisu niż ta, której dotyczył problem.

Było to widoczne m.in. w odpowiedziach dotyczących niszy ekologicznej, podziałów komórkowych czy ekspresji informacji genetycznej. W takich przypadkach problem nie polegał wyłącznie na braku pamięciowego opanowania terminologii, lecz na niewłaściwym rozumieniu zakresu znaczeniowego pojęć i relacji między nimi.

W procesie kształcenia warto więc nie tylko odwoływać się do definicji pojęć biologicznych, lecz także porównywać pojęcia bliskie znaczeniowo, określać granice ich zastosowania oraz analizować sytuacje, w których dane pojęcie może zostać użyte poprawnie.

5. Kontrola własnego rozwiązania

Analizowane odpowiedzi pokazują, że część błędów mogłaby zostać wychwycona na etapie kontroli własnego rozwiązania. Zdarzały się odpowiedzi, w których końcowy wniosek pozostawał w sprzeczności z wcześniej podanymi przesłankami, dodatkowa informacja zmieniała znaczenie poprawnej części odpowiedzi albo zastosowany termin prowadził do innej interpretacji niż zamierzona.

Kontrola odpowiedzi nie powinna więc sprowadzać się jedynie do sprawdzenia terminologii czy poprawności językowej. Istotniejsze jest sprawdzenie spójności logicznej rozwiązania i jego zgodności z poleceniem.

Warto rozwijać nawyk końcowej weryfikacji odpowiedzi poprzez pytania: Czy rozwiązanie odpowiada dokładnie na to, o co pytano? Czy podane informacje są potrzebne do uzasadnienia? Czy wniosek rzeczywiście wynika z przywołanych przesłanek? Czy nie wykracza poza przedstawione dane? Czy dodatkowe elementy odpowiedzi nie pozostają w sprzeczności z poprawną częścią rozumowania?

Wniosek ogólny

Analiza wyników egzaminu oraz odpowiedzi zdających wskazuje, że różnice w poziomie wykonania zadań wiązały się nie tylko z zakresem wymaganej wiedzy biologicznej, lecz także ze sposobem jej wykorzystania. Szczególnego znaczenia nabierały umiejętności selekcji informacji, rozpoznawania ich znaczenia dla określonego problemu, budowania spójnych zależności przyczynowo-skutkowych, kontrolowania zakresu wnioskowania oraz precyzyjnego stosowania pojęć biologicznych.

Przygotowanie do egzaminu powinno w jeszcze większym stopniu koncentrować się na świadomym operowaniu wiedzą – nie tylko na tym, co uczeń wie, lecz także na tym, czy

potrafi właściwie dobrać informację, powiązać ją z materiałem źródłowym i wykorzystać do rozwiązania problemu zgodnie z wymaganiem określonym w poleceniu.